

**ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД УКООПСПЛКИ  
«ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ»**

На правах рукопису

**Мінц Олексій Юрійович**



УДК 004.89:519.816

**МЕТОДОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ  
В УПРАВЛІННІ ЕКОНОМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ**

Спеціальність 08.00.11 – математичні методи, моделі  
та інформаційні технології в економіці

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора економічних наук

Полтава – 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі фінансів і банківської справи Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет» (м. Маріуполь).

**Науковий консультант** – член-кореспондент НАН України,  
доктор економічних наук, професор  
**Лисенко Юрій Григорович**,  
Вищий навчальний заклад Укоопспілки  
«Полтавський університет економіки і торгівлі»,  
директор навчально-наукового інституту  
інноваційних технологій управління.

**Офіційні опоненти:** доктор економічних наук  
**Кравченко Володимир Миколайович**,  
Донецький національний університет  
імені Василя Стуса (м. Вінниця),  
доцент кафедри бізнес-статистики  
та економічної кібернетики;

доктор економічних наук, доцент  
**Левицький Станіслав Іванович**,  
ПрАТ ПВНЗ «Запорізький інститут економіки  
та інформаційних технологій»,  
завідувач кафедри економічної кібернетики;

доктор економічних наук, професор  
**Матвійчук Андрій Вікторович**,  
ДВНЗ «Київський національний економічний  
університет імені Вадима Гетьмана»,  
професор кафедри економіко-математичного  
моделювання, директор Інституту моделювання та  
інформаційних технологій в економіці.

Захист відбудеться 02 лютого 2018 р. об 11<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради 44.877.02 у Вищому навчальному закладі Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» за адресою: 36014, м. Полтава, вул. Ковалю, 3.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» за адресою: 36014, м. Полтава, вул. Ковалю, 3.

Автореферат розісланий 29 грудня 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



І. О. Пінчук

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** З огляду на теперішній стан економіки України для підготовки якісного стрибку ефективності інновацій необхідним є забезпечення ефективного вектору розвитку інноваційних процесів. У першу чергу це пов'язано з тим, що розрахунки глобального індексу конкурентоспроможності, які проводяться Світовим економічним форумом, свідчать про погіршення позицій України, яка за підсумками 2016 року займає лише 85 місце в світі серед 138 досліджуваних країн. При цьому питома вага витрат на інновації у загальному обсязі ВВП України становить лише 0,7 %, тоді як у розвинених країнах світу вона становить не менше 2 %. Технологічне відставання підтверджується і тим, що кількість технологій, переданих за межі України, у 3,3 рази менше, ніж кількість придбаних. Водночас, статистичні дані показують, що мінімум інноваційної активності пройдено і надалі намітилося її зростання. За інноваційним підіндексом глобального індексу конкурентоспроможності місце України за 2015–2016 роки покращилося на 29 позицій. Позитивні тенденції спостерігаються і за показниками інформатизації суспільства, за яким Україна впритул наблизилася до західноєвропейських країн за кількістю користувачів Інтернет.

В умовах переходу до інформаційного суспільства особливого значення набуває вдосконалення методів обробки інформації. Світовий досвід свідчить про те, що перспективи цього напрямку полягають у використанні методів інтелектуальних обчислень, які дозволяють відшукувати закономірності у слабкоструктурованих даних та набагато підвищують ефективність здобування інформації в умовах «інформаційного вибуху». Зростання обчислювальних потужностей комп'ютерів, поява нових ефективних алгоритмів призвели до інтеграції інтелектуальних обчислень майже до всіх сфер сучасного суспільства, проте найбільшого їх впливу зазнала економіка. Методи штучного інтелекту є важливою частиною бізнесу корпорацій Apple, Facebook, Google, Microsoft, які мають ринкову капіталізацію в сотні мільярдів доларів США та відносяться до найкрупніших у світі.

У зв'язку з цим важливою ознакою сучасних тенденцій розвитку інформаційних технологій в управлінні економічними об'єктами є поступове розширення функцій на основі інформаційних систем інтелектуальних обчислень зі здійснення інформаційної підтримки прийняття рішень менеджерами, що надає можливість прийняття рішень навіть в умовах мінливого середовища та часткової невизначеності. Але впровадження інноваційних технологій прийняття рішень стримує слабка методологічна база, яка не враховує особливості економічного середовища України, її інформаційний, технологічний та кадровий потенціал, а також інерція керівників вітчизняних підприємств, які досить обережно відносяться до інновацій у цій сфері.

Науковою базою даної роботи є результати досліджень відомих вітчизняних і зарубіжних вчених за кількома напрямками. Процеси прийняття економічних рішень та засоби їх підтримки в умовах невизначеності розглядаються у роботах П. Брауна, М. Гінзберга, К. Гуо, О. Ларічева, С. Левицького, В. Лефевра, Ю. Лисенка, І. Макарова, С. Марваха, Л. Манна, А. Петровського та ін. Теоретичні основи апарату інтелектуальних обчислень та його застосування в економіко-математичному моделюванні – у працях Дж. Джарратано, О. Єжова, Л. Заде, У. Мак-Каллока, А. Матвійчука, Ф. Розенблатта, Р. Руденського, С. Субботіна, С. Хайкіна, Д. Хебба, О. Хмельова, Д. Холанда, С. Шумського та ін. Значний внесок у дослідження питання інтеграції різноманітних моделей і методів до єдиної ефективної системи здійснили С. Акімов, В. Анфілатов, А. Божко, С. Бір, Р. Ешбі, Д. Кнут, В. Кравченко, М. Свамї, Ф. Цвікі, Ю. Черняк.

Ґрунтовний аналіз фундаментальних праць згаданих дослідників та робіт інших науковців виявив низку невирішених питань, серед яких головне місце займає формалізація процесів синтезу інтелектуальних систем прийняття рішень та їх компонентів, підготовки даних та оцінки результатів.

Таким чином, з урахуванням світових тенденцій, особливостей українського економічного середовища та сучасних завдань, які постають перед економічною наукою, розробка теоретико-методологічних засад і концептуальних положень синтезу інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень та формалізація їх на рівні моделей і методів є актуальною, що і обумовило вибір теми дисертації, її мету і завдання.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертацію підготовлено в межах тематики науково-дослідницьких робіт кафедри фінансів і банківської справи ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» за темами «Підвищення ефективності фінансово-кредитного механізму в інноваційному розвитку України» (номер держреєстрації 0112U005790, 2012–2013 рр.), «Фінансово-кредитне забезпечення стратегії інноваційного розвитку економіки України» (номер держреєстрації 0113U007319, 2013–2014 рр.), «Підвищення ефективності фінансового управління в умовах нестабільності розвитку національної економіки» (номер держреєстрації 0114U004904, 2014–2015 рр.), «Удосконалення фінансового управління в Україні» (номер держреєстрації 0115U004945, 2015–2016 рр.), а також науково-дослідницьких робіт ВНЗ Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі» за темою «Методологія побудови інноваційних інтелектуальних життєздатних систем управління» (номер держреєстрації 0117U004078, 2016–2017 рр.).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є розробка методології моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень для підвищення ефективності функціонування економічних об'єктів. Для досягнення цієї мети поставлено та вирішено такі завдання:

досліджено існуючі підходи до таксономії економічних задач, пов'язаних із аналізом і обробкою даних, та вдосконалено їх класифікацію;

досліджено підходи до вибору методів ідентифікації складних економічних систем та виокремлено проблеми їх використання;

розроблено класифікацію інтелектуальних методів ідентифікації складних економічних систем та обґрунтовано доцільність їх застосування для процесів прийняття рішень;

запропоновано методичні підходи до синтезу інтелектуальних систем прийняття рішень;

розроблено концепцію моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень;

розроблено методичні підходи до постановки задачі нейромережевого моделювання;

розроблено методи опрацювання вхідних даних для обробки штучними нейронними мережами, зокрема, визначення достатнього обсягу навчальної вибірки, відбору найбільш значущих даних, підвищення різноманіття даних;

сформульовано критерії ефективності застосування інструментальних засобів інтелектуальних обчислень та розроблено методи їх вибору із застосуванням нечітких множин;

систематизовано та удосконалено методи оцінки ефективності інтелектуальних обчислень у вирішенні економічних завдань;

удосконалено методи оцінки ефективності ранжирування даних;  
розроблено нейромережеві моделі розв'язання задач аналізу даних;  
розроблено генетичні моделі розв'язання задач обробки даних;  
розроблено динамічні імітаційні моделі непрямой ідентифікації параметрів економічних систем;

здійснено порівняльний аналіз програмного забезпечення для інтелектуальних обчислень;

розглянуто особливості реалізації запропонованих моделей і методів у різних сферах економіки.

Досягнення поставленої мети дозволить вдосконалити процеси прийняття рішень у господарській діяльності підприємств та організацій України, підвищити ефективність функціонування економічних систем.

**Об'єктом дослідження** є процеси прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами.

**Предметом дослідження** є методологічні основи та інструментальні засоби прийняття рішень, інноваційні інтелектуальні моделі та методи їх застосування для розв'язання економічних задач.

**Методи дослідження.** Методологічною базою дослідження є розробки вітчизняних і зарубіжних науковців у сфері системного аналізу, прийняття рішень, нечіткої логіки, нейронних мереж, моделювання системної динаміки, генетичних алгоритмів, математичної статистики та інших методів аналізу і обробки даних. Концепція моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень ґрунтується на принципах системного аналізу, положеннях теорії прийняття рішень, використанні методів штучного інтелекту, технологій баз даних; класифікацію економічних задач аналізу і обробки даних складено із використанням принципів таксономії і загальнофілософських методів пізнання після вивчення теоретичних розробок в сфері аналізу даних і їх обробки; зазначена класифікація, разом з принципами морфологічного синтезу, була покладена в основу методу визначення оптимальної постановки завдань інтелектуальних обчислювань; генетична модель спрощення динамічних рядів, яка реалізує принцип квантування за часом із змінним кроком складена на основі теорії генетичних алгоритмів і методології статистичної обробки інформації; науково-методичний підхід до підготовки даних для інтелектуальних обчислень розроблено із оглядом на існуючі розробки у сфері нейромережевого моделювання, зокрема, теорію їх навчання; методи вибору інструментальних засобів інтелектуальних обчислень реалізовано із використанням теорії нечітких множин; модель ціноутворення на ринку житлової нерухомості розроблено із використанням концепції системно-динамічного моделювання, гіпотез щодо формування цін та поведінки агентів ринку нерухомості; методологічний підхід до формалізації синтезу інтелектуальних систем прийняття рішень, засновано на використанні математичного апарату  $n$ -дольних гіперграфів, принципах структурно-параметричного синтезу та морфологічному методі Ф. Цвіккі; методичний підхід до оцінки ефективності рішення економічних задач ґрунтується на окремих положеннях теорії нейронних мереж та статистичних метод аналізу.

Інформаційну базу дослідження складають дані відкритої звітності міністерств та відомств України, фінансова та банківська статистика, дані окремих підприємств, монографічна література, наукові статті вітчизняних та зарубіжних вчених, матеріали науково-практичних конференцій, мережі Інтернет, офіційна інформація міжнародних організацій, авторські розробки щодо проблем, які висвітлено в дисертації.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У дисертації вирішено нову актуальну для економічної науки проблему моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень, важливу для розвитку економіки України. Найбільш суттєві наукові результати полягають у такому:

*вперше розроблено:*

концепцію моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами, яка ґрунтується на комплексному використанні інтелектуальних обчислень на всіх стадіях процесу прийняття рішень, що дозволяє підвищити ефективність цього процесу в умовах мінливості зовнішнього середовища внаслідок більш досконалого урахування слабкозв'язаних факторів та швидшої реакції на зміни в оточенні;

метод визначення оптимальної постановки завдань інтелектуальних обчислень, який засновано на класифікації задач аналізу і обробки даних та принципах морфологічного синтезу, використання якого дозволяє підвищити ефективність розв'язання економічних задач за рахунок формалізації процесу вибору ефективних інструментів інтелектуальних обчислень;

генетичну модель спрощення динамічних рядів, яка реалізує принцип квантування за часом із змінним кроком та дозволяє скорочувати кількість точок відліку часових рядів із будь-яким ступенем стиснення, зі збереженням пікових значень, що знижує зашумлення даних та скорочує ресурси на їх зберігання та аналіз;

*удосконалено:*

класифікацію задач аналізу і обробки даних, яка на відміну від існуючих враховує додатковий критерій угруповання – розмірність простору вхідних даних, що надає змогу вдосконалити формалізацію процесу пошуку методів рішення економічних задач за рахунок виявлення взаємозв'язків між класами задач і способами їх вирішення;

науково-методичний підхід до підготовки даних для інтелектуальних обчислень, який дозволяє знижувати розмірність вхідних даних, підвищувати їх різноманітність, та відбирати дані із використанням непрямих методів аналізу значущості що дає можливість уникнути втрат від недостатньо обґрунтованих рішень за рахунок збільшення достовірності результатів інтелектуальних обчислень;

методи порівняльного аналізу програмних засобів реалізації інтелектуальних обчислень із застосуванням нечіткої логіки, що дозволяє формалізувати вибір оптимальних програмних рішень як за окремими фазами бізнес-циклу, так і в комплексі та надає змогу знизити витрати на реалізацію інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень;

системно-динамічну модель ціноутворення на ринку житлової нерухомості, яка ґрунтується на гіпотезі несиметричної реакції продавців на зміну попиту, що дозволяє скоротити ризик операцій економічних суб'єктів із нерухомістю за рахунок зниження невизначеності та підвищити їх прибутковість;

методи оцінки ефективності задач ранжирування, сферу застосування яких розширено для забезпечення аналізу ефективності при довільній природі дійсних рангових ознак, що дозволяє знизити витрати економічних суб'єктів за рахунок підвищення обґрунтованості вибору методів ранжирування;

*набули подальшого розвитку:*

методологічний підхід до формалізації синтезу інтелектуальних систем прийняття рішень, який засновано на принципах структурно-параметричного синтезу та морфологічному методі Ф.Цвіккі та модифіковано із використанням апарату n-дольних гіперграфів, що дозволяє урахувати обмежену придатність методів для

вирішення різних класів економічних задач і знизити витрати на процес розробки інтелектуальній системи прийняття рішень;

підходи до оцінки ефективності розв'язання економічних задач, які систематизовано та вдосконалено із використанням непрямих методів для апіорної діагностики, що дозволило знизити витрати на розробку та впровадження інтелектуальних систем прийняття рішень за рахунок вибраковування неефективних рішень на ранніх етапах їх створення;

модель оптимізації рефлексивних впливів, яку реалізовано із використанням генетичних алгоритмів, що дозволило вдосконалити процес формування комерційних пропозицій підприємства та підвищити його конкурентоздатність;

метод ідентифікації внутрішніх ризиків комерційних банків за кредитними угодами фізичних осіб, який засновано на динамічному імітаційному моделюванні сімейного бюджету позичальника, що дозволяє підвищити прибутковість кредитних операцій комерційних банків за рахунок ранньої діагностики зниження платоспроможності фізичних осіб та визначення оптимального способу реструктуризації кредитної заборгованості.

**Практичне значення одержаних результатів.** Концепція моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень дозволяє підвищити ефективність роботи вітчизняних підприємств та організацій із слабо структурованою інформацією, та забезпечити прийняття якісних рішень в умовах невизначеності. Такі розробки, як метод визначення оптимальної постановки задач інтелектуальних обчислювань, генетична модель спрощення динамічних рядів, методи порівняльного аналізу програмних засобів реалізації інтелектуальних обчислень, системно-динамічна модель ціноутворення на ринку житлової нерухомості, методичний підхід до оцінки ефективності рішення економічних задач мають самостійне значення та можуть використовуватися окремо від запропонованої концепції для реалізації інтелектуальних обчислювань в організаціях та на підприємствах будь-яких видів діяльності. Основні результати дисертаційної роботи впроваджено в діяльність Маріупольської філії ПАТ КБ «ПриватБанк», ДП «Маріупольський морський торговельний порт», Донецької торгово-промислової палати, ПАТ «Кераммаш». Загальний економічний ефект, очікуваний від впровадження результатів дисертаційної роботи, склав 741 тис. грн.

Окремі положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» для методичного забезпечення та викладання дисциплін «Інформаційні системи і технології в фінансах», «Фінансовий ринок», «Ринок фінансових послуг» (довідка № 76/10-510 від 29.12.2016).

**Особистий внесок здобувача.** Усі наукові результати належать автору особисто. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, використано тільки ті ідеї, які одержано в результаті індивідуальних досліджень.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідалися та були схвалені на наукових і науково-практичних конференціях: «Антикризові аспекти регулювання економіки» (м. Харків, 2010 р.); «Університетська наука 2012» (м. Маріуполь, 2012 р.); «Рефлексивные процессы и управление в экономике» (г. Партенит, 2013 г.); «Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи)» (Київ-Черкаси, 2015 р.); «Иновационные взгляды научной молодежи 2016» (інтернет-конференція, 2016 г.); «Соціально-економічні та правові аспекти трансформації суспільства» (м. Бахмут, 2016 р.); «Актуальні проблеми економіки та управління в умовах системної кризи» (м. Львів, 2016 р.); «Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи)» (м. Київ, 2017 р.); «Проблеми та перспективи

розвитку економіки Донбасу і Приазов'я» (м. Маріуполь, 2017 р.).

**Публікації.** Основний зміст і результати дисертації опубліковано у 46 наукових працях (143,36 друк. арк.), із яких особисто автору належать 36,92 друк. арк., а саме: 1 одноосібна монографія (12,44 друк. арк.), 7 підрозділів і 1 розділ у 5 колективних монографіях; 29 статей у наукових фахових виданнях (із них 6 – у виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз, і виданнях іноземних держав); 11 публікацій у інших виданнях.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 413 сторінок, у тому числі 360 сторінок основного тексту. Текст дисертації ілюструють 90 рисунків (із яких 1 на 1 окремій сторінці) і 53 таблиці. Список використаних джерел включає 258 найменувань та викладений на 27 сторінках, додатків 2 на 8 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У першому розділі «**Теоретико-методологічні проблеми моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень**» проведено аналіз процесів прийняття рішень і підходів до їх автоматизації. Розглянуто задачі аналізу і обробки даних як основу процесу прийняття рішень і удосконалено їх класифікацію. Проаналізовано передумови вибору методів ідентифікації складних економічних систем.

Із розвитком і поширенням інформаційних технологій відбувається поступове збільшення їх ролі у процесах прийняття рішень від суто обчислювальних задач і забезпечення швидкого доступу до даних до повноважень у самостійному прийнятті рішень в умовах невизначеності. Процес прийняття рішень в узагальненому вигляді можна звести до трьох етапів: підготовка інформації, прийняття рішення і контроль його виконання. Усі ці етапи можуть бути автоматизовані.

Класифікація систем підтримки прийняття рішень за концепцією побудови розподіляє їх на системи, орієнтовані на моделі, орієнтовані на дані, засновані на комунікаціях, орієнтовані на документи і орієнтовані на знання. Відзначимо тотожність цієї класифікації концепції побудови систем Business Intelligence, у якій Т. Давенпорт виокремлює три рівні прийняття рішень, розташованих пірамідою – у порядку зростання обсягів оброблюваної інформації і зменшення зв'язності між інформацією та рішеннями<sup>1</sup>. Рівень 1 відповідає суворо детермінованій залежності, причому інформація представлена у вигляді набору факторів. На рівні 2 йде обробка більш значних обсягів інформації, але основні правила її обробки структуруються людиною. На рівні 3 здійснюється обробка великих масивів даних, які слабо зв'язані з рішеннями, але урахування цих зв'язків у сучасному інформаційному суспільстві може надати вирішальну перевагу у конкурентній боротьбі.

Аналіз принципів, покладених в основу такої класифікації, дозволяє безпосередньо зіставити із рівнями піраміди Т. Давенпорта як відомі концепції побудови систем підтримки прийняття рішень, так і компоненти сучасних систем бізнес-аналітики. З цього випливає, що повноцінна система прийняття рішень повинна включати всі рівні структурування та обробки інформації – від обробки слабкозв'язаних даних до використання детермінованих економетричних моделей.

<sup>1</sup> Davenport T. H. Competing on Analytics: The New Science of Winning / T. H. Davenport; J. G. Harris – Harvard: Business School Press, 2007. – 240 p.



Далі у розділі 1 розглянута проблема класифікації задач аналізу і обробки даних. У вітчизняній літературі терміни «аналіз даних» і «обробка даних» часто використовуються як синоніми, проте все ж слід визначити відмінності між ними. *Аналізом даних* будемо називати процес вилучення з необроблених даних відомостей, корисних для дослідника. *Обробкою даних у широкому сенсі* назвемо процеси, пов'язані зі збором, зберіганням, аналізом та трансформацією даних. *Обробкою даних у вузькому сенсі* назвемо процеси, в результаті яких з одного масиву даних виходить інший, із заданими властивостями. Далі термін «обробка даних» будемо використовувати виключно у вузькому сенсі.

На підставі існуючих підходів до систематизації задач аналізу даних, їх зіставлення, виявлення тенденцій до появи нових економічних задач, у роботі запропонована наступна їх класифікація (рис. 1).

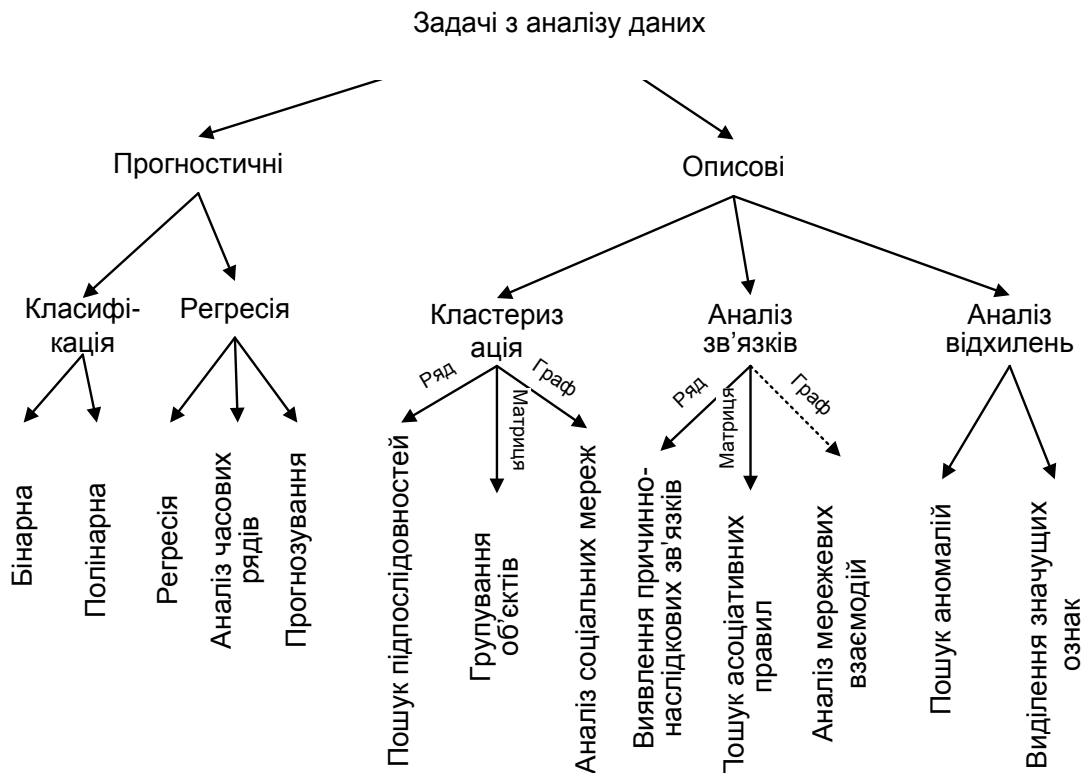


Рис. 1. Уточнена класифікація задач аналізу даних

На першому рівні у якості класифікаційної ознаки визначено *мету вирішення*. Відповідно до неї ці задачі поділять на дві великі групи: *прогностичні* й *описові*. Перші пов'язані з побудовою моделі, яка може використовуватися для прогнозування поведінки аналізованої системи. Метою другої є пошук і опис прихованих закономірностей у даних і виведення правил, які можуть використовуватися у подальшому для підвищення ефективності роботи.

На другому рівні класифікації у межах кожної групи виокремлено класи, які об'єднують задачі зі схожими таксономічними ознаками. Важливим критерієм розподілу задач на види є розмірність простору угруповання, під якою розуміється кількість сусідніх елементів у вхідних даних. Для рядів таких сусідів два – попереднє і наступне значення. Для матриць – шість. Для графів кількість сусідів може бути будь-якою.

Запропонована в дисертації класифікація задач інтелектуальної обробки даних показана на рис. 2.

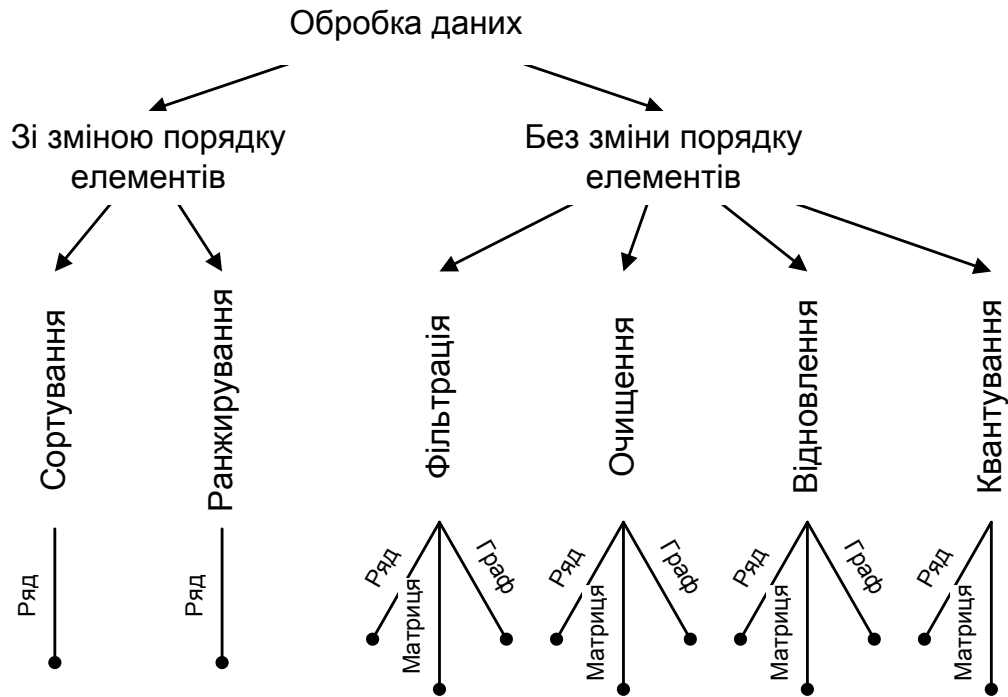


Рис. 2. Класифікація задач інтелектуальної обробки даних

На верхньому рівні класифікації задачі обробки даних розподіляються на групи залежно від впливу на порядок елементів у вхідних даних. Задачі, у яких порядок елементів змінюється, виникають тільки по відношенню до даних, представлених у вигляді рядів. Подібне характерно і для задач квантування, пов'язаних зі спрощенням даних. Задачі фільтрації, очищення і відновлення можуть виникати при обробці даних будь-якого виду.

Методи розв'язання економічних задач у теперішній час можна розділити на аналітичні, інтелектуальні та евристичні. Аналітичні використовуються на першому і другому рівнях піраміди Давенпорта та забезпечують кращу формалізацію рішень і повторюваність результатів. Іншими їх перевагами є істотно нижчі вимоги до обчислювальних ресурсів, доступні для розуміння взаємозв'язки між вхідними факторами і результатом, ефективні методи аналізу чутливості отриманих моделей. Недоліки традиційних методів проявляються в умовах нестационарного розподілу даних, що стає все більш характерним для сучасних економічних процесів. Сформулюємо такі умови для їх використання:

- існують очевидні логічні взаємозв'язки між вхідними даними і рішеннями;
- використання інтелектуальних методів не дає переваги за обраним критерієм оптимальності рішення (вартість, ефективність швидкість та їм подібні) або їх інтегрованої сукупності;
- характер задачі відповідає умовам застосування даного методу рішення.

А оскільки економічні відносини сьогодення розвиваються у напрямі їх ускладнення – необхідності врахування великої кількості інформації, зменшення часу на прийняття рішень та інших чинників, це обумовлює неминуче ускладнення і методів пошуку рішень.

У другому розділі «**Концептуальні основи синтезу інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень**» проведено аналіз інтелектуальних методів пошуку рішень в економічних задачах, розглянуто методологічні підходи до синтезу інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень, запропоновано концепцію їх моделювання.

З того часу, коли поняття «Штучний інтелект» (ШІ) вперше з'явилося у науковому лексиконі, воно сильно еволюціонувало і тепер зазвичай має на увазі «властивість інтелектуальних систем виконувати творчі функції, які традиційно вважаються прерогативою людини». Основною ознакою інтелектуальних систем слід вважати здатність до навчання, у тому числі до самонавчання і самомодифікації.

Традиційно виокремлюють два класичних підходи до розробки інтелектуальних систем – «нисхідний» і «висхідний». Перший – створення систем ШІ на основі імітації високорівневих психічних процесів, який покладений в основу створення експертних систем, баз знань, систем логічного висновку (включаючи нечітку логіку). Другий – створення систем ШІ на основі моделювання базових біологічних і фізичних процесів. У межах цього підходу з'явилися штучні нейронні мережі. Подальший розвиток методів аналізу даних змушує розширити цю класифікацію. Серед варіантів, пропонує різних школами, особливо слід відзначити агентно-еволюційний та імітаційний підходи. Класифікація методів інтелектуальних обчислень, що розроблена автором у межах цих підходів, показана на рис. 3.

Представлені на рис. 3 методи інтелектуальних обчислень в основному є універсальними, тобто можуть використовуватися для вирішення досить широкого кола завдань, забезпечуючи якщо не найкращі, то принаймні достатньо гарні рішення. Підвищити ефективність рішень можна за допомогою використання комбінації різних методів інтелектуальних обчислень.

У дисертації запропоновано методологію структурно-параметричного синтезу комбінованих інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень (ІСПР), засновану на концепції морфологічного синтезу і доповнену засобами урахування обмежень на сполученість елементів.

Для формалізації умов використана термінологія і математичний апарат аналізу гіперграфів, тобто таких графів, у яких кожне ребро може з'єднувати більше двох вершин.



Рис. 3. Класифікація методів інтелектуальних обчислень

Уведені такі визначення:

Визначення 2.4: *Модуль* – окрема частина структури ІСПР, призначена для

вирішення задач певного класу. Кожному модулю відповідає свій гіперграф, який використовується для визначення допустимого набору методів.

Наприклад: Розвідувальний аналіз, аналіз даних, обробка даних.

Визначення 2.5: *Кластер* – набір умов, що характеризують предметну область за певною ознакою.

Наприклад: Представлення даних, обсяг даних.

Визначення 2.6: *Умова* – складова частина кластера, що представляє собою варіант параметра, який характеризує предметну область.

Наприклад: Кластеру «представлення даних» відповідає множина умов {чітке, нечітке}. Умови є *ребрами* гіперграфу.

Визначення 2.7: *Методи* – способи вирішення завдань, допустимі у межах модуля. Методи є *вершинами* гіперграфу. Умовою допустимості методу є інцидентність йому хоча б одного ребра з кожного кластера.

Множина кластерів позначена –  $L$ , множина умов –  $C$ , множина методів –  $M$ . При цьому очевидно, що кількість умов має бути не менше кількості виокремлених кластерів  $|C| \geq |L|$ . Наприклад, для модуля «Аналіз даних» можливі такі множини:

$\{m1, m2, m3\} = \{\text{дерева прийняття рішень, експертні системи, нейронні мережі}\};$

$\{l1, l2, l3\} = \{\text{представлення даних, кількість даних, стаціонарність}\};$

для  $l1$ :  $\{c1, c2\} = \{\text{чітке, нечітке}\};$

для  $l2$ :  $\{c3, c4, c5\} = \{\text{мало, середньо, багато}\};$

для  $l3$ :  $\{c6, c7, c8\} = \{\text{висока, середня, низька}\}.$

Простір допустимих альтернатив, який задає можливі комбінації ребер і вершин гіперграфу, може бути заданий через набір множин, або через матрицю інцидентності. Матриця інцидентності, відповідна до зазначених вище множин, показана в табл. 1.

Таблиця 1

**Матриця інцидентності ребер і вершин гіперграфу, що описує простір допустимих альтернатив модуля «Аналіз даних»**

	$l1$		$l2$			$l3$		
	$c1$	$c2$	$c3$	$c4$	$c5$	$c6$	$c7$	$c8$
$m1$	1	0	1	1	0	1	1	0
$m2$	1	1	1	1	1	1	0	0
$m3$	1	1	0	1	1	0	1	1

На підставі гіперграфу, що описується матрицею інцидентності, будується підграф, множина ребер якого відповідає заданим умовам.

Розглянемо приклад: нехай необхідно аналізувати невелику вибірку, що містить нечіткі дані, причому умови зовнішнього середовища є достатньо стабільними, що забезпечує їх високу стаціонарність. Цим умовам відповідає підграф, що складається з ребер  $c2, c3, c6$ , матриця інцидентності якого представлена в табл. 2.

Припустимі рішення задачі утворюють такий набір вершин, який є трансверсаллю гіперграфу, тобто має непорожній перетин з кожним ребром. З аналізу табл. 2 випливає, що в даних умовах є єдине рішення – вершина  $m2$ , що відповідає методам експертних система. Запропонований підхід також дозволяє обробляти ситуації, коли припустимі рішення не знайдено. У цьому випадку аналіз матриці інцидентності дозволяє сформулювати умови, при виконанні яких стане можливим використання того, чи іншого методу.

### Матриця інцидентності підграфа, що відповідає умовам задачі

	c2	c3	c6
m1	0	1	1
m2	1	1	1
m3	1	0	0

Розглядаючи завдання прийняття рішень з позицій системного аналізу як процес, що відбувається у часі, слід зазначити, що з його розвитком необроблений масив інформації, який характеризує досліджувану систему, проходить через ряд послідовних трансформацій, що призводять в остаточному підсумку до вибору рішення, яке визначає подальший розвиток системи. У цій послідовності можна виокремити процеси, пов'язані зі спостереженням та моделюванням досліджуваної системи, ідентифікацією її стану, оцінкою і вибором альтернатив.

Введені наступні позначення:  $z_i$  – поточна ситуація;  $g$  – процес спостереження;  $\varphi$  – процес моделювання;  $\psi$  – процес ідентифікації;  $\mu$  – процес оцінювання;  $\omega_i$  – обрана альтернатива;  $\delta$  – процес прийняття рішення. Сукупність цих процесів та проміжних станів системи подамо у вигляді схеми, що відображає концепцію даного дослідження (рис. 4).

На рисунку 4 множина  $Y$  – це характеристики системи, які спостерігаються. Серед параметрів, що складають множину  $Y$  можна виділити вхідні  $Y_{in}$  та вихідні  $Y_{out}$  характеристики системи, прийняті рішення  $Y_D$ , їх ефективність  $Y_{DE}$  та їм подібні. Наповнення множини  $Y$  регламентується *процесом*  $g$ .

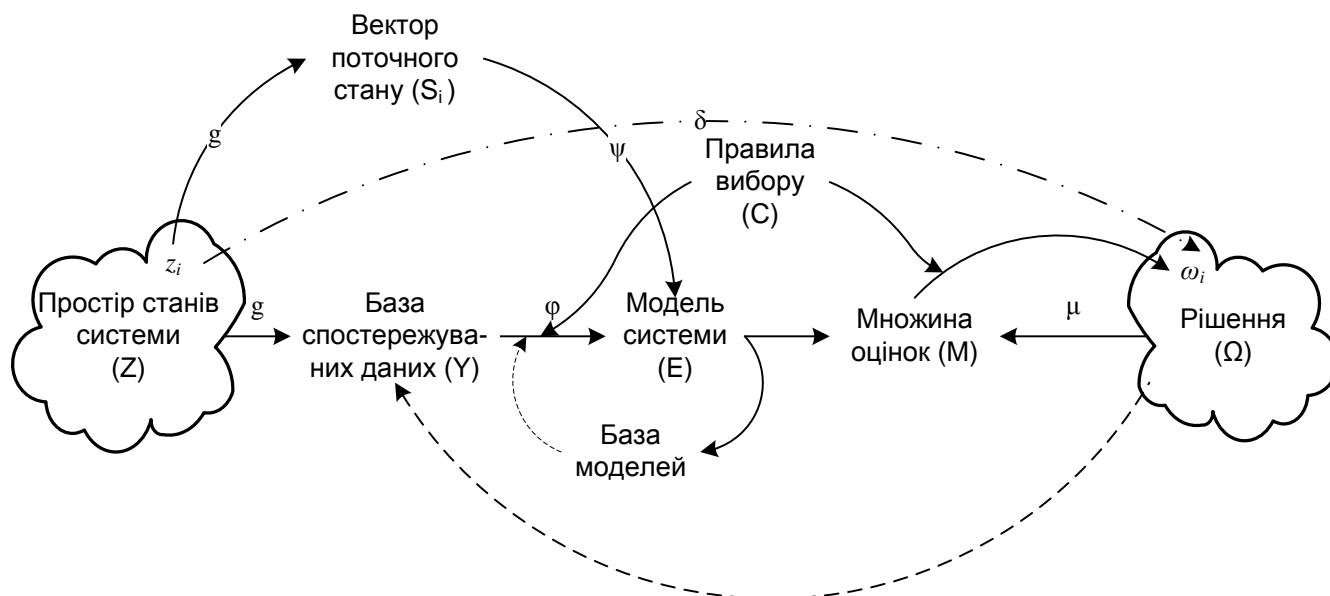


Рис. 4. Концепція моделювання інноваційної інтелектуальної системи прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами

Модель системи  $E$  синтезується *процесом*  $\varphi$  на підставі даних вхідної вибірки і набору правил, що регламентують роботу самої системи і прийняття рішень у ній (множина  $C$ ). У деяких випадках синтез моделі може відбуватися із використанням вже існуючих моделей аналогічних систем.

Структура та склад зазначених компонентів ПСПР визначають підходи до вирішення задачі оцінки альтернатив (*процес*  $\mu$ ). Результатом процесу є множина

оцінок  $M$ . Сутність розв'язання даної задачі полягає у розробці та формалізації методів визначення оцінки будь-якого рішення. Тому множина  $M$ , на відміну від решти, не зберігається явно в ПСПР.

Розглянемо процедуру формування рішення в ПСПР. Поточна ситуація  $z_i$  спостерігається і відображається у вигляді вектора  $S_i$ . Його структура повторює структуру елемента множини  $Y$  у частині вхідної інформації. Далі у процесі функціонування ПСПР поточна ситуація ідентифікується за допомогою моделей  $E$  (процес  $\psi$ ). Ідентифікація дозволяє відібрати із множини  $\Omega$ , деяку підмножину рішень (пред'явлення) для подальшого вибору найкращої альтернативи.

Вибір альтернативи  $\omega_i$  здійснюється на підставі результатів моделювання та їх оцінки. Вибір методів оцінювання регламентується актуальними у поточній ситуації правилами прийняття рішень (елемент множини  $C$ ).

Таким чином, у запропонованій концепції моделювання ПСПР процес пошуку рішення зводиться до послідовності процесів спостереження, моделювання, ідентифікації, оцінювання та вибору. Реалізація цих процесів базується на визнаних розробках вітчизняних і зарубіжних авторів, але деякі аспекти, пов'язані із реалізацією цих процесів в ПСПР, вимагають додаткового уточнення, що обумовлює структуру цього дослідження, загальна методологічна схема якого наведена на рис. 5.

Процеси спостереження, моделювання, ідентифікації, оцінювання та вибору складають методичний рівень схеми. Основою для дослідження цих процесів є загальновизнані теоретико-методологічні наукові напрямки, наведені на верхньому рівні схеми. Реалізація процесів, відбувається із використанням розвиненого набору економіко-математичних інструментів, серед яких відзначимо штучні нейронні мережі (ШНМ) різних типів, які можуть використовуватися для аналізу і прогнозування (персептронні), багатокритеріального порівняння (самоорганізаційні), розпізнавання складних образів (згорткові). Для оптимізації важливу роль відіграє використання генетичних алгоритмів, що мають ряд унікальних переваг перед іншими методами.

У третьому розділі «**Методи розробки інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень**» розроблено методи розв'язання економічних задач із застосуванням штучних нейронних мереж, розглянуто методи вибору інструментальних засобів інтелектуальних обчислень та методи оцінки ефективності їх застосування в економічних системах.

У дисертації виділено та розглянуто такі проблеми застосування штучних нейронних мереж для розв'язання економічних задач:

Проблема 3.1: Вибір найбільш ефективного інструменту моделювання;

Проблема 3.2: Визначення оптимальної архітектури ШНМ.

Проблема 3.3: Визначення достатнього обсягу навчальної вибірки.

Проблема 3.4: Відбір найбільш значущих вхідних даних;

проблема 3.5: Підвищення різноманітності вибірки.

Проблеми 3.1 і 3.2 виникають в межах реалізації *процесу моделювання*. Для розв'язання проблеми 3.1 доведено необхідність постановки завдання, як складової частини процесу моделювання  $\varphi$ . Результати проведених досліджень показали, що при використанні інтелектуальних методів пошуку рішень одна й та сама задача в деяких випадках може бути поставлена по-різному.

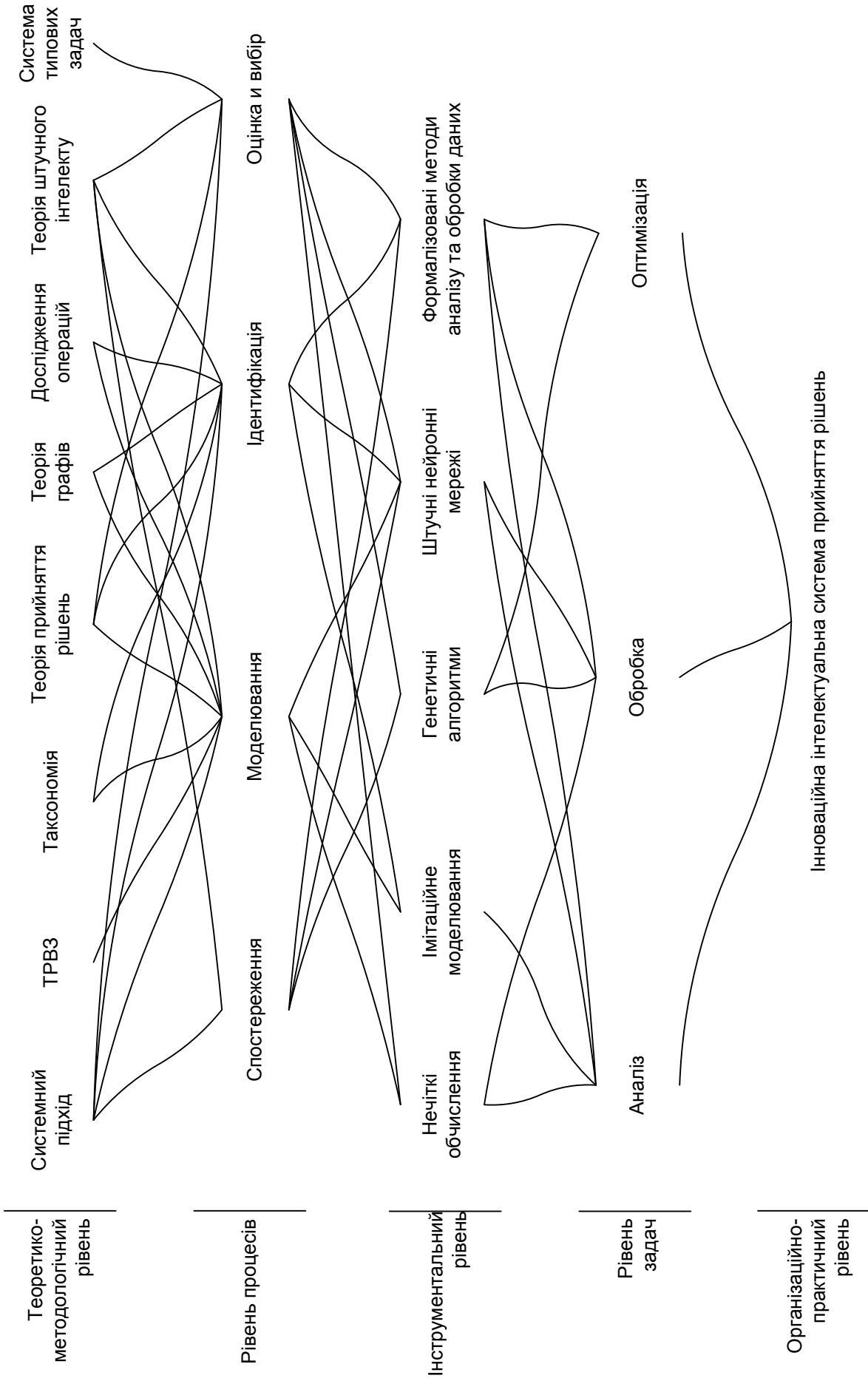


Рис. 5. Схема методології моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами за розробленою концепцією (див. рис. 4)

**Твердження 3.1:** Ефективність вирішення складних економічних задач залежить від методів і інструментів, які будуть застосовані для цього.

Різноманітність постановок розглянуто на прикладі задачі біржового спекулянта, яка у найзагальнішому вигляді формулюється так: необхідно розробити економіко-математичну модель, яка дозволяла б на підставі даних передісторії про зміну валютних курсів організувати купівлю і продаж фінансових інструментів таким чином, щоб забезпечити отримання сталого доходу. Доведено, що задачу біржового спекулянта можна привести щонайменш до трьох різних базових постановок – класифікації, регресії і кластеризації.

Проблеми 3.3 – 3.5 виникають в рамках реалізації *процесу спостереження*. Причому проблеми 3.2 і 3.3 знаходяться в тісному взаємозв'язку і повинні розглядатися комплексно. Розглянемо їх у загальному вигляді.

Нехай  $T$  – навчальна вибірка, яка являє собою множину даних, що складається з векторів  $X_i$  та очікуваного відклику мережі  $Y_i = f(X_i)$ :

$$T = \{X_i, Y_i\}_{i=1}^I, \quad (1)$$

де  $I$  – кількість прикладів у вибірці, а  $X_i$  – вектор, що має вигляд:

$$X_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,M}), \quad (2)$$

де  $M$  – кількість параметрів, що складають один приклад.

Нехай  $NS$  – структура нейронної мережі, яка в загальному вигляді може бути описана таким чином:

$$NS = \langle N, L, \psi \rangle, \quad (3)$$

де  $N$  – множина нейронів, що складають ШНМ;  $L$  – множина зв'язків між нейронами;  $\psi$  – відношення інцидентності, що ставить у відповідність кожному зв'язку з множини  $L$  два нейрони з множини  $N$ .

Для повнозв'язаних багатошарових нейронних мереж прямого поширення при описі структури можна обмежитися зазначенням кількості нейронів в кожному шарі. В цьому випадку структуру (точніше – архітектуру) мережі можна записати формулою виду

$$N_1 - N_2 - \dots - N_{lay}, \quad (4)$$

де  $lay$  – кількість шарів нейронної мережі;  $N_1$  – кількість нейронів у вхідному шарі, що збігається з  $M$  – кількістю параметрів у навчальному прикладі;  $N_2 \dots N_{lay-1}$  – кількість нейронів у кожному з прихованих шарів;  $N_{lay}$  – кількість нейронів у вихідному шарі, які і є виходами ШНМ.

У загальному вигляді проблема відбору вхідних даних зводиться до знаходження такої вибірки  $\bar{T} \subset T$ , щоб при заданому параметрі обсягу вибірки  $I$  забезпечувалась достатньо точна апроксимація функції  $f(X_i)$  та, відповідно, рішення досліджуваної задачі. При цьому на вибірку  $\bar{T}$  можуть накладатись обмеження залежно від умов задачі.

Існування проблеми відбору вхідних даних обумовлено залежністю між складністю структури нейронної мережі та кількістю прикладів, які необхідні для її навчання. Теоретично, достатню кількість прикладів в навчальній вибірці можна визначити, відштовхуючись від концепції VC-виміру<sup>2</sup>. Дослідження<sup>3</sup> показують, що для

<sup>2</sup> Vapnik V. N. On the uniform convergence of relative frequencies of events to their probabilities / V. N. Vapnik, A. Ya. Chervonenkis // Theoretical Probability and Its Applications, vol. 17, 1971. – Pp. 264–280.

<sup>3</sup> Koiran P. Neural networks with quadratic VC dimension / P. Koiran, E. D. Sontag. // Advances in Neural Information Processing Systems, Cambridge, MA: MIT Press, vol. 8, 1996. – P. 197–203.



найбільш поширеного типу нейронної мережі із нейронів з сигмоїдальною активаційною функцією верхня межа VC-виміру пропорційна  $W^2$ , де  $W$  – кількість вільних параметрів ШНМ, до яких відносяться вагові коефіцієнти зв'язків і параметри функцій активації нейронів:

$$W = |L| + |N|. \quad (5)$$

де

$$|L| = \sum_{i=1}^{lay-1} N_i \cdot N_{i+1}, \quad (6)$$

$$|N| = \sum_{i=2}^{lay} N_i. \quad (7)$$

Слід наголосити на тому, що вираз  $W^2$  обмежує лише теоретичну верхню межу VC-виміру нейронної мережі. Тому на практиці може бути достатньо вибірки значно меншого розміру. Але вирази (5)–(7) дозволяють порівнювати різні варіанти архітектури нейронних мереж з погляду вимог до обсягу даних для навчання.

Проблема відбору вхідних даних тісно пов'язана з задачею знаходження такої структури мережі  $NS$  (див. (3)), яка б забезпечувала мінімум помилки моделювання. Дана проблема виникає, коли кількість прикладів у навчальній вибірці  $I$  суттєво менша, ніж потрібно для відповідності розмірності даних  $M$ .

У дисертації розглянуто методи зниження розмірності даних, що ґрунтуються на:

- логічному аналізі даних;
- оптимізації представлення даних;
- аналізі взаємозалежностей в даних;
- непрямих методах аналізу значущості даних.

Метою *логічного аналізу даних* є відсікання параметрів, які не несуть інформаційного навантаження за умов задачі.

*Оптимізація представлення даних* може бути використана для подання на вхід нейронної мережі нечислових даних. Зокрема слід виділити представлення через позицію біта, представлення через бітову маску та представлення через ранг значення. Якщо  $v_j$  – кількість можливих варіантів значення нечислового параметра  $j$ , а  $N_2$  – кількість нейронів в другому шарі ШНМ, то для кодування  $j$  в нейронній мережі буде потрібно

$$|J| = v_j \cdot N_2 \quad (8)$$

у першому випадку;

$$|J| = (\uparrow \log_2 v_j) \cdot N_2, \quad (9)$$

у другому випадку, де знак  $\uparrow$  позначає операцію округлення в сторону більшого числа;

$$|J| = N_2, \quad (10)$$

у третьому випадку.

Таким чином, варіант (10) є найбільш економним, але його застосування не завжди є можливим, з погляду логічних взаємозв'язків між параметрами в даних. Навпаки, самим витратним, але й найточнішим є варіант кодування (8). Тому кодування нечислових даних можна розглядати як компроміс між точністю відображення вхідної інформації та використовуваними ресурсами ШНМ.

Для розв'язання проблеми 3.4 необхідним є *аналіз взаємозалежностей в даних*, який дозволяє виключити як параметри, занадто слабо пов'язані з вихідними даними, так і параметри, які занадто сильно пов'язані з іншими вхідними параметрами. Серед

методів слід відзначити кореляційний аналіз, а також більш складний, але й більш надійний метод, заснований на обчисленні коефіцієнта максимуму взаємної інформації (*maximal information coefficient*, або MIC).

Важливу роль при вирішенні задачі зниження розмірності вибірки можуть зіграти *непрямі методи аналізу значущості даних*. В дисертації показано, що в якості методу відбору значущих параметрів може бути використаний будь-який метод, що дозволяє виконувати ранжирування набору даних за ступенем їх впливу на вихідний параметр, навіть якщо таке ранжирування не є його основною функцією. До таких методів, наприклад, можна віднести алгоритм автоматичної побудови дерев рішень C4.5<sup>4</sup>.

Проблема 3.5 спостерігається при малій розмірності вектора вхідних даних, великій кількості прикладів у вибірці і наявності складної залежності між вхідними і вихідними параметрами. Прикладом таких даних є біржова інформація. Так, базовий набір, що описує стан валютного ринку, в загальному випадку містить лише 4 параметри про курсові відносини різних пар валют за часовими періодами. Для урахування динаміки трендових змін базовий набір може бути трансформований за допомогою ковзного вікна. Однак і цей спосіб не дозволяє досягти високих результатів в прогнозуванні, що є наслідком з фундаментальних обмежень перцептронних і подібних до них мереж, які були сформульовані Розенблаттом і доповнені М. Минським і С. Пейпертом<sup>5</sup>. Зменшити вплив цих обмежень можна через надання перцептронам додаткової інформації, що уточнює поточну ситуацію.

В якості таких додаткових методів підвищення різноманітності даних запропоновано використання емпіричних методів аналізу, які зазвичай формулюються у вигляді «умова» – «наслідок». Фактично, такі методи можна розглядати, як мікро-експертні системи, що дозволяє говорити про комбінований нейро-експертний модуль аналізу. У дисертації обґрунтовано та розглянуто використання ринкових індикаторів і осциляторів в якості мікро-експертних систем для аналізу біржових даних.

До *процесу моделювання* відноситься завдання розробки критеріїв і методів вибору інструментальних засобів інтелектуального аналізу і обробки даних.

Вибір інструментальних засобів може зробити істотний вплив на процес розробки ІСПР і її ефективність. Для програмної реалізації ІСПР і її окремих модулів в різних фазах циклу розробки, можуть використовуватися такі основні підходи:

- програмування без застосування спеціалізованих пакетів і мов;
- використання програмованих систем математичного моделювання;
- використання програмних платформ з інтерактивним інтерфейсом.

Крім того, за критерієм вартості слід виділяти:

- використання вільно розповсюджуваних програмних продуктів;
- використання комерційних програмних продуктів.

Кожен підхід має свої переваги і недоліки, значення яких може змінюватися в залежності від фаз циклу розробки ІСПР. Окрім того, в рамках кожного підходу існує кілька програмних продуктів, із різними характеристиками. Тому, для здійснення обґрунтованого вибору інструментальних засобів реалізації інтелектуальних обчислень, порівняння має здійснюватися за багатьма критеріями, які до того ж мають різну значущість. Для вирішення даного завдання розроблено нечітку модель оцінки та формалізовано процедури фазифікації вхідних даних і дефазифікації результатів. Для формування множини критеріїв оцінки використано вимоги стандарту ISO 9126-4:2004

<sup>4</sup> Quinlan Ross J. C4.5: Programs for Machine Learning / Ross J. Quinlan // Machine Learning, September 1994, Volume 16, Issue 3, Pp. 235–240.

<sup>5</sup> Minsky M. L. Perceptrons / M. L. Minsky, S. A. Papert – Cambridge, MA: MIT Press, 1969. – 263 p.

«Характеристики та метрики якості програмного забезпечення», на підставі яких сформовано наступні критерії ефективності програмного забезпечення, відповідно до аналізу ПСПР (К.3.2.1 – К.3.2.7):

К.3.2.1. Простота використання;

К.3.2.2. Функціональна придатність;

К.3.2.3. Часова ефективність;

К.3.2.4. Ресурсомісткість;

К.3.2.5. Доступність використання;

К.3.2.6. Мобільність;

К.3.2.7. Вартість.

Далі формуються підмножини критеріїв  $F_i$ , що мають значення для відповідних фаз  $i$  у циклу розробки і реалізації ПСПР.

На заключному етапі проводиться порівняння інструментальних засобів розробки або наочно, за допомогою павутинних діаграм, або за нечітко-логічною моделлю вибору. В останньому випадку окремо оцінюється:

$P_i^j$  – нечітка оцінка привабливості  $i$ -го інструментального засобу по  $j$ -му критерію, відповідно табл. 3;

$K_j^F$  – нечітка оцінка значущості  $j$ -го критерію для фази  $F$  циклу створення ПСПР, відповідно табл. 4.

Таблиця 3

**Параметри трапецієподібних функцій належності критеріїв оцінки привабливості інструментальних засобів у вигляді лінгвістичних змінних**

Інтервал значень	Лінгвістична оцінка привабливості продукту	Коротке позначення
[0; 0; 0.2; 0.25]	Дуже низька	ДН
[0.15; 0.25; 0.35; 0.4]	Низька	Н
[0.3; 0.4; 0.55; 0.6]	Середня	С
[0.45; 0.6; 0.7; 0.75]	Висока	В
[0.65; 0.75; 1; 1]	Дуже висока	ДВ

Таблиця 4

**Параметри трапецієподібних функцій належності значущості критеріїв оцінки у вигляді лінгвістичних змінних**

Інтервал значень	Лінгвістична оцінка значущості критерію	Коротке позначення
[0; 0; 0; 0.4]	Не має значення	НЗ
[0.2; 0.35; 0.5; 0.6]	Середня	С
[0.45; 0.6; 0.7; 0.8]	Висока	В
[0.65; 0.75; 1; 1]	Дуже висока	ДВ

Використовуючи відомі операції складання і множення нечітких чисел, можна визначити процедуру знаходження нечіткої оцінки  $RP_i^F$  інструментальних засобів вирішення економічних завдань  $i$  для фази  $F$  у такий спосіб:

$$RP_i^F = \sum_j P_i^j \otimes K_j^F . \quad (11)$$

Оцінки, які отримано з формули (11), можна проаналізувати шляхом порівняння їх функцій належності, поданих у графічному вигляді, або отримати числові коефіцієнти оцінок через процедуру дефазифікації.

Нечітко-логічна модель є ефективною у використанні при великій кількості аналізованих продуктів і критеріїв, а також дозволяє врахувати всі параметри досліджуваних продуктів. Для випадків, коли оцінки декількох програмних продуктів виявилися близькими одна до одної, остаточний висновок доцільно формувати на підставі графічного зіставлення павутинних діаграм, які наочно показують співвідношення окремих переваг і недоліків продуктів.

Далі в дисертації розглянуто реалізацію процесу *оцінювання* та вибору альтернатив. Задачу оцінки ефективності розглянуто відносно таких об'єктів і процесів як алгоритми і програмне забезпечення, процес навчання, моделі аналізу даних, моделі обробки даних.

Необхідність оцінки *ефективності роботи програмного забезпечення* обумовлена тим, що різні реалізації принципів інтелектуальних обчислень можуть значно відрізнитись як за точністю, так і за швидкістю роботи.

Традиційний підхід до оцінки ефективності роботи програмного забезпечення та алгоритмів навчання зводиться до порівняння швидкодії. Однак, з огляду на те, що слабкоструктуровані задачі не завжди можуть сходитись до глобального оптимуму, іншим важливим критерієм слід вважати точність одержуваних результатів. Оскільки критерії швидкості та точності є взаємно суперечливими, залежно від умов задачі один із них доцільно обмежувати.

Для отримання порівнянних результатів оцінювання, запропоновано підхід, заснований на понятті *типових задач*, тобто таких, основні характеристики яких з погляду вхідних даних та результатів є досить близькими для деякого набору інших задач у схожій постановці.

До економічних задач, які можна використовувати як типові, висунені такі вимоги (В.3.1 – В. 3.6):

- В.3.1. Доступність вхідних даних.
- В.3.2. Прозорість економічної інтерпретації результатів.
- В.3.3. Можливість перевірки результату.
- В.3.4. Складність рішення.
- В.3.5. Можливість порівняння результатів.
- В.3.6. Репрезентативність.

До задач, які відповідають вимогам В.3.1 – В.3.6 відносяться, зокрема, задача комівояжера та задача біржового спекулянта, які й використано в дисертації для ілюстрації практичного застосування теоретичних здобутків.

Оцінку *ефективності машинного навчання* необхідно розглядати у зв'язку із розв'язанням задачі оптимального налаштування алгоритмів навчання, які чутливі до обсягу навчальної вибірки, та до параметрів процесу навчання.

Відповідно до визначення терміна «навчання» у науковій літературі<sup>6</sup>, момент припинення росту продуктивності системи є очевидним маркером завершення процесу навчання. Однак на практиці виявлення цього моменту часто є нетривіальною задачею.

<sup>6</sup> Mitchell T. Machine learning / T Mitchell – McGraw-Hill, 1997. – 414 p.

Питання визначення оцінки продуктивності системи штучного інтелекту найприродніше вирішується для задач аналізу даних, що відносяться до прогностичної групи (класифікація і регресія). Вхідна вибірка даних у цьому випадку ділиться на навчальну та тестову, а якість навчання визначається за такими критеріями:

К.3.3.1. Мінімізація помилки у розпізнаванні навчальної множини;

К.3.3.2. Мінімізація помилки у розпізнаванні тестової множини;

К.3.3.3. Досягнення адекватної динаміки процесу навчання.

При аналізі ефективності навчання у задачах, де відсутня можливість розбиття вхідної вибірки на тестову і навчальну, застосування критерію К.3.3.2 неможливе. Якщо при цьому кількість ітерацій у процесі навчання не обмежена, може бути задіяний критерій К.3.3.3, відповідно до якого маркером закінчення процесу навчання слід вважати припинення поліпшення значень функції продуктивності. Наприклад, для генетичних алгоритмів такою буде функція пристосованості, а для самоорганізаційних ШНМ із шаром Кохонена – помилка кластеризації.

*Ефективність моделей аналізу даних* означає їх здатність виконувати поставлені практичні завдання та має за мету визначення і порівняння економічної вигоди від їх застосування. Є кілька типів таких моделей.

Економічна ефективність кількісних моделей *першого типу* однозначно визначається метриками, заснованими на різниці між прогностичними результатами моделювання і фактичними даними.

Економічна ефективність кількісних моделей *другого типу* також залежить від достовірності передбачених подій, але абсолютна вартість правильних і помилкових прогнозів різниться.

До *дескриптивного* типу будемо відносити моделі, результат роботи яких носить характер опису і для яких застосування формальних методів оцінки точності неможливе.

Ефективність кількісних моделей першого типу добре описується такою метрикою як середньоквадратична помилка прогнозування на навчальній і тестовій вибірках даних. У складних випадках, коли вибірка даних недостатньо репрезентативна, а крива динаміки процесу навчання істотно відрізняється від оптимального виду, можуть бути використані додаткові засоби візуальної оцінки ефективності прогнозування, зокрема діаграми розсіювання.

Ефективність кількісних моделей другого типу досліджується за допомогою інструментів, що дозволяють інтерпретувати результати інтелектуальних обчислень з погляду економічного ефекту та з урахуванням особливостей конкретної задачі. Суть цих інструментів зводиться до розрахункових моделей, а також візуальних методів аналізу, серед яких можна виділити матриці спряженості, Lift-діаграми, ROC-криві тощо. Найбільш складними для оцінки ефективності результатів аналізу даних є дескриптивні моделі. Застосування апріорних методів оцінки економічного ефекту для них у більшості випадків неможливе, тому всі використовувані прийоми носять непрямий характер.

При оцінюванні *ефективності моделей обробки даних* необхідно знайти відповідь на питання про економічну вигоду, що отримується в результаті застосування різних методів обробки.

В ПСПР задачі обробки даних переважно носять забезпечувальний характер, тобто вирішуються для поліпшення результатів подальшого аналізу даних. У цьому випадку відносна ефективність застосування  $k$ -го методу обробки даних порівняно з  $h$ -м визначається наступним чином:

$$e_{dp}^{k/h} = \frac{e_s^k}{e_s^h}, \quad (12)$$

де  $e_s^k$  та  $e_s^h$  – ефективність всієї ПСПР (або тої її частини, для якої вона може бути розрахована) за умови використання  $k$ -го та  $h$ -го методу обробки даних. При цьому інші методи та складові ПСПР залишаються незмінними.

Оцінки, отримані за допомогою виразу (12), є відносними. Для отримання абсолютних оцінок скористаємось концепцією «наївного» методу обробки, який гарантовано не покращує структуру вихідних даних. По відношенню до «наївного» будь-який метод, що за (12) дає результат більше 1, може вважатися ефективним, а при результаті менше 1 – неефективним. При цьому виконується правило транзитивності оцінок, а саме:

Якщо метод  $k_1$  краще «наївного» в  $x$  разів, а метод  $k_2$  краще «наївного» в  $y$  разів, то метод  $k_1$  краще  $k_2$  у  $\frac{x}{y}$  разів.

Існують також економічні задачі, вирішення яких збігається саме до задачі обробки даних. У цьому випадку процедура оцінки ефективності передбачає визначення економічного результату від застосування методу. Серед них є задача ранжирування, до якої зводиться широке коло економічних задач. Існують як суто розрахункові, так і розрахунково-графічні методи оцінки ефективності вирішення задач ранжирування. Серед останніх слід виділити Lift-криві та їх різновиди (Profit-криві, Gain-діаграми та ін.). Практичний сенс зіставлення ефективності моделей за допомогою Lift-кривих полягає у визначенні моделі, що дозволяє зробити найменшу кількість дій, необхідних для досягнення певного результату. Недоліком класичних Lift-кривих є неможливість їх використання для аналізу ефективності моделей ранжирування в тому випадку, якщо елементи множини дійсних рангових ознак  $trp_x$  мають не бінарну природу. У дисертації вдосконалено даний метод для забезпечення аналізу ефективності при довільній природі дійсних рангових ознак. Вираз для розрахунку ліфта при цьому:

$$lft(i) = \sum_{x=1}^i \{r \leq trp_x\}, \quad (13)$$

де  $\{r \leq trp_x\} = 1$ , якщо умова істинна, і 0 – якщо помилкова.

Метод побудови кривої ефективності ранжирування, заснований на функції (13), дозволяє забезпечити пріоритетну значущість правильного ранжирування об'єктів на початку списку. Дійсно, якщо за основний критерій ефективності моделі ранжирування прийняти площу під кривою (в частках від загальної площі графіка):

$$S_{lft} = \frac{\sum_{i=1}^n lft(i)}{n^2}, \quad (14)$$

то правильне розташування об'єкта на першому місці в ранзі збільшить загальну площу під кривою на величину  $S_{lft} = n/n^2$ , тоді як правильне розташування об'єкта на останньому місці в ранзі – тільки на величину  $S_{lft} = 1/n^2$ . Таким чином, значущість місць об'єктів у ранзі в запропонованому методі оцінки ефективності (13) убуває в арифметичній прогресії.

У четвертому розділі «**Моделі інноваційних інтелектуальних систем аналізу і обробки економічних даних**» розглянуто особливості розв'язання практичних економічних задач у різних базових постановках, запропоновано генетичні моделі обробки даних, розроблено системно-динамічні імітаційні моделі ідентифікації параметрів економічних систем.

Реалізацію різних постановок *задачі біржового спекулянта* проведено на прикладі аналізу щоденних даних про зміну курсу в валютній парі євро-фунт (EUR / GBP). Для аналізу взято дані за період із жовтня 2007 по грудень 2015 року, вибірку яких розширено із використанням методів, запропонованих у п. 3.1. Виконання біржових операцій здійснюється за стандартною моделлю, яка передбачає відкриття позиції (покупку або продаж валюти) на початку прогнозованого часового інтервалу (дня) і закриття позиції (зворотну операцію) в кінці інтервалу. Основним критерієм оцінки ефективності розв'язання задачі є дохід від операцій. Розрахунок доходу здійснюється за тестовою вибіркою, яка рівномірно розподілена по масиву даних.

Підсумки моделювання задачі валютного спекулянта у різних базових постановках наведено у табл. 5.

Таблиця 5

**Результати розрахунку ефективності біржових операцій  
по валютній парі EUR / GBP при різних базових постановках завдання**

№ з/п	Базова постановка завдання	Зроблено транзакцій (при обсязі вибірки у 214 записів)				Результат торгівлі, пунктів		
		всього	вдалих		невдалих		всього	на одну транзакцію
			абс.	%	абс.	%		
1	Регресійна	213	119	55,9	94	44,1	1177	5,53
2	Класифікаційна	29	18	62,1	11	37,9	628	21,66
3	Кластеризаційна	213	112	52,6	101	47,4	541	2,54

На підставі проведеного аналізу зроблено висновок про те, що технології вирішення задачі біржового спекулянта у регресійній та класифікаційній постановках мало відрізняються. Основна різниця виявляється в інтерпретації отриманих даних. При цьому, оскільки класифікаційна модель забезпечує кращі питомі показники, ніж регресійна, вона більше підходить для створення автоматичних торговельних систем. Водночас регресійна модель, як і кластеризаційна, забезпечує отримання прогнозу у кожному біржовому періоді, тому може бути рекомендована для створення автоматизованих систем підтримки прийняття рішень.

Відносно низькі питомі показники прибутковості було отримано у результаті розв'язання задачі біржового спекулянта у регресійній і кластеризаційній постановках. Значною мірою це обумовлено застосуванням спрощеної методики прийняття торгових рішень, яка не враховує силу прогнозованих рухів валютного курсу.

*Задача прогнозування банкрутств* у різних варіаціях є важливою для сьогодення при аналізі економічних систем. Вона пов'язана із прогнозуванням економічної неспроможності або банкрутства контрагентів. У дисертації розглянуто задачу прогнозування банкрутства комерційних банків, яка набула актуальності для економічного середовища сучасної України. Так, за період з січня 2014 по січень 2017 року кількість платоспроможних банків в Україні скоротилося майже у два рази –

з 181 до 93. Це змушує господарюючих суб'єктів і фізичних осіб бути максимально обережними при виборі партнерів у фінансовій сфері.

Дані про активи, пасиви і капітал українських банків (усього 60 статей) було взято станом на квітень 2014 року (тобто до початку масового банкрутства банків) і на жовтень 2015 року (після того, як пройшла перша хвиля банкрутств). Для дотримання порівнянності даних, відповідно до рекомендацій, даних в п. 3.1 дисертації, замість абсолютних значень взято відношення відповідних показників до сумарної величини активів банку.

$$P_{i,j-1} = \frac{S_{i,j}}{S_{i,1}}, \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{2, m}, \quad (15)$$

де  $n$  – кількість банків;  $m$  – кількість параметрів, що характеризують їх діяльність;  $s_{ij}$  – елемент матриці вхідних значень  $S$ ;  $p_{ij}$  – елемент матриці нормалізованих значень  $P$ . Перший стовпець матриці  $S$  – сума активів банку.

Процес моделювання задачі прогнозування банкрутств в регресійній постановці містить наступні етапи:

Етап 4.1. Підготовка і попередня обробка даних.

На цьому етапі інформація перетворюється зі початкового вигляду в єдиний масив даних, який нормується за допомогою формули (15) і зберігається у форматі, необхідному для подальшої обробки

Етап 4.2. Відсіювання параметрів з низькою значущістю.

Аналіз вхідної вибірки даних за (5)–(7) показує недостатність її обсягу. Тому проводиться аналіз значущості вхідних показників з метою відсіювання тих, що слабо впливають на результат.

Етап 4.3. Вибір архітектури ШНМ і аналіз результатів моделювання.

На цьому етапі розглядаються різні архітектури ШНМ з погляду на якість навчання. Основним критерієм приймається середній рівень помилки на навчальній та тестовій множинах. Оскільки результати ШНМ різної архітектури виявилися близькими, для остаточного вибору застосовано критерій спряженості результатів. Кращою, за цим критерієм, виявилася ШНМ з архітектурою 47-5-3-2, яка помилково віднесла до платоспроможних 20 банків-банкрутів з 36 (табл. 6).

Таблиця 6

**Таблиця спряженості результатів для ШНМ з архітектурою 47-5-3-2**

Фактично	Класифіковано		
	Платоспроможний	Банкрут	Всього
Платоспроможний	78	16	94
Банкрут	20	16	36
Всього	98	32	130

Розглянемо задачу прогнозування банкрутств в іншій постановці – угруповання об'єктів у межах задачі кластеризації із використанням самоорганізаційних штучних нейронних мереж Кохонена<sup>7</sup>.

У процесі моделювання Етап 4.1 і Етап 4.2 відповідають розглянутим вище, з

<sup>7</sup> Kohonen T. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition) / T Teuvo Kohonen. – New York, 2001. – 501 p.



невеликими поправками на особливості мереж Кохонена.

Етап 4.3. Вибір архітектури та навчання нейронної мережі. Оскільки інформація про банкрутство банків на вхід ШНМ Кохонена не подається, для навчання може використовуватися вся вибірка даних, яка в даному випадку містить 311 прикладів. Для відображення вибірки такого обсягу обрано розмірність мережі 4x4 і кількість кластерів 4.

Етап 4.4. Проекція на отримані карти множини даних, що характеризують банки – банкрути, аналіз результатів.

Для кожної комірки карти визначається, які банки з тих, що потрапили до нього, протягом 2014–2015 років припинили діяльність. Результати можуть бути представлені як у вигляді нової карти, так і у вигляді табл. 7.

Таблиця 7

### Розподіл банків, що припинили діяльність, по комірках карти

№ комірки	Кількість банків		частка банкрутів	№ комірки	Кількість банків		частка банкрутів
	всього	банкрутів			всього	банкрутів	
0	6	1	17%	8	2	2	100%
1	9	4	44%	9	7	0	0%
2	9	1	11%	10	19	10	53%
3	7	1	14%	11	28	10	36%
4	2	1	50%	12	19	7	37%
5	8	3	38%	13	26	15	58%
6	9	3	33%	14	10	2	20%
7	10	2	20%	15	9	0	0%

Аналіз табл. 7 показує, що як загальна кількість банків, так і кількість тих банків, що припинили роботу, в різних комірках карти суттєво відрізняється. Можна виділити надійні, і проблемні зони карти (рис. 6).

Так, до достатньо надійних (за рівнем 20 %) відносяться комірки 0, 2, 3, 7, 9, 14, 15. До проблемних – комірки 1, 4, 8, 10, 11, 12, 13 (нумерація комірок йде від 0 до 15, зліва направо та зверху донизу).

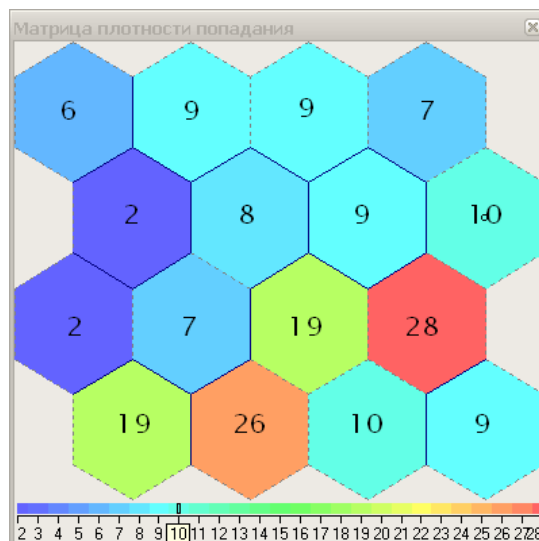


Рис. 6. Матриця щільності попадання банків в комірки карти Кохонена

Далі на вхід самоорганізаційної мережі було подано інформацію про фінансові показники Українських банків, станом на жовтень 2015 року, та зіставлений розподіл банків по карті Кохонена із фактичними даними про подальше банкрутство банків.

Виявилося, що в кластер «надійних» потрапило 52 банки, з яких тільки 7 (13,5 %) припинило свою діяльність в період з листопада 2015 до березня 2017 року. У кластер «проблемних» потрапило 68 банків, з яких 27 (40 %) припинили свою діяльність в той же період. Ще 10 банків попали в комірки 5 і 6, які за результатами попереднього аналізу неможливо віднести до жодної категорії. Таким чином таблиця спряженості результатів прогнозування банкрутств з використанням самоорганізаційної мережі Кохонена має такий вигляд (табл. 8).

З порівняльного аналізу табл. 6 та табл. 8 можна бачити, що застосування самоорганізаційних мереж дозволяє істотно знизити рівень помилкової класифікації проблемних банків як надійних. Саме ця помилка має найбільшу економічну значущість в даній задачі.

Таблиця 8

Таблиця спряженості результатів для ШНМ Кохонена

Фактично	Класифіковано		
	Платоспроможний	Банкрут	Всього
Платоспроможний	45	41	86
Банкрут	7	27	34
Всього	52	68	120

Таким чином, при прогнозуванні банкрутств комерційних банків більш вдалою є кластеризаційна постановка завдання. Хоча отримання абсолютно достовірного прогнозу у поточних економічних і політичних умовах не є можливим, запропонований метод може відігравати роль одного із індикаторів фінансової стійкості при виборі банків та інших фінансових партнерів. Отримані результати також є експериментальним доведенням твердження 3.1.

В умовах «інформаційного вибуху» збільшується актуальність методів обробки даних, що дозволяють спростити їх сприйняття, зберігання та передачу. Існуючі методи спрощення даних мають ряд недоліків, основними з яких є згладжування та втрата важливих для аналізу пікових рівнів, а також втрата деяких закономірностей в даних. Для спрощення даних в рамках реалізації процесу *спостереження* запропоновано метод *квантування за часом зі змінним кроком* та досліджено можливості застосування генетичних алгоритмів для його реалізації.

*Спрощенням* динамічного ряду назвемо таке перетворення:

$$A \rightarrow \bar{A}, \quad (16)$$

при якому

$$\bar{m} < m, \quad (17)$$

а міра відповідності ряду  $\bar{A}$  до  $A$ :

$$\Psi(A, \bar{A}) \rightarrow \max, \quad (18)$$

де  $A = \{t_i, a_i\}$ ,  $i = 1..m$  – масив, який задає послідовність даних, що утворюють початковий динамічний ряд;  $\bar{A} = \{t_i, a_i\}$ ,  $i = 1..\bar{m}$  – результуючий масив даних;  $m$  та  $\bar{m}$  – складність рядів.

Оскільки очевидним рішенням умов (16) – (18) буде ряд, що відрізняється від початкового тільки на один елемент, додамо умову мінімізації точок відліку:

$$\Theta(\bar{m}) \rightarrow \min, \quad (19)$$

де  $\Theta$  – міра складності ряду.

Функція  $\Psi$  має економічний сенс премії за відповідність рядів  $A$  і  $\bar{A}$ . При цьому відповідність виражається в збігу трендів в рядах і залежить від сили тренда.

Функція  $\Theta$  має економічний сенс штрафу за кожну точку відліку. Варіюючи розмір штрафу можна впливати на відносну складність ряду  $\bar{A}$ .

Визначення функцій  $\Psi$  і  $\Theta$  надають змогу сформулювати модель спрощення динамічних рядів, що реалізовано в системі Matlab. Вхідними параметрами програми є динамічний ряд, значення штрафу за точку відліку (ступень стиснення даних) і параметри самого генетичного алгоритму (розмір популяції, умови зупинки еволюції, ймовірність мутацій). Результати моделювання можна представити як в графічному вигляді (рис. 7), так і у вигляді значення рівня пристосованості кращої особи в популяції.

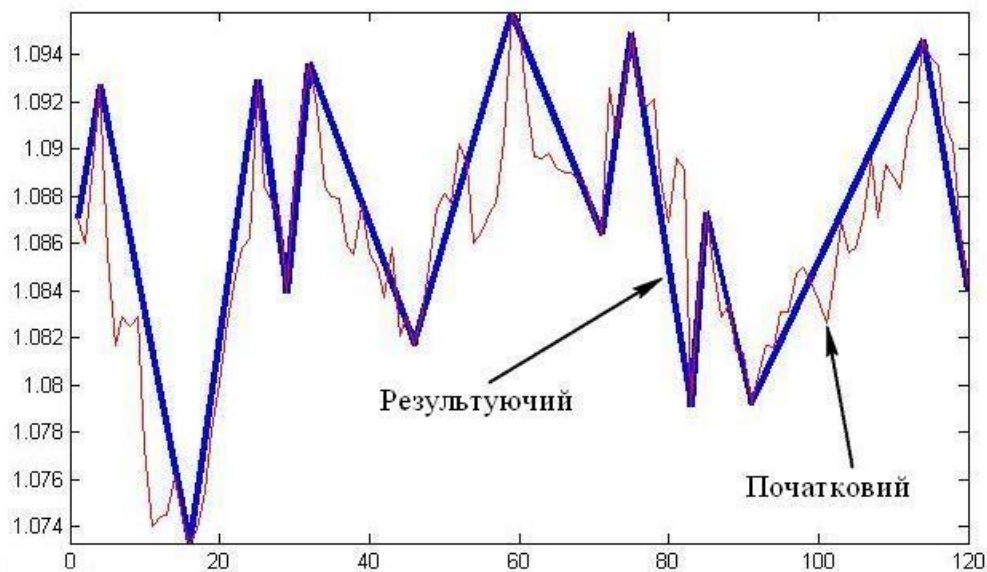


Рис. 7. Початковий і спрощений графік коливань курсу EUR / USD у січні 2016 р. при ступені стиснення  $l=0,2$  і рівні пристосованості 4,5467

Як можна побачити з рис. 7, генетичним алгоритмом було виділено основні точки перегину, загальна кількість яких скоротилася з 120 до 15.

Оскільки рішення, що знайдені при різних запусках генетичного алгоритму, можуть відрізнятися одне від одного, проведено декілька запусків, та показано, що більш ніж в 50 % випадків знайдене рішення відрізняється від найкращого менш ніж на 1 % (по рівню пристосованості).

Розглянуто використання системно-динамічних моделей в процесах **ідентифікації** таких параметрів економічних систем, як зовнішні і внутрішні фактори

ризик у банківських активних операціях. Моделювання зовнішніх факторів ризику проведено на прикладі ціноутворення на ринку житлової нерухомості, на який, згідно з даними за 2016 рік, припадає \$162 трлн світових активів. У роботі побудовано моделі причинно-наслідкових зв'язків на ринку житлової нерухомості, на підставі яких запропоновано динамічну імітаційну модель ціноутворення на ринку (рис. 8).

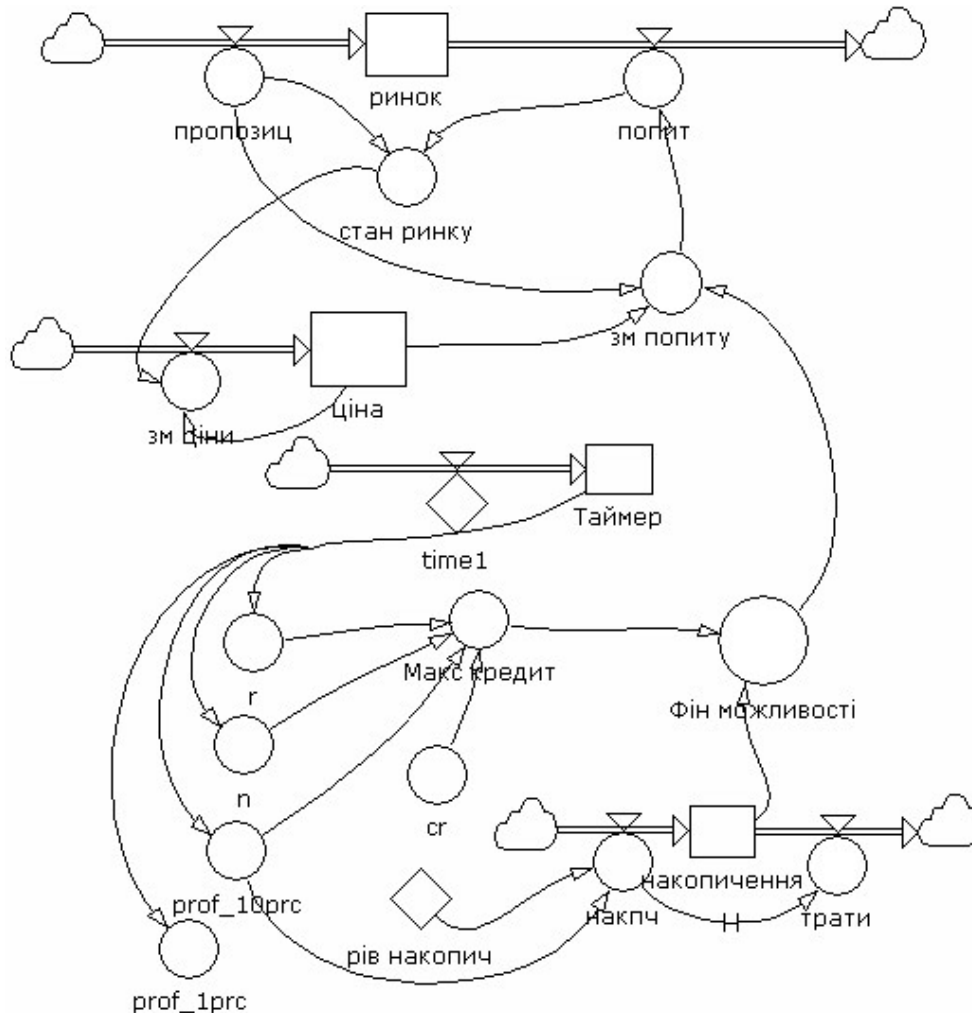


Рис. 8. Динамічна імітаційна модель ціноутворення на ринку нерухомості

Зовнішні параметри моделі, такі, як доходи населення, відсоткова ставка та термін кредитування, потрібний рівень доходів, середній рівень пропозиції на ринку встановлено на підставі даних передісторії. Особливістю моделі є урахування несиметричної поведінки продавців, які підвищують ціни швидше, ніж знижують.

Із розробленою моделлю було проведено низьку експериментів.

*Імітаційний експеримент №1* дозволив оцінити адекватність моделі. Для цього параметри моделювання було встановлено відповідно реальним даним про доходи населення у м. Київ в 2000–2015 роках. Ціни на житло за результатами експерименту №1 майже повністю співпали з реальними цінами на нерухомість за цей період (рис. 9).

*Імітаційні експерименти №2 та №3* дозволили проаналізувати розвиток ринку житлової нерухомості, за умов, що банки:

- а) взагалі не видають іпотечні кредити;
- б) кризові явища не торкнулися банківської сфери, і термін іпотечного кредитування в Україні досяг би 50 років.

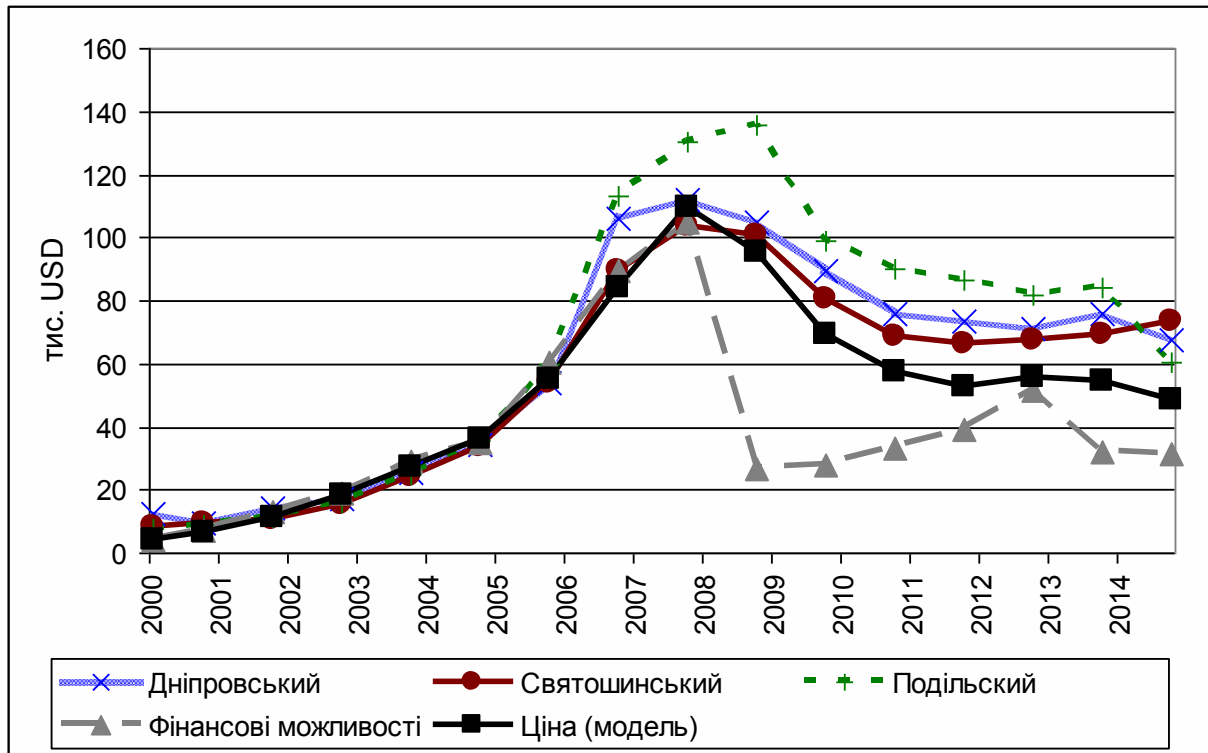


Рис. 9. Зіставлення результатів імітаційного експерименту з реальною динамікою цін на нерухомість в Києві в 2000–2015 рр. (тис. USD)

Результати проведених автором експериментів показали, що ціни на однокімнатні квартири в м. Київ у випадку а) рівномірно зростали б до рівня \$20 тис., а у випадку б) мали стабілізуватися на рівні \$120–\$130 тис., з чого також можна зробити висновок, що найсильнішим фактором ціноутворення на ринку нерухомості є банківський кредит. Це не було своєчасно враховано комерційними банками та стало однією з причин фінансової кризи 2009–2010 років.

Моделювання *внутрішніх факторів ризику* банківських активних операцій проведено на прикладі процесів реструктуризації кредитів. Запропоновано динамічну імітаційну модель (рис. 10), яка дозволяє прогнозувати наслідки зміни балансу доходів і витрат позичальника, та забезпечити підвищення ефективності процесів реструктуризації проблемної кредитної заборгованості.

Основними потоками в моделі (рис. 10) є доходи (*Profit*) і витрати (*Expenses*) бюджету сімейного. Параметри моделювання задаються за допомогою системи констант і початкових умов, основними з яких є наступні: *Starting\_profit* – початкові доходи сім'ї; *Credit* – сума платежів по кредитах; *First\_need* – витрати першої необхідності; *Other\_need* – умовно-обов'язкові витрати; *Equity* – сума наявних накопичень; *Luxury* – необов'язкові витрати.

Результати моделювання показали, що при істотному зменшенні доходів сімейного бюджету баланс доходів та витрат стає від'ємним, внаслідок інерції фінансових звичок позичальника, що призводить до припинення виплат по кредиту та його переходу у стан «проблемних» для банку (рис. 11).

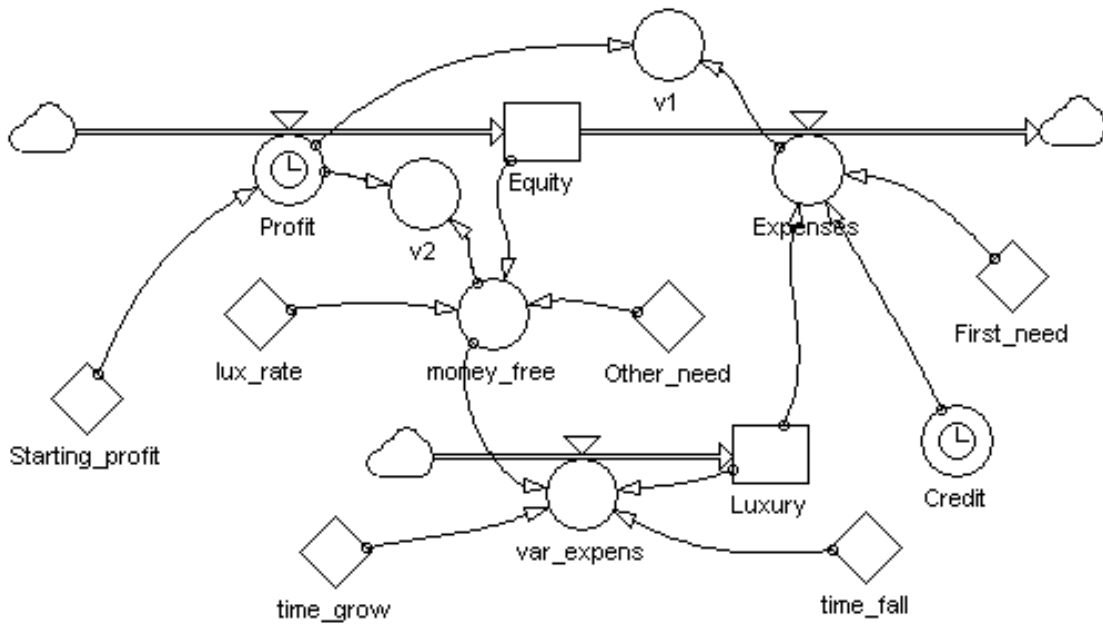


Рис. 10. Динамічна імітаційна модель сімейного бюджету з урахуванням кредитних виплат

Разом з тим запропонована модель дозволяє проаналізувати варіанти реструктуризації кредитів, зокрема тимчасового зменшення процентної ставки. Так, у розглянутому прикладі зниження кредитного навантаження на позичальника у найбільш складний період до 25 % від початкового, дозволяє практично повністю запобігти негативним наслідкам, та поступово відновити кредитні платежі до початкового розміру через 8–9 місяців.

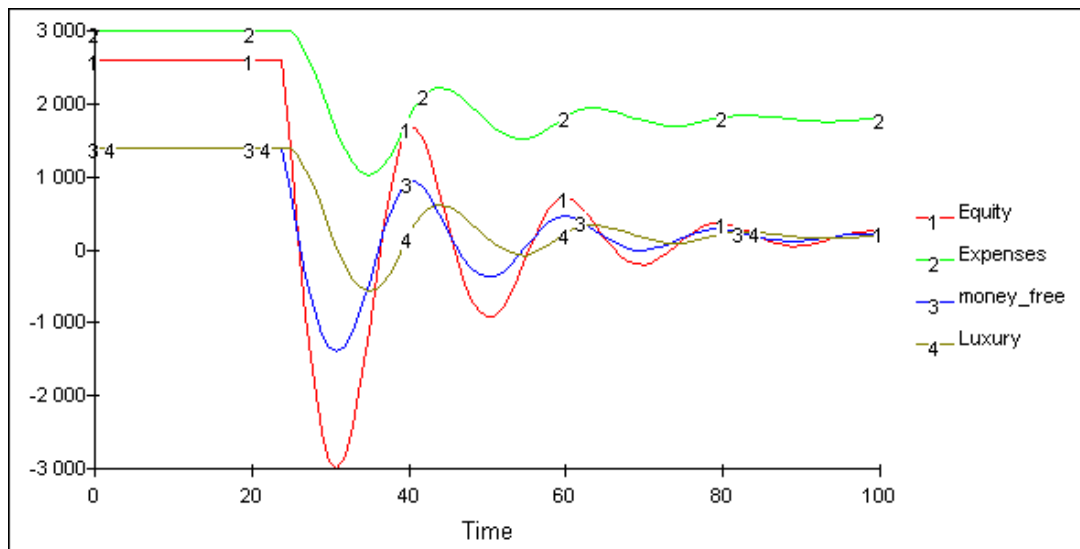


Рис. 11. Динаміка змінних моделі при  $\Delta Profit = -40\%$

У п'ятому розділі «**Реалізація моделей інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень**» обґрунтовано вибір інструментальних засобів розробки моделей інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень, здійснено прогнозування показників бюджетного процесу за допомогою інтелектуальних методів, розроблено генетичні методи оптимізації рефлексивних впливів промислових підприємств.

Для аналізу та зіставлення програмного забезпечення з попереднього аналізу

даних і моделювання нейромережевих компонентів ПСПР розглянуто програмні продукти, які є представниками головних підходів до реалізації інтелектуальних обчислень:

*Програмне забезпечення низькорівневої розробки:* мови програмування C ++, R, Python з необхідними бібліотеками.

*Програмовані системи математичного моделювання:* система Matlab є нейромережевим пакетом розширення.

*Інтерактивні програмні платформи:* аналітична платформа Deductor Studio і нейромережевий емулятор Neural Designer.

Виконано оцінювання інструментальних засобів для попереднього аналізу даних і моделювання за п'ятибальною шкалою відповідно до критеріїв К.3.2.1–К3.2.7 на умовному прикладі, який відповідає інтелектуальним обчисленням, що виконуються в даній дисертації.

Результати нечіткого зіставлення інструментальних засобів, у вигляді функцій належності оцінок наведено на рис. 12.

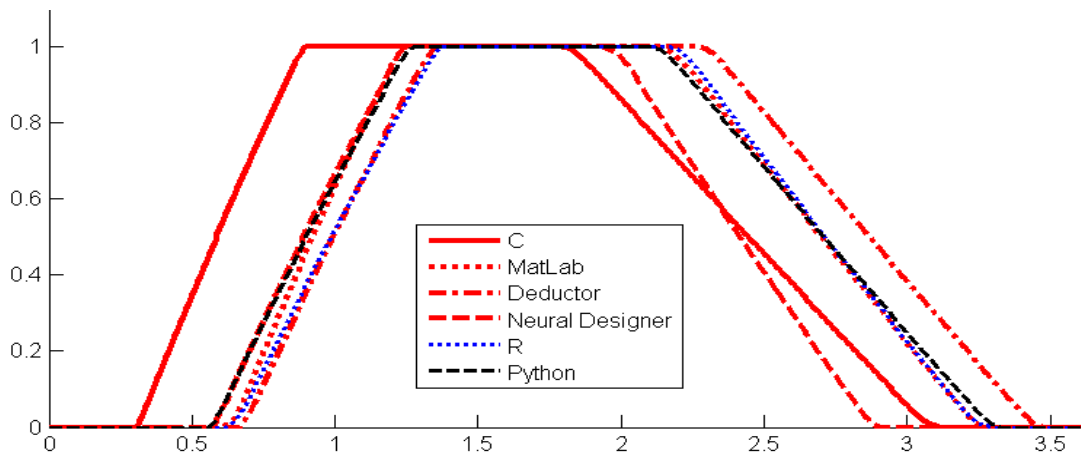


Рис. 12. Функції належності оцінок інструментальних засобів розробки ПСПР

Найбільш привабливим продуктом, таким чином, виявився Deductor Studio. З другого по четверте місця із невеликим розривом зайняли такі продукти, як R, MatLab та Python.

Аналіз програмного забезпечення з *реалізації генетичних алгоритмів* дозволив класифікувати його на такі категорії: *низькорівневе, спеціальне, вбудоване*.

*Низькорівневе* поширюється у вигляді набору процедур, що реалізують функції генетичних алгоритмів в рамках існуючих мов програмування.

До *спеціального* слід віднести реалізації генетичних алгоритмів в рамках програмованих систем математичного моделювання.

До *вбудованого* віднесено ПЗ, що створюється у вигляді доповнень до інших програмних продуктів, наприклад, до Microsoft Excel.

У дисертації проведено зіставлення з погляду трудомісткості розробки, вартості та швидкодії програмних продуктів Sugal, MatLab, Evolver, що відносяться до всіх зазначених категорій. Швидкодію перевірено через розв'язання типової задачі комівояжера до виконання умов збіжності алгоритму. За результатами тестування на ЕОМ з процесором ІР ІІ-366, найкращий час розрахунків (4 с.) показав алгоритм на базі пакету Sugal, але для нього характерна також найбільша трудомісткість. Найповільнішим (35 с.) став Evolver, але він є найпростішим в освоєнні і використанні. Компромісним за швидкістю (26 с.) та трудомісткістю є MatLab, але він

продемонстрував найкращу збіжність результатів. Таким чином, кожен із розглянутих програмних продуктів має свою нішу для використання.

Розглянуте далі прогнозування показників бюджетного процесу виконане за допомогою аналітичної платформи Deductor Studio. За мету взято пошук впливу змін макроекономічних факторів на рівень виконання державного бюджету України, який через систему причинно-наслідкових зв'язків має вплив на всі сфери національної економіки. Кореляційний аналіз зв'язку макроекономічних показників із рівнем виконання державного бюджету дозволив відсіяти дані, які мають схоже походження або незначний зв'язок із результуючими показниками. Розроблено моделі лінійної регресії та нейронних мереж і проведено їх зіставлення. Для визначення кращої моделі використано діаграми розсіювання (рис. 13).

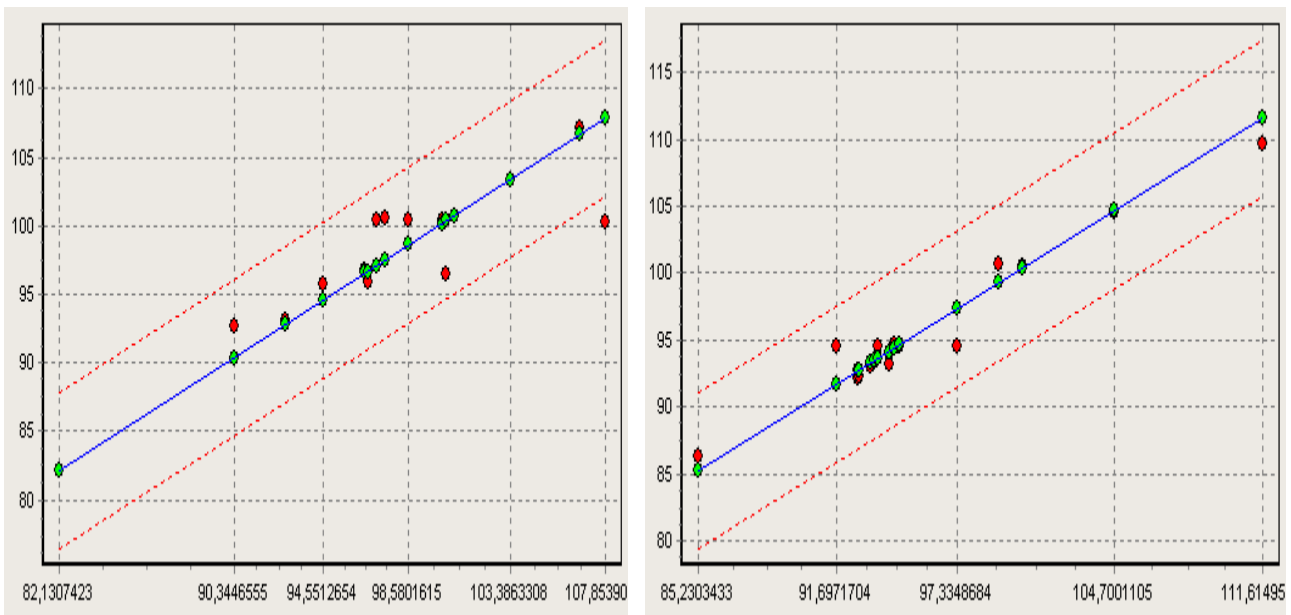


Рис. 13. Діаграми розсіювання шестифакторної нейромережевої моделі по доходах (ліворуч) та по видатках (праворуч)

Виконано прогнозування результатів виконання державного бюджету за підсумками 2015 року на підставі макроекономічних даних, станом на початок 2015 року. За прогнозом виконання державного бюджету в 2015 році складатиме в доходній частині 104,87 % (фактично – 102,88 %), а в частині видатків 94,32 % (фактично – 96,2 %). Таким чином, прогнозні показники, одержані за допомогою нейромережевої моделі, адекватні реальним даним.

Використанню *рефлексивного управління* в економіці заважає слабка поляризація вибору у об'єкта управління, оскільки поділ на «погане» і «добре», «моральне» і «аморальне» тут є нечітким, а часто неможливим без додаткової поляризації альтернатив. Отже, при рефлексивному управлінні в економіці, треба створити для суб'єкта управління такий *образ* простору вибору, в якому вигідна для керуючого суб'єкта альтернатива має найбільше переваг перед іншими.

Нехай *Керуючим суб'єктом* є *Підприємство* (S) – виробник деякої продукції. *Суб'єктом управління* є інше підприємство – потенційний *Споживач* продукції (B). *Конкурентами* (C) є підприємства – виробники аналогічної продукції. Оскільки на процедуру вибору впливають не тільки характеристики продукції, але і супутні обставини (термін поставок, умови супроводу, гарантії та ін.), доцільно розглядати не продукцію, а *Комерційні пропозиції* (КП) в цілому. Сукупність КП Керуючого суб'єкта



і Конкурентів становить простір вибору Суб'єкта управління.

Нехай Керуючому суб'єкту відомі Конкуренти у боротьбі за виконання замовлення Суб'єкта управління та характеристики їх КП. Оскільки набори цих характеристик у більшості випадків не збігаються, Суб'єкт управління змушений відмовитися від їх безпосереднього зіставлення. Замість цього здійснюється угруповання характеристик і подальше зіставлення отриманих груп.

Для реалізації генетичних алгоритмів оптимізації рефлексивних впливів промислових підприємств використано програмний пакет *Evolver*, який має переваги у табличній обробці даних.

За результатами моделювання ймовірність вибору КП підприємства з початкових 0,223 зросла до 0,855, для чого вистачило 764 ітерацій. Аналіз динаміки зміни значень функції пристосованості дозволив зробити висновок, що простір рішень задачі є плавним і добре підходить для роботи генетичного алгоритму.

Таким чином, розроблена методологія моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в економічних системах вирішує нагальну для управління економікою України проблему подолання цифрових розривів та надає можливість розв'язати проблеми підвищення ефективності функціонування економічних систем різного рівня, що відкриває нові можливості для економічного зростання.

## ВИСНОВКИ

У дисертації виконано постановку і вирішення важливої для економіки України науково-теоретичної проблеми моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами. Основні результати проведених досліджень містяться у наступних теоретичних, методологічних та організаційно-методичних положеннях.

1. Дослідження таксономії економічних задач, пов'язаних із аналізом і обробкою даних, дозволили вдосконалити та актуалізувати їх класифікацію.

2. Дослідження особливостей сучасних економічних процесів та систем дозволило обґрунтувати підходи до вибору методів їх ідентифікації серед класичних методів і інструментів математичної статистики, лінійного програмування, теорії ігор, мережевого аналізу та їм подібних, а також інноваційних інтелектуальних методів прийняття рішень.

3. Для розроблення загальної класифікаційної схеми методів інтелектуальних обчислень досліджено та систематизовано основні підходи до їх створення, що дозволило вдосконалити методи вибору інструментів розв'язання економічних задач.

4. Для зниження витрат на процес розробки інтелектуальних систем прийняття рішень удосконалено методологічний підхід до структурно-параметричного синтезу таких систем із реалізацією морфологічного методу за допомогою апарату n-дольних гіперграфів, що дозволяє врахувати обмежену придатність методів.

5. Для підвищення точності та якості управління економічними об'єктами в умовах мінливості зовнішнього середовища розроблено концепцію методології моделювання інноваційних інтелектуальних систем, у якій процес прийняття рішень зведено до сукупності процесів спостереження, моделювання, ідентифікації, оцінювання та вибору, що дозволяє звести складне завдання пошуку і прийняття рішень до набору більш простих завдань та вирішувати їх відокремлено.

6. Для формалізації процесу вибору ефективних інструментів інтелектуальних обчислень та підвищення ефективності і якості прийнятих рішень визначено поняття

базової постановки завдання та доведено необхідність зведення розв'язуваної задачі до однієї або декількох базових постановок.

7. Для формалізації процедур параметричного синтезу інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень розроблено та узагальнено методи опрацювання та відбору вхідних даних, визначення оптимальної архітектури штучних нейронних мереж і достатнього обсягу навчальної вибірки дозволило, запропоновано методи управління розмірністю даних.

8. Для зниження витрат на впровадження інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень запропоновано нечітку модель вибору оптимальних інструментальних засобів та їх оцінки, яка дозволяє ефективно аналізувати велику кількість об'єктів і критеріїв зіставлення, а також враховувати всі параметри досліджуваних продуктів.

9. Для формалізації підходів до оцінки ефективності алгоритмів і програмного забезпечення, процесів навчання, результатів аналізу та обробки даних проведено систематизацію та вдосконалення методів аналізу ефективності інтелектуальних методів розв'язання економічних задач.

10. Для вдосконалення методів оцінки ефективності ранжирування об'єктів у економічних дослідженнях запропоновано методи, які дозволяють забезпечити урахування дійсних рангових ознак довільній природи, що підвищує обґрунтованість прийнятих рішень.

11. Доведено гіпотезу про те, що результати інтелектуальних обчислень безпосередньо пов'язані із постановкою задачі шляхом моделювання задач біржового спекулянта і прогнозування банкрутств комерційних банків із застосуванням інструментарію нейронних мереж у регресійній, класифікаційній та кластеризаційній постановках.

12. Для скорочення ресурсів на зберігання та аналіз економічних даних запропоновано модель квантування за часом зі змінним кроком, яку реалізовано із застосуванням генетичних алгоритмів, що забезпечує збереження пікових значень ряду, та більш ефективно стиснення даних, у порівнянні із існуючими методами квантування.

13. Доведено доцільність застосування непрямих імітаційних методів ідентифікації параметрів економічних систем для зниження невизначеності у прийнятті рішень та підвищення їх обґрунтованості за рахунок розширення різноманітності вхідних даних.

14. Для виявлення програмних продуктів та інструментальних засобів, які за комплексом характеристик є зручнішими на різних етапах моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами, проведено їх порівняльний аналіз із застосуванням нечітких обчислень.

15. Проведено практичну реалізацію розроблених концепції та комплексу моделей і методів у діяльності підприємств та установ України, що дозволило підвищити ефективність їх діяльності. Очікуваний економічний ефект від впровадження результатів дисертації у Маріупольській філії ПАТ КБ «ПриватБанк» становить 741 тис. грн.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Монографії:*

1. Мінц О. Ю. Методологія моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в економіці: монографія / О. Ю. Мінц. – Маріуполь: ПДТУ, 2017. – 214 с. (12,44 друк. арк.).

2. Лысенко Ю. Г., Тимохин В. Н., Руденский Р. А. и др. Управление коммерческим банком: инновационный аспект // Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд. 2008. – 328 с. (18,11 друк. арк., *особисто автором* розроблено моделі прогнозування валютних ринків із використанням самоорганізаційних нейронних мереж (п. 4.2, С. 136–143); методи оцінки моделей прийняття рішень в системі міжбанківських валютних ринків (п. 4.3, С. 143–160) – всього 1,33 друк. арк.).

3. Рефлексивні процеси в економіці: концепції моделі, прикладні аспекти: монографія; під ред. Р. М. Лепи: НАН України, Ін-т економіки пром-сті. – Донецьк: АПЕКС, 2010. – 306 с. (17,61 друк. арк., *особисто автором* сформовано рефлексивний підхід до моделювання конкурентоспроможності банківських послуг із складними тарифними планами (п. 2.6, С. 163–180) – 0,55 друк. арк.).

4. Нечеткие модели и нейронные сети в анализе и управлении экономическими объектами: монография / [Ю. Г. Лысенко, Е. Е. Бизянов, А. Г. Хмелев, А. Ю. Минц и др.]; под ред. чл.-кор. НАН Украины, д-ра экон. наук, проф. Ю. Г. Лысенко. – Донецк: Юго-Восток, 2012. – 388 с. (22,55 друк. арк., *особисто автором* розглянуто розвиток штучних нейронних мереж, сформульовано та досліджено проблеми їх застосування (п. 3.1, С. 68–105); досліджено питання щодо застосування в економіці генетичних алгоритмів (п. 3.2, С. 106–135); запропоновано моделі штучних нейронних мереж для розв'язання практичних економічних задач (п. 5.4, С. 323–342) – всього 5,14 друк. арк.).

5. Рефлексивные процессы в экономике: концепции, модели, прикладные аспекты: моногр. / Р. Н. Лепа, О. Е. Кузьмин и др.; под ред. Р. Н. Лепы / НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк: АПЕКС, 2012. – Т.2 – 207 с. – (Серия «Жизнеспособные системы в экономике, вып. 3) (33,4 друк. арк., *особисто автором* розроблено моделі оптимізації рефлексивних впливів із застосуванням генетичних алгоритмів (Р. 7, С. 99–112) – 2,25 друк. арк.).

6. Имитационное моделирование экономических систем: прикладные аспекты: кол. монография / Ю. Г. Лысенко, Д. В. Беленко, В. Н. Кравченко, В. М. Берлин, А. Я. Берсуцкий, Донец. нац. ун-т; Под общ. ред. Ю. Г. Лысенко. – Донецк: НОУЛИДЖ (Донец. отд.), 2013. – 359 с. – (Жизнеспособные системы в экономике) (21,6 друк. арк., *особисто автором* сформовано імітаційні моделі фінансового стану банківських позичальників – фізичних осіб (п. 3.6, С. 231–249) – 1,1 друк. арк.).

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

7. Минц А. Ю., Петрачкова Е. Л. Генетическая модель оптимизации рефлексивных воздействий при взаимодействии предприятия с потребителями // Вісник економічної науки України. – 2006. – № 2 (10). – С. 129–134 (0,4 друк. арк., *особисто автором* розроблено генетичну модель оптимізації впливів – 0,2 друк. арк.).

8. Минц А. Ю. Оптимизация затратной части инновационных проектов // Теоретичні та практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – Збірник наукових праць. Маріуполь: ПДТУ, 2008. – С. 116–119 (0,26 друк. арк.).

9. Минц А. Ю. Моделирование процессов продвижения услуг электронного бизнеса коммерческих банков. – Новое в экономической кибернетике (сб. н. ст.);

- Донецкий нац. ун-т. // Национальная экономика: методы, модели, механизмы. – Донецк: Юго-Восток, 2009. – № 3. – С. 219–228 (0,33 друк. арк.).
10. Минц А. Ю. Формализованный метод анализа конкурентоспособности банковских платежных карт. // Вісник ПДТУ. сер.: Економічні науки: зб. наук. праць. – Маріуполь: ПДТУ, 2010. Вип. 20. – 2010. – С. 96–101 (0,44 друк. арк.).
11. Минц А. Ю., Львовский Л. Я. Нейро-скоринговый метод оценки кредитоспособности заемщиков. – Нове в економічній кібернетиці: зб. наук. ст. / під загал. ред. Ю. Г. Лисенко; Донецький нац. ун-т. – Донецьк: «Юго-Восток», 2010. – Вип. 4: Технології штучних нейронних мереж в економіці. – С. 70–79 (0,36 друк. арк., *особисто автором* запропоновано та реалізовано нейромережеві моделі кредитного скорінгу – 0,18 друк. арк.)
12. Минц А. Ю. Инструментальные средства генетического моделирования и перспективы их использования для поиска оптимальных решений экономических задач. – Нове в економічній кібернетиці: зб. наук. ст. / під загал. ред. Ю. Г. Лисенко; Донецький нац. ун-т. – Донецьк: «Юго-Восток», 2010. Вип. 4: Технології штучних нейронних мереж в економіці. – С. 79–96 (0,74 друк. арк.).
13. Минц А. Ю., Львовский Л. Я. Моделирование финансового состояния заемщиков – физических лиц в кризисных условиях. // Вісник Запорізького національного університету, № 4 (8), 2010. – С. 117–123 (0,42 друк. арк., *особисто автором* запропоновано системно-динамічну модель поведінки позичальника – 0,21 друк. арк.).
14. Минц А. Ю. Методы отбора данных для нейросетевого моделирования. // Моделювання та інформаційні системи в економіці, зб. наук. пр. – Київ: КНЕУ, 2011. Вип. 84. – 2011. – С. 256–270 (0,57 друк. арк.).
15. Минц А. Ю., Хаджинова Е. В. Современные методы анализа данных в финансово-кредитной сфере // Вісник Приазовського державного технічного університету. Сер.: Економічні науки: Зб. наук. праць. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2011. – № 2 (22). – 2011. – С. 149–156 (0,54 друк. арк., *особисто автором* розглянуто можливості сучасного програмного забезпечення для аналізу фінансово-кредитних даних – 0,27 друк. арк.).
16. Минц А. Ю. Общие вопросы постановки задач в нейросетевом моделировании // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці, наук.-аналіт. журн. – Київ: КНЕУ, 2012. – № 1. – 2012. – С. 189–206 (0,7 друк. арк.).
17. Минц А. Ю. Методы оценки эффективности решения задач ранжирования // Економічна кібернетика [Текст]: міжн. науч. журнал / ДонНУ – Донецьк: Юго-Восток, Лтд., 2012. – № 1–3 (73–75). – С. 51–56 (0,37 друк. арк.).
18. Мінц О. Ю. Моделювання процесів реструктуризації кредитів // Вісник Університету банківської справи НБУ: Зб. наук. праць. – Київ: УБС НБУ, 2012. – № 2 (14). – 2012. – С. 329–333 (0,4 друк. арк.).
19. Минц А. Ю., Хаджинова Е. В., Никонова М. И. Генетические алгоритмы оптимизации рефлексивных воздействий. // Вісник Приазовського державного технічного університету. Сер.: Економічні науки: Зб. наук. праць. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2012. – Вип. 24. – 2012. – С. 75–84 (0,48 друк. арк., *особисто автором* запропоновано генетичну модель оптимізації – 0,16 друк. арк.).
20. Минц А. Ю. Краудсорсинг, как метод решения задач в глобализованной экономике и особенности его использования в Украине / А. Ю. Минц // Вісник Приазовського державного технічного університету : зб. наукових праць / ПДТУ. – Маріуполь, 2013. – Вип. 26. – С. 85–90. – (Серія: Економічні науки) (0,32 друк. арк.).

21. Минц А. Ю. Концептуальные подходы к моделированию интеллектуальных автоматизированных систем принятия решений. / А. Ю. Минц // Нове в економічній кібернетиці : зб. наук. ст. / під загал. ред. Ю. Г. Лисенка; Донецький нац. ун-т. – Донецьк, 2014. – Вип. 3/2014. – С. 70–81 (0,64 друк. арк.).

22. Мінц О. Ю. Методи прогнозування кількості банкрутств в Україні / О. Ю. Мінц, К. Е. Беззубкова // Економіка і організація управління. – Вінниця, 2014. – № 1 (17) – 2 (18) – С. 172–179 (0,62 друк. арк., *особисто автором* запропоновано нейромережеву модель прогнозування кількості банкрутств – 0,31 друк. арк.).

23. Минц А. Ю. Концепция моделирования интеллектуальных автоматизированных систем принятия решений в управлении экономическими объектами / А. Ю. Минц // Вісник Донецького національного університету. Серія В «Економіка і право». – Вінниця, 2015. – № 1/2015. – С. 253–258 (0,69 друк. арк.).

24. Минц А. Ю. Интеллектуальные методы анализа надежности участников рынков финансовых услуг / А. Ю. Минц // Вісник Донецького університету економіки та права.: зб. наук. праць. – Артемівськ: ДонУЕП, 2015. – № 2/2015. – С. 85–90 (0,39 друк. арк.).

25. Минц А. Ю. Анализ интеллектуальных средств поддержки принятия решений в экономических задачах / А. Ю. Минц // Економіка та суспільство: Електронне наукове фахове видання. – Мукачево, 2016. – № 2/2016. – С. 784–790 (0,62 друк. арк.).

26. Минц А. Ю. Метод упрощения динамических рядов с использованием генетических алгоритмов / А. Ю. Минц // Економічний вісник запорізької державної інженерної академії. – Запорожье, 2016. – Вип. 4 (04) Часть 2, 2016. – С. 120–124 (0,44 друк. арк.).

27. Мінц О. Ю. Інтелектуальні методи прогнозування рівня виконання державного бюджету України / О. Ю. Мінц // Глобальні та національні проблеми економіки.: Електронне наукове видання. – Миколаїв, 2016. – № 12/2016. – С. 573–580 (0,5 друк. арк.).

28. Минц А. Ю. Методы синтеза структуры интеллектуальных систем принятия решений / А. Ю. Минц // Проблеми системного підходу в економіці. – Київ: НАУ, 2017. – вип. 2 (58). – 2017. – С. 158–163 (0,52 друк. арк.).

29. Минц А. Ю. Выбор программного обеспечения для решения экономических задач средствами нечеткой логики / А. Ю. Минц // Научный Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – Краматорск. – № 1 (22Е). – 2017. – С. 170–175 (0,29 друк. арк.).

***Статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав та виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз:***

30. Хаджинова О. В., Мінц О. Ю. Інвестиційний механізм у фінансовій санації підприємств // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності: Збірник наукових праць<sup>8</sup>. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2012. – Вип. 1, Т. 3. – С. 127–131 (0,37 друк. арк., *особисто автором* запропоновано інформаційне забезпечення прийняття рішень в інвестиційному механізмі підприємства – 0,18 друк. арк.).

31. Минц А. Ю. Моделирование ценообразования на рынке жилой недвижимости методами системной динамики / А. Ю. Минц // Технологический аудит и резервы производства<sup>9</sup>. – Харьков, 2016. – № 5/4 (31), 2016. – С. 39 – 45 (0,73 друк. арк.).

<sup>8</sup> Включено до міжнародних наукометричних баз Google Scholar, Index Copernicus

<sup>9</sup> Включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory,

32. Минц А. Ю. Метод определения доходов различных групп населения / А. Ю. Минц // Научный взгляд в будущее. – Выпуск 2 (2). Том 7. – Иваново: ООО «Научный мир», 2016 – С. 71–75 (0,21 друк. арк.).

33. Мінц О. Ю. Механізми формування та використання фінансів домогосподарств в Україні / Мінц О. Ю., Джамбаз Н. Ю. // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності: Зб. наук. праць<sup>10</sup>. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2017. – Вип. 15. – С. 228–233 (0,44 друк. арк., *особисто автором* розроблено та реалізовано моделі формування доходів і витрат домогосподарств – 0,22 друк. арк.).

34. Mints A. Classification of tasks of data mining and data processing in economy/ A. Mints // Baltic Journal of Economic Studies. – Vol. 3. – № 3. – Riga: Izdevnieciba «Baltija Publishing». – 2017. – P. 47–52 (0,74 друк. арк.).

35. Мінц О. Ю. Моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в економіці / О. Ю. Мінц, Ю. Г. Лисенко // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці, наук.-аналіт. журн<sup>11</sup>. – 2017. – № 6. – С. 90–141 (2,4 друк. арк., *особисто автором* розроблено моделі та методи моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень – 1,2 друк. арк.).

#### **Публікації у інших виданнях:**

36. Минц А. Ю. Информационное обеспечение принятия маркетинговых решений в сфере банковского электронного бизнеса // Тезисы докладов на международной конференции «Университетская наука 2009» – Мариуполь: ПГТУ, 2009. – С. 430–432 (0,1 друк. арк.).

37. Минц А. Ю. Львовский Л. Я. Моделирование финансового состояния заемщиков – физических лиц в условиях кризиса // Антикризисні аспекти регулювання економіки: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції 2–4 грудня 2010 р. – Х.: ФОП Павленко О. Г.; «ІНЖЕК», 2010. – С. 80–84 (0,2 друк. арк., *особисто автором* розроблено імітаційну модель поведінки позичальника – 0,1 друк. арк.).

38. Минц А. Ю., Ходова Я. А. Современные методы анализа информации в финансово-кредитной сфере // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Университетская наука 2012» – Мариуполь: ПГТУ, 2012. – С. 98–100 (0,1 друк. арк., *особисто автором* розглянуто методи та програмне забезпечення для розв'язання задач аналізу даних – 0,05 друк. арк.).

39. Минц А. Ю. Рефлексивный анализ в методологии научной и практической деятельности. // Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции «Рефлексивные процессы и управление в экономике» – Партенит: 14–17 октября 2013. – С. 71–73 (0,18 друк. арк.).

40. Минц А. Ю. Концепция моделирования интеллектуальных автоматизированных систем принятия решений / А. Ю. Минц // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): праці міжнар наук.-практ. конф., 12–15 травня 2015 р., Київ-Черкаси / МОН України, Київ. нац. ун-т імені Тараса Шевченка; наук. ред. В. Є. Снитюк. Черкаси: видавець Чабаненко, 2015. – С. 133–135 (0,15 друк. арк.).

<sup>10</sup> Включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, WorldCat

<sup>11</sup> Включено до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, CiteFactor, Ulrichsweb, Global Serials Directory, EBSCO, OAJI, ResearchBible, Google Scholar.

41. Минц А. Ю. Метод определения доходов различных групп населения [Электронный ресурс] / А. Ю. Минц // «Инновационные взгляды научной молодежи'2016»: материалы международной научной конференции (19–26 апреля 2016) – Режим доступа: <http://www.sworld.education/> (0,2 друк. арк.).

42. Минц А. Ю. Интеллектуальные методы как инструмент анализа рынка финансовых услуг / А. Ю. Минц // Соціально-економічні та правові аспекти трансформації суспільства: матеріали XX Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Бахмут, 12 травня 2016 р.). Бахмут: ДонУЕП, 2016. – С. 92–93 (0,12 друк. арк.).

43. Мінц О. Ю., Назарова М. Я. Банківський кредит, як фактор зміни цін на ринку житлової нерухомості / О. Ю. Мінц // Актуальні проблеми економіки та управління в умовах системної кризи: матеріали Всеукр. наук.-практ. конференції (м. Львів, 29 листопада 2016 р.). Львів: Львівський інститут МАУП, 2016. – Ч. 3. – С. 80–84 (0,14 друк. арк., *особисто автором* розроблено моделі причинно-наслідкових зв'язків на ринку нерухомості – 0,07 друк. арк.).

44. Минц А. Ю. Классификация задач интеллектуального анализа данных / А. Ю. Минц // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 16–18 травня 2017 р.). – Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2017. – С. 74–75 (0,09 друк. арк.).

45. Мінц О. Ю. Механізми формування та використання фінансів домогосподарств в Україні / Мінц О. Ю., Джамбаз Н. Ю. // Проблеми та перспективи розвитку економіки Донбасу і Приазов'я: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Маріуполь, 25–26 травня 2017 р.). Маріуполь: Видавництво ДВНЗ «ПДТУ», 2017. – С. 140–142 (0,18 друк. арк., *особисто автором* розроблено моделі причинно-наслідкових зв'язків – 0,09 друк. арк.).

46. Mints O. System dynamics modeling of housing price in Kiev / Oleksij Mints, Olena Khadzhinova // Сьвременни предизвикателства пред финансовата наука в променяща се Европа: международна научнопрактическа конференция (гр. Свищов, 7–8 април 2017). – Свищов, академично издателство «Ценов», 2017. – С. 582–587 (0,26 друк. арк., *особисто автором* розроблені системно-динамічні моделі формування цін ринку нерухомості – 0,13 друк. арк.).

## АНОТАЦІЯ

**Мінц О. Ю. Методологія моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень в управлінні економічними об'єктами. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. – Приазовський державний технічний університет МОН України, Маріуполь, 2017.

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної проблеми розробки й удосконалення теоретичних, концептуальних і методичних положень щодо формалізації процесів синтезу інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень для підвищення ефективності функціонування економічних систем.

Досліджено теоретичні та методологічні проблеми моделювання інноваційних інтелектуальних систем прийняття рішень, вдосконалено класифікацію задач аналізу і обробки даних в економіці, розглянуто передумови вибору методів ідентифікації складних економічних систем та здійснено аналіз інтелектуальних методів їх ідентифікації.

Розроблено та доведено до методологічного рівня методичні підходи до синтезу інтелектуальних систем прийняття рішень та концепцію їх моделювання, яка ґрунтується на комплексному використанні інтелектуальних обчислень на всіх стадіях прийняття рішень у процесах спостереження, моделювання, ідентифікації та оцінки. Для реалізації концепції розроблено генетичні моделі рішення задач обробки даних; методи відбору даних для вирішення складних економічних задач з використанням штучних нейронних мереж; методичний підхід до постановки задачі нейромережевого моделювання який перевірено при розв'язанні складних економічних задач; критерії і методи вибору інструментальних засобів інтелектуального аналізу і обробки даних; імітаційні моделі ідентифікації параметрів економічних систем; методи забезпечення порівнянності результатів при порівнянні ефективності вирішення економічних задач аналізу і обробки даних. Систематизовано методи дослідження ефективності сучасних інструментальних засобів інтелектуального аналізу і обробки даних; методи оцінки ефективності вирішення складних економічних задач.

Здійснено практичну апробацію науково-методичних підходів, моделей, методів і практичних рекомендацій.

*Ключові слова:* прийняття рішень, інтелектуальні обчислення, економічні системи, штучні нейронні мережі, генетичні алгоритми, нечітка логіка, системна динаміка, моделювання, класифікація, оптимізація.

## АННОТАЦІЯ

**Минц А. Ю.      Методология      моделирования      инновационных интеллектуальных систем принятия решений в управлении экономическими объектами. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 08.00.11 – Математические методы, модели и информационные технологии в экономике. – Приазовский государственный технический университет МОН Украины, Мариуполь, 2017.

Диссертация посвящена решению актуальной проблемы разработки и совершенствования теоретических, концептуальных и методических положений по формализации процессов синтеза инновационных интеллектуальных систем принятия решений для повышения эффективности функционирования экономических систем.

Исследованы теоретические и методологические проблемы моделирования инновационных интеллектуальных систем принятия решений, усовершенствована классификация задач анализа и обработки данных в экономике, рассмотрены предпосылки выбора методов идентификации сложных экономических систем, осуществлен анализ интеллектуальных методов их идентификации.

Разработаны и доведены до методологического уровня методические подходы к синтезу интеллектуальных систем принятия решений и концепции их моделирования, основанной на комплексном использовании интеллектуальных вычислений на всех стадиях принятия решений в процессах наблюдения, моделирования, идентификации и оценки.

В рамках предложенной концепции выделен ряд проблем, связанных с использованием искусственных нейронных сетей для решения экономических задач, среди которых выбор наиболее эффективного типа сети, определение её оптимальной архитектуры, определение достаточного объема обучающей выборки, отбор наиболее значимых входных данных, повышение разнообразия выборки. Предложены методы их решения.



Систематизированы и дополнены методы исследования эффективности интеллектуальных вычислений при решении экономических задач. При этом рассмотрены особенности оценки эффективности по отношению к различным объектам и процессам, среди которых алгоритмы и программное обеспечение, процесс обучения, методы анализа данных и обработки данных. Разработаны методы обеспечения сопоставимости результатов решения экономических задач.

Разработаны и реализованы программно критерии и методы выбора инструментальных средств интеллектуального анализа и обработки данных с использованием аппарата нечеткой логики.

Разработаны модели инновационных интеллектуальных систем анализа и обработки экономических данных. При этом проверена эффективность методического подхода к постановке задачи нейросетевого моделирования на примере решения задач принятия решений в биржевой торговле и прогнозирования вероятности банкротств коммерческих банков. Предложены генетические модели обработки данных, представленных в виде динамических рядов, позволившие существенно сократить количество точек отсчета ряда и объемы анализируемой информации. Эффективность использования системно-динамических моделей для идентификации параметров экономических систем показана на примере выявления внутренних и внешних рисков коммерческих банков.

Осуществлена практическая апробация научно-методических подходов, моделей, методов и практических рекомендаций на предприятиях и в организациях, относящихся к различным отраслям экономики Украины.

*Ключевые слова:* принятие решений, интеллектуальные вычисления, экономические системы, искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы, нечеткая логика, системная динамика, моделирование, классификация, оптимизация.

## SUMMARY

**Mints O. Y. Methodology of modeling innovative intellectual decision-making systems in the management of economic objects. – Manuscript.**

Thesis for a Doctor degree in Economic Sciences on speciality 08.00.11 – Mathematical methods, models and information technologies in economics. – Higher Educational Establishment of Ukoopspilka «Poltava University of Economics and Trade», Poltava, 2017.

The thesis is devoted to the solution of the actual problem of the development and improvement of theoretical, conceptual and methodological provisions for the formalization of the synthesis processes of innovative intellectual decision-making systems for improving the efficiency of the functioning of economic systems.

The theoretical and methodological problems of modeling innovative intellectual decision-making systems are studied, the classification of problems of analysis and data processing in the economy is improved, the prerequisites for choosing methods for identifying complex economic systems are analyzed, and intellectual methods for identifying complex economic systems are analyzed.

Methodological approaches to the synthesis of intellectual decision-making systems and the concept of their modeling based on the complex use of intelligent computing at all stages of decision-making in the processes of observation, modeling, identification and evaluation have been developed and brought to a methodological level. To implement the concept, genetic models for solving data processing problems have been developed; methods

for selecting data for solving complex economic problems using artificial neural networks; methodical approach to the formulation of the problem of neural network modeling, which is tested in solving complex economic problems; criteria and methods for selecting tools for intellectual analysis and data processing; simulation models for identifying the parameters of economic systems; methods for ensuring comparability of results when comparing the effectiveness of solving economic problems of analysis and data processing. Systematized methods of investigating the effectiveness of modern tools for intellectual analysis and data processing; methods of assessing the effectiveness of solving complex economic problems.

Practical approbation of scientific and methodological approaches, models, methods and practical recommendations is carried out.

*Keywords:* decision making, intellectual calculations, economic systems, artificial neural networks, genetic algorithms, fuzzy logic, system dynamics, modeling, classification, optimization.