

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАДИМА ГЕТЬМАНА"

Матвійчук Андрій Вікторович

УДК 519.865.7

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ
НА ПІДґРУНТІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

*Спеціальність 08.00.11 – Математичні методи, моделі
та інформаційні технології в економіці*

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора економічних наук

Київ – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі економіко-математичних методів ДВНЗ "Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана" Міністерства освіти і науки України, м. Київ

Науковий консультант: доктор економічних наук, професор
Вітлінський Вальдемар Володимирович,
ДВНЗ "Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана",
завідувач кафедри економіко-математичних методів

Офіційні опоненти: доктор економічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України
Лисенко Юрій Григорович,
Донецький національний університет,
завідувач кафедри економічної кібернетики

доктор економічних наук, професор
Клебанова Тамара Семенівна,
Харківський національний економічний університет,
завідувач кафедри економічної кібернетики

доктор економічних наук, професор
Слейко Василь Іванович,
Львівська комерційна академія,
завідувач кафедри економетрії та статистики

Захист відбудеться "_17_" січня 2008 року о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.006.06 у ДВНЗ "Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана" Міністерства освіти і науки України за адресою: 03680, м. Київ, пр. Перемоги, 54/1, ауд. 203.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДВНЗ "Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана" Міністерства освіти і науки України за адресою: 03680, м. Київ, пр. Перемоги, 54/1, ауд. 201.

Автореферат розісланий "_17_" грудня 2007 року.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, професор

О. Д. Шарапов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Україна знаходиться на етапі розвитку ринкових відносин та вдосконалення принципів і механізмів функціонування економічних систем різних рівнів. У зв'язку з тривалим проходженням перехідного періоду стає проблематичним адекватне проведення аналізу рядів статистичних даних традиційними способами в силу істотної нестационарності економічних процесів, котрі мають стохастичний характер. Для дослідження фінансово-економічних систем виявляється недостатнім використання моделей бухгалтерського обліку, оскільки до складу цих систем входять не тільки грошові потоки, але й персонал, що управляє цими потоками та вносить значну частку суб'єктивізму й невизначеності до відповідних випадкових процесів. У цих інформаційних умовах виникає особлива потреба в застосуванні поряд із статистичними підходами ще й таких методів аналізу, які базуються на отриманні якісних експертно-аналітичних оцінок даних і здійснення розрахунків на цій основі.

Тому є необхідність впровадження в економічну науку та практику нових ідей і методів щодо аналізу та прогнозування розвитку економічних систем, які базуються на повномасштабному, науково обґрунтованому врахуванні наявної інформації щодо об'єкта управління. Для підвищення адекватності моделювання та аналізу цих систем істотним є застосування методів нечіткої логіки, яка являє собою методологію та математичний апарат, що надає можливість ставити та математично-обґрунтовано розв'язувати навіть такі задачі, для яких відсутня скільки-небудь повноцінна статистика, або у випадку, коли серед інформативних факторів є лише якісні показники, забезпечуючи при цьому можливість адаптації економіко-математичних моделей до мінливих умов економіки. Для застосування моделей, побудованих на нечіткій логіці, не є обов'язковим дотримання гіпотези про відповідність нормальному розподілу або статистичну однорідність випадкових процесів, що особливо важливо для молодих ринків, які активно розвиваються, і зокрема, українського.

Важливість розробки та залучення для управління економічними системами нових методів аналізу та прогнозування обумовлюється також суттєвою невідповідністю сучасним умовам широко використовуваних класичних підходів, внаслідок чого протягом останнього десятиріччя суттєво збільшилась кількість та масштаби економічних криз по всьому світу. Відповідно, наукове дослідження присвячено розробці теоретико-методологічних положень та економіко-математичних моделей аналізу і прогнозування розвитку економічних систем із застосуванням інструментарію нечіткої логіки.

У якості прикладної області для здійснення моделювання економічних та, зокрема, фінансових систем на підґрунті розроблених у дисертації теоретико-методологічних положень обрано фінанси підприємницьких структур, фондовий ринок та систему оподаткування. Такий вибір обумовлюється важливістю підвищення ефективності функціонування економічних систем як

мікро-, так і макрорівня, що сприятиме зростанню національної економіки. Також обрані фінансово-економічні системи потребують вирішення широкого спектру задач з аналізу та прогнозування із застосуванням економіко-математичних моделей.

Проведене дослідження ґрунтується на фундаментальних працях дослідників у галузі моделювання державного сектора економіки та податкового регулювання – В. В. Вітлінського, В. М. Вовка, В. М. Гейця, В. П. Завгородного, Ю. Г. Лисенка, І. Г. Лук'яненко, І. О. Луніної, М. І. Скрипниченко, О. І. Черняка та інших; роботах із дослідження проблем у галузі фінансів підприємств – Е. Альтмана, В. Г. Белоліпецького, К. Беєрмана, І. О. Бланка, В. К. Галіцина, Г. В. Давидової, Т. С. Клебанової, М. Н. Крейніної, Г. В. Савицької, Т. В. Теплової; роботах з проблем прогнозування часових рядів – О. В. Герасименка, В. І. Єлейка, О. А. Корольова, Ю. П. Лукашина, Дж. Най та інших; фундаментальних працях дослідників у галузі моделювання на нечіткій логіці – А. Н. Борисова, Н. В. Дилигенського, Л. Заде, Н. К. Касабова, Е. Мамдані, О. О. Недосєкіна, А. П. Ротштейна, М. Сугено, Х. Циммермана та інших.

Отже, на сьогодні математичне моделювання економічних систем, зокрема із застосуванням інструментарію нечіткої логіки, активно розвивається в теоретичному та прикладному аспектах. Однак ґрунтовний аналіз фундаментальних праць згаданих дослідників та робіт інших науковців виявив низку невирішених завдань, які утворюють науковий напрямок щодо моделювання економічних систем із використанням кількісної та експертно-аналітичної інформації з забезпеченням можливості адаптації до реальних даних, що і зумовило вибір теми дисертації, її мету та завдання.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Основний зміст наукової роботи складають результати досліджень, які проводились протягом 2003-2007 років відповідно до планів науково-дослідних робіт ДВНЗ "Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана", зокрема, у рамках наукової програми "Математичне моделювання економічних систем і процесів в умовах невизначеності та конфлікту: проблеми теорії та практики" (№ держреєстрації 0106U001804). Особистий внесок автора полягає у розробці методологічного підходу до проведення аналізу фінансової стійкості підприємства та передбачення можливого банкрутства в умовах невизначеності. Автором побудовано нечіткі моделі на базі множин незалежних змінних та найбільш інформативних факторів впливу, а також виконано експерименти з передбачення банкрутств компаній та проведено аналіз їх результатів. Наукові дослідження здійснювались також відповідно до плану держбюджетної теми Вінницького національного технічного університету "Теорія трансформації сучасного ринку в Україні під впливом процесів глобалізації" (№ держреєстрації 0104U000739). Особистий внесок автора полягає в розробці дискримінантної моделі діагностики банкрутства підприємства в сучасних умовах трансформаційної економіки України та проведенні порівняльного аналізу точності передбачення банкрутств із її ви-

користанням та з застосуванням ряду інших відомих моделей. Дослідження проводились також у рамках держбюджетної теми Науково-дослідного інституту фінансового права "Розробка моделі оптимізації податкового навантаження" за напрямом "Постановка задачі оптимізації податкового навантаження по видах основних податків при розподілі бюджетних призначень в часовому та територіальному розрізі з урахуванням галузевих особливостей" (№ держреєстрації 0107U000236). Особистий внесок автора полягає в розробці низки економіко-математичних моделей (регресійної економетричної, нейромережевої та на підґрунті теорії нечіткої логіки) прогнозування бюджетних надходжень з податку на додану вартість та податку на прибуток у розрізі регіонів, а також розподілу бюджетних призначень щодо збору цих податків за регіонами.

Дослідження, проведені при підготовці дисертації, частково фінансувалися Міжнародним науковим фондом економічних досліджень академіка М. П. Федоренка при Центральному економіко-математичному інституті Російської академії наук (проект № 2004-050 "Аналіз та прогнозування розвитку економічних систем із використанням нечітких описів"). Також дослідження здійснювались в рамках проекту "Програма модернізації державної податкової служби України", де особисто автором розроблено концептуальний підхід щодо кількісного оцінювання ризику несплати податків суб'єктами господарювання та на його основі методику розподілу платників податків за черговістю для включення до плану-графіка податкових перевірок.

Мета та задачі дослідження. *Метою дослідження є розробка теоретико-методологічних положень та відповідних математичних моделей аналізу економічних систем і прогнозування фінансових показників в умовах невизначеності та ризику з застосуванням інструментарію теорії нечіткої логіки.*

Для досягнення цієї мети у дисертації поставлено та вирішено такі *задачі*:

- провести аналіз сучасного стану теорії фінансового аналізу та математичного моделювання економічних систем і процесів з метою обрання напрямів наукового дослідження;
- дослідити методологічні основи використання інструментарію нечіткої логіки для моделювання фінансово-економічних систем та обґрунтувати застосовність нечітких описів для розв'язання задач економічного аналізу й прогнозування розвитку фінансових показників;
- розробити концепцію побудови економіко-математичних моделей прогнозування фінансових показників із урахуванням встановлених закономірностей розвитку економічних систем;
- сформулювати методологічний підхід проведення комплексного аналізу фінансового стану та діагностики можливого банкрутства підприємства;
- розробити концепцію моделювання рейтингів цінних паперів, встановлених провідними консультативними агентствами;

- розробити концептуальний підхід до оцінювання ризику несплати податків та на його основі методику розподілу платників податків за черговістю для включення до плану-графіка податкових перевірок;
- побудувати багаторівневу систему оцінки конкурентоспроможності підприємства на базі синтезу методів нечіткої логіки та нейронних мереж;
- розробити на підґрунті інструментарію нечіткої логіки економіко-математичні моделі прогнозування розвитку фінансових показників, аналізу інвестиційної привабливості цінних паперів, оцінювання аксіологічної ймовірності банкрутства підприємства, оцінювання ризику несплати податків тощо;
- побудувати дискримінантну економіко-математичну модель діагностики банкрутства підприємства для порівняння ефективності з нечіткими моделями, побудованими на тому ж статистичному матеріалі;
- провести експерименти на основі комплексу розроблених алгоритмів і програмних засобів аналізу економічних систем та прогнозування розвитку фінансових показників за відомими раніше та побудованими у дисертації економіко-математичними моделями;
- розробити раціональну структуру функції належності з урахуванням результатів проведених модельних експериментів.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування економічних систем в умовах невизначеності та ризику.

Предметом дослідження є теорія та методологія економіко-математичного моделювання, аналізу та прогнозування розвитку економічних систем з застосуванням інструментарію нечіткої логіки.

Методи дослідження базуються на засадах теорії нечіткої логіки як основи для формування методології та побудови математичних моделей аналізу й прогнозування розвитку фінансово-економічних систем. Постановка задач дослідження та вибір способів їх розв'язання ґрунтувались на фундаментальних засадах теорій економічного та фінансового аналізу, фондового менеджменту. Прогнозування фінансових показників здійснювалось із урахуванням закономірностей розвитку ринку, заданих у вигляді нечітких логічних правил, встановлених на підґрунті теорії технічного аналізу та теорії хвиль Елліотта. З метою проведення ґрунтовного порівняльного аналізу, прогнозування здійснювалось також на основі класичних методів апроксимації, методів нейронних мереж тощо. Для аналізу діяльності фінансово-економічних систем в дисертаційній роботі поряд із теорією нечіткої логіки застосовані методи дискримінантного аналізу, інтервальної математики та економічної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів насамперед полягає в тому, що на відміну від відомих раніше підходів до аналізу економічних систем та прогнозування розвитку відповідних часових рядів, в роботі:

вперше:

- розроблено концепцію побудови економіко-математичних моделей ідентифікації фінансових часових залежностей та прогнозування фінансових показників із урахуванням закономірностей розвитку економічних систем, заданих на підґрунті теорії хвиль Елліотта у вигляді нечітких логічних правил;

- сформовано та обґрунтовано методологічний підхід проведення комплексного аналізу фінансового стану підприємств (установ) з використанням апарату нечіткої логіки, на основі якого побудовано економіко-математичні моделі діагностики можливого банкрутства, входними факторами яких є множини незалежних змінних та найбільш інформативних показників, що на відміну від економетричних моделей діагностики здатні здійснювати оцінювання часу до настання можливого банкрутства і тим самим знизити потенційні збитки;

- запропоновано концепцію моделювання рейтингів цінних паперів, встановлених провідними консультаційними агентствами, у відповідності до якої побудовано економіко-математичну модель оцінювання інвестиційної привабливості цінних паперів на підґрунті кількісної та якісної інформації про емітента;

- розроблено концептуальний підхід до оцінювання ризику ухилення від сплати податків, розподілу платників податків за категоріями уваги з боку органів державної податкової служби та методичку формування плану-графіка податкових перевірок, що на відміну від альтернативних підходів надають можливість враховувати експертні знання та здійснювати налаштування параметрів економіко-математичної моделі за результатами проведених перевірок;

- сформульовано методологічні положення щодо побудови багаторівневої ієрархічної системи кількісного оцінювання конкурентоспроможності підприємства на базі синтезу методів нечіткої логіки та нейронних мереж, яка передбачає одночасне проведення аналізу фінансового, виробничого станів та рівня менеджменту підприємства;

удосконалено:

- концептуальні засади щодо ідентифікації множини ключових факторів податкового ризику та набору відповідних правил прийняття рішень, які надають можливість здійснювати математично обґрунтоване оцінювання ризику ухилення від сплати податків;

- методологічні положення щодо побудови функцій належності та реалізації логічного висновку на базі економіко-математичних моделей, побудованих на підґрунті теорії нечіткої логіки, із урахуванням результатів детального аналізу проведених модельних експериментів;

дістали подальший розвиток:

- концепція розрахунку результативного показника, на підґрунті якого можна здійснити аналіз ефективності функціонування економічних систем (оцінку конкурентоспроможності, фінансового стану підприємства, кредитного рейтингу цінного паперу тощо) із застосуванням відповідних кількісних та якісних пояснюючих змінних;
- концепція побудови дискримінантної економетричної моделі діагностики банкрутства українських підприємств на основі оригінального алгоритму відбору до моделі найбільш значимих пояснюючих змінних за умови відсутності мультиколінеарності із забезпеченням високого рівня відтворення результативного показника.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості на єдиній методологічній основі математичного моделювання із застосуванням методів нечіткої логіки ставити та розв'язувати задачі аналізу та управління фінансовими активами підприємств, прогнозування курсів цінних паперів, оцінки ризиків у податковій сфері тощо. Розроблені економіко-математичні моделі, алгоритм оптимізації та програмні засоби можуть бути використані для проведення аналізу та прогнозування розвитку низки реальних фінансово-економічних систем з урахуванням як кількісних, так і якісних пояснюючих змінних. Зокрема, у відповідності до запропонованої у дисертації концепції побудовано низку економіко-математичних моделей прогнозування бюджетних надходжень у розрізі регіонів за основними видами податків та оптимізації податкового навантаження при розподілі бюджетних призначень у часовому та територіальному розрізі з урахуванням галузевих особливостей у рамках проекту "Розробка моделі оптимізації податкового навантаження" (довідка № 119 Науково-дослідного інституту фінансового права від 02.07.2007).

Практична значимість дисертації полягає також у тому, що на базі результатів проведеного дослідження можна суттєво знизити витрати на утримання податкового апарату та зменшити ризики при адмініструванні податків, зокрема ПДВ. Окремі результати досліджень, що одержані в дисертації, впроваджено у Державній податковій адміністрації (ДПА) України при побудові інформаційно-аналітичної системи органів державної податкової служби (ДПС) України на базі центрального сховища даних. Реалізовано та запроваджено у промислову експлуатацію розроблений у дисертації концептуальний підхід до оцінювання ризику несплати податків, розподілу платників податків за категоріями уваги з боку органів ДПС та формування плану-графіка податкових перевірок (акт ДПА України від 12.06.2007).

Окремі результати досліджень використовуються при викладанні курсів лекцій кафедри економіко-математичних методів ДВНЗ "Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана" по дисциплінах "Математичні моделі та методи ринкової економіки", "Економетрія", "Ризикологія" та при розробці дипломних магістерських робіт (довідка від 05.06.2007), а також курсу "Модернізація державної податкової служби України" в Інституті післядипломної освіти Національного університету державної податкової служби України (акт від 07.06.2007).

Особистий внесок здобувача полягає в одноосібно виконаному науковому дослідженні, яке відображає авторський підхід до розв'язання проблеми здійснення математично-обґрунтованого аналізу економічних систем і прогнозування розвитку фінансових показників в умовах невизначеності та ризику, який базується на інструментарії теорії нечіткої логіки. Усі наукові, практичні, розрахункові та експериментальні результати, які викладено в дисертації, одержані автором самостійно.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати досліджень, що відповідають темі докторської дисертації, доповідались та обговорювалися на: Міжнародній науково-практичній конференції "Теорія та практика управління підприємством" (м. Мінськ, Білорусь, 23-24 квітня 2003 р.); VII Міжнародній науково-технічній конференції "Контроль і управління в складних системах (КУСС-2003)" (м. Вінниця, 8-11 жовтня 2003 р.); Міжнародній науковій конференції "Проблеми гармонії, симетрії та золотого перетину в природі, науці та мистецтві" (м. Вінниця, 22-25 жовтня 2003 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції "Регіональні проблеми та перспективи розвитку сфери товарного обігу: теорія і практика" (м. Вінниця, 11-12 листопада 2003 р.); I, III та IV Регіональній науково-практичній конференції "Організаційно-правові аспекти та економічна безпека сучасного підприємництва" (м. Вінниця, 26-27 лютого 2004 р., 17 березня 2006 р., 23 березня 2007 р.); II Всеукраїнській науково-практичній конференції "Економіко-математичні методи прийняття управлінських рішень на сучасному етапі" (м. Дніпропетровськ, 24 березня 2004 р.); п'ятому всеросійському симпозиумі "Стратегічне планування та розвиток підприємств" (м. Москва, Росія, 13-14 квітня 2004 р.); XIV Міжнародній науково-практичній конференції "Формування стратегії розвитку регіону на інноваційній основі" (м. Чернівці, 13-14 травня 2004 р.); Всеукраїнській науковій конференції "Проблеми управління регіональним економічним і соціальним розвитком" (м. Рівне, 20-21 травня 2004 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції "Актуальні питання розвитку підприємництва, менеджменту та маркетингу в умовах трансформації економіки України" (м. Луцьк, 3-4 червня 2004 р.); VII та VIII Міжнародній конференції з м'яких обчислень та вимірювань (SCM) (м. Санкт-Петербург, Росія, 17-19 червня 2004 р., 27-29 червня 2005 р.); четвертій, п'ятій та сьомій Міжнародній Науковій Школі "Моделювання та аналіз безпеки і ризику в складних системах (МА БР)" (м. Санкт-Петербург, Росія, 22-25 червня 2004 р., 28 червня - 1 липня 2005 р., 4-8 вересня 2007 р.); Всеукраїнському науковому семінарі "Моделювання та ризикологія в економіці" (м. Київ, 7 червня 2005 р., 22 лютого 2006 р.); Міжнародному семінарі "Податкове моделювання" (м. Відень, Австрія, 2-6 квітня 2006 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції "Сучасні моделі і методи прогнозування соціально-економічних процесів (ПСЕП-2006)" (м. Київ, 13-14 квітня 2006 р.); семінарі представників країн-учасниць СНД на тему "Використання інформаційних ресурсів в адмініструванні ПДВ" (м. Кишинев, Молдова, 9-10 жовтня 2006 р.);

Шостій міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці" (м. Ірпінь, 31 травня - 1 червня 2007 р.).

Ряд авторських пропозицій для внесення змін до Закону України "Про податок на додану вартість" стосовно підвищення ефективності адміністрування ПДВ, а також моделі виявлення шахрайських схем з використанням податку на додану вартість були презентовані дисертантом на засіданнях Комітету з питань фінансів та банківської діяльності, Бюджетного комітету та Комітету з питань економічної політики Верховної Ради України 8, 9 та 15 листопада 2006 року, відповідно. Зазначені дослідження постійно обговорювались на засіданнях ряду міжвідомчих робочих груп та робочих груп ДПА України із розробки Податкового кодексу України, вдосконалення адміністрування податків, проведення контрольно-перевірочної роботи, оцінки ризику ухиляння від сплати податків, моделювання бюджетних надходжень, створення системи подання та комп'ютерної обробки податкової звітності, податкових накладних та реєстрів податкових накладних в електронному вигляді.

Публікації. Основний зміст роботи опубліковано у 37 друкованих наукових працях, серед яких 3 одноосібні монографії, одноосібний навчальний посібник з грифом МОН України, 21 стаття у наукових фахових виданнях, 12 публікацій у інших виданнях. Загальний обсяг публікацій складає 70,25 друк. арк., з яких особисто автору належить 68,83 друк. арк.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'ятих розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, чотирьох додатків. Дисертація викладена на 376 сторінках машинописного тексту і містить 28 рисунків на 11 сторінках та 21 таблицю на 18 сторінках. Список використаних джерел налічує 281 найменування на 27 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано об'єкт, предмет, мету та задачі дослідження, висвітлено наукову новизну та практичну цінність роботи. Також наведено відомості про особистий внесок здобувача, апробацію та впровадження результатів дисертаційної роботи, публікації. Зазначено зв'язок роботи з науковими програмами та темами.

У розділі 1 "Теоретико-методологічні основи моделювання економічних систем" показано, що протягом останнього десятиріччя на різноманітних фондових ринках як розвинутих країн, так і країн з перехідною економікою, спостерігається суттєве збільшення кількості фінансових криз та їх масштабів, що ілюструється на рис. 1. Через якісний перелом ринкових тенденцій ставиться під сумнів можливість використання ретроспективних даних для прогнозування майбутніх значень фінансових часових рядів із застосуванням класичних кількісних підходів. Констатується, що однією з головних причин тривалого кризового періоду є зростаюча неспроможність широко

розповсюджених економіко-математичних методів і моделей адекватно здійснювати аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем.

Подібна ситуація, коли визнані методи аналізу та прогнозування перестали відповідати сучасним економічним тенденціям, вимагає необхідності перегляду парадигми розвитку економічної науки та, зокрема, теорії економіко-математичного моделювання. Теоретично обґрунтовано необхідність започаткування нової парадигми, основою якої запропоновано обрати інструментарій нечіткої логіки як такий, що надає можливість здійснювати моделювання будь-яких соціально-економічних систем (навіть тих, для яких відсутня достатня статистична база, або ж у разі, коли серед інформативних факторів є лише якісні показники). Крім того, моделі, побудовані на нечіткій логіці, є адаптивними до мінливих умов економіки та не вимагають дотримання гіпотези про нормальний розподіл або статистичну однорідність відповідних випадкових процесів, що особливо важливо у сучасних умовах світової економіки (зокрема, української).

У розділі проаналізовані сучасні методологічні підходи до вирішення задач, спрямованих на підвищення обсягів залучення грошових ресурсів до національної економіки, що безпосередньо пов'язано з ефективним управлінням фінансовими активами, у тому числі на фондовому ринку або при державному регулюванні економікою. Першою складовою ефективного управління фінансами є передбачення змін фінансового стану суб'єктів господарювання шляхом прогнозування показників їх фінансово-господарської діяльності, включаючи прогнозування курсів цінних паперів. Відповідно, у першому розділі проаналізовано можливості застосування для прогнозування фінансових показників різноманітних математичних підходів, таких як класичні методи екстраполяції, середні плинні, експонентне зважування, спектральний аналіз, нейронні мережі.

Теоретично та експериментально обґрунтовано, що використання подібних підходів для прогнозування фінансових часових рядів мають певні обмеження та низьку точність передбачення прямої зміни курсу досліджуваного показника. А при проведенні інвестиційної діяльності, особливо при укладанні угод на фондовому ринку, величина прибутку значною мірою залежить саме від правильності передбаченого знака зміни курсу цінного паперу, адже гравець фондового ринку отримує прибуток здебільшого від гри на пониження-підвищення.

Відповідно, у розділі запропоновано проводити налаштування економіко-математичної моделі та здійснювати відповідне прогнозування саме на напрямках зміни курсу цінного паперу. Показано, що поширені кількісні методи ідентифікації нелінійних залежностей не пристосовані для використання експертної інформації про об'єкт дослідження у вигляді логічних правил, а також при нечітко або лінгвістично заданих параметрах об'єкта. З метою представлення цих правил у математичній формі та забезпечення можливості налаштування параметрів моделей запропоновано скористатись методами нечіткої логіки.

Друга складова ефективного управління фінансами, метою якої є визначення надійних об'єктів для інвестицій, полягає в аналізі ризиків, притаманних різним фінансовим інструментам. У зв'язку з цим набуває особливої актуальності проведення аналізу фінансового стану суб'єктів господарювання, оскільки дозволяє виявити їхні внутрішні проблеми та завчасно вжити відповідні заходи у напрямку їх усунення. Важливим він є і для потенційних інвесторів та банків-кредиторів, оскільки надає можливість уникнути зайвого ризику та, відповідно, підвищити стабільність і збалансованість економіки країни в цілому.

У розділі висвітлено окремі підходи до проведення аналізу фінансового стану компаній, які полягають у визначенні аксіологічної ймовірності банкрутства, зокрема, кількісні, якісні методи та нечітко-множинний підхід, що ґрунтується на поєднанні як кількісних, так і якісних показників. Проведено аналіз зазначених підходів та запропоновано для оцінювання фінансового стану компаній скористатись перевагами теорії нечіткої логіки як математичного апарату, що надає можливість формувати модель з урахуванням специфіки країни, періоду часу, галузі, шляхом встановлення правил логічного висновку, та здійснювати налаштування параметрів моделі на реальних кількісних та якісних показниках діяльності як фінансово-стійких компаній, так і підприємств-банкрутів.

Однак крім залучення інвестицій важливою складовою для підтримання збалансованості, відкритості економіки та раціонального розвитку країни є існування прозорої системи збору податків для наповнення бюджетів усіх рівнів. Відповідно, з'являється необхідність розробки ризикорієнтованої системи щодо викриття схем мінімізації податкових зобов'язань та ухилення платників податків від оподаткування, що полягає у створенні концептуального підходу до оцінювання показників діяльності суб'єктів господарювання для розподілу платників податків за категоріями уваги з боку органів ДПС, та на його основі методики формування плану-графіка виїзних податкових перевірок. Відповідно, в першому розділі висвітлено основні поняття, категорії, та існуючі принципи розподілу платників податків за категоріями уваги для подальшої роботи з цими платниками відповідних підрозділів податкової служби. Показано недоліки існуючого раніше підходу, обрано та обґрунтовано напрями удосконалення методики оцінювання податкових ризиків та формування плану-графіка податкових перевірок шляхом застосування методів нечіткої логіки.

У розділі 2 "**Методологічні основи застосування теорії нечіткої логіки та теорії хвиль Елліотта в моделюванні економічних систем**" розкрито сутність теорії нечіткої логіки, її базові поняття та положення, зокрема, висвітлено зміст функції належності та приведено декілька варіантів побудови цих функцій із висвітленням їхніх основних характеристик. Розкрито принципи побудови бази логічних правил прийняття рішень та відповідних математичних рівнянь.

Показано, що бази нечітких знань є зручним засобом формалізації причинно-наслідкових зв'язків "входи-вихід" об'єкта моделювання на природній мові за допомогою нечітких логічних

висловлювань. Ці вирази поєднують вхідні й вихідні показники, задані у вигляді лінгвістичних змінних з нечіткими термами. Таким чином, нечітка логіка є зручним інструментом, який дозволить економістам та фінансистам, які не є фахівцями з математичного моделювання, встановити логічні зв'язки між пояснюючими та залежними змінними у фінансово-економічних системах, користуючись виразами природної мови, та здійснити математично-обґрунтований аналіз та прогнозування розвитку цих систем.

З метою тонкої настройки баз нечітких знань, побудованих експертним шляхом, запропоновано налаштування параметрів нечітких моделей здійснювати із застосуванням методів оптимізації нейронних мереж. Висвітлено принципи оптимізації моделей, заснованих на нечіткій логіці, із використанням алгоритмів "Error Back Propagation" та "Extended Delta-Bar-Delta", а також надано рекомендації щодо застосування цих алгоритмів в залежності від виду функцій належності, на підґрунті яких модель побудовано. Таким чином, у розділі сформульовано теоретико-методологічні положення щодо побудови економіко-математичних моделей на основі методів нечіткої логіки, що здатні надати аналітику можливість науково-обґрунтованого вирішення поставлених задач.

З метою обґрунтування доцільності побудови економіко-математичних моделей на підґрунті теорії нечіткої логіки, у дисертації здійснено порівняння ефективності моделювання економічних систем із застосуванням класичних економетричних та нечітких моделей. Відповідно, запропоновано побудувати на одному й тому ж статистичному матеріалі дискримінантну модель діагностики банкрутства підприємства (подібну до Z-рахунку Альтмана) та модель на базі інструментарію нечіткої логіки, а також здійснити їх тестування на однаковій тестовій вибірці. Відповідно, у цьому розділі розкрито методологічні основи теорії дискримінантного аналізу як інструменту для побудови економіко-математичної моделі оцінювання аксіологічної ймовірності банкрутства підприємства.

Також викладено сутність методу центра ваги як інструментарію виділення діагностичних ознак до дискримінантної моделі. Теоретично обґрунтовано, що застосування методу центра ваги до виділення діагностичних ознак не забезпечує вибір найбільш інформативного фактору із кожної однорідної групи фінансових показників з точки зору оцінки схильності підприємства до банкрутства. Цей підхід забезпечує лише вибір того показника, який найкращим чином здатен репрезентувати свою групу (має найбільший сукупний зв'язок із іншими показниками у своїй групі), не зважаючи на природу вихідної змінної, яку на підставі відібраних показників необхідно буде розраховувати.

Відповідно, для відбору пояснюючих змінних при побудові дискримінантної моделі обґрунтовано необхідність розробки алгоритму виділення діагностичних ознак, в підґрунтя якого запропоновано покласти загальний дискримінантний критерій лямбда Вілкса, що показуватиме

ступінь впливу пояснюючої змінної на результат класифікації (розподіл підприємств на класи: потенційні банкрути та фінансово-стабільні компанії) із забезпеченням при цьому відсутності мультиколінеарності серед вхідних факторів моделі.

Висвітлено методологічні положення теорій технічного аналізу ринку та хвиль Елліотта. Представлено деякі різновиди базових хвильових форм, зокрема, восьмихвильову модель розвитку ринку, подовження, усікання тощо. Продемонстровано можливість застосування хвильового принципу Елліотта з метою прогнозування розвитку фінансово-економічних показників шляхом ідентифікації в ціновій кривій відомих хвильових форм. Запропоновано застосувати правила розвитку ринку з теорії хвиль Елліотта для формування бази логічних правил при побудові економіко-математичних моделей ідентифікації фінансових часових залежностей та прогнозування фінансових показників на підґрунті інструментарію нечіткої логіки.

У розділі 3 "Прогнозування фінансових показників із застосуванням інструментарію нечіткої логіки" розглянуто та проаналізовано відомі моделі прогнозування, розроблені на підґрунті теорії нечіткої логіки, та визначено напрямки проведення досліджень у даній галузі. З'ясовано, що у низці розроблених раніше нечітких моделей прогноз здійснюється шляхом подання регресійних рівнянь в нечіткій формі та подальшій обробці статистичних даних без урахування правил розвитку фінансових часових рядів.

Інші відомі моделі прогнозування на нечіткій логіці тяжіють до фундаментального аналізу ринку та потребують залучення експертів як на етапі налаштування параметрів системи, так і на етапі прогнозування, що вносить суб'єктивізм та певну незручність для її використання в щоденній торгівлі. Більше того, подібні моделі не здатні працювати лише зі статистикою та роблять прогноз із урахуванням багатьох факторів, які, в будь-якому разі, змінюються досить повільно і на їхній основі можна намагатись здійснювати прогнозування лише на великих проміжках часу для довгострокових вкладень.

Тому при побудові моделі прогнозування розвитку фінансових часових рядів запропоновано проводити формування бази знань не на основі експертних оцінок різних факторів, а з використанням правил розвитку ринку за Елліоттом, надійність яких підтверджуються десятиріччями застосування на практиці як для довгострокового, так і короткострокового прогнозування. У розділі розроблено концепцію побудови економіко-математичних моделей прогнозування напрямку й відносної величини зміни фінансово-економічного показника шляхом ідентифікації фінансових часових залежностей, заданих на основі базової восьмихвильової моделі Елліотта та деяких специфічних правил розвитку ринку, таких як подовження, усікання тощо. З метою формування набору правил розвитку фінансових показників у якості прикладу представимо на рис. 2 цінову криву згідно Елліотту, що містить по одному подовженню в кожній русійній хвилі верхнього хвильового рівня.

Для формування набору вирішальних правил у вигляді нечітких логічних висловлювань виникає потреба у формалізації вхідних та вихідної змінних, їх можливих значень. Набір значень вхідних лінгвістичних змінних позначаємо через $x_1, \dots, x_n, x_h$, а y – відповідне значення вихідної змінної.

Для оцінки лінгвістичних змінних $x_1, \dots, x_n$, які характеризують напрямок та величину зміни ціни, використовуємо єдину шкалу якісних термів. В наборі вирішальних правил всі рушійні хвилі нижнього хвильового рівня, що розвиваються вгору, позначаємо через $З$, а ті, що розвиваються вниз – через $С$. Кориговальні хвилі нижнього рівня, що спадають, позначаємо термом $ПС$, а які зростають – термом $ПЗ$. Для оцінки значень вихідної змінної y крім зазначених термів додаються ще два: $ЗС$ – значно спадає, $ЗЗ$ – значно зростає. Отримання цих термів на виході нечіткої моделі означатиме, що цінова крива підійшла до точки перегину на вищому хвильовому рівні. В дисертації запропоновано операції купівлі-продажу здійснювати якраз на піках хвиль вищих рівнів через необхідність врахування транзакційних видатків.

Змінна x_h містить інформацію стосовно стилю хвилі верхнього хвильового рівня. Вона вводиться з метою ідентифікації поточного положення ринку на ціновій кривій і може приймати одне із значень: P – хвиля рушійного стилю (такі хвилі позначаються непарними цифрами і буквами a, c, e, g, i) та K – коригувального (позначаються парними цифрами і буквами b, d, f, h). Таким чином, для прогнозування наступної зміни курсу на входи моделі подається інформація щодо поведінки курсу на восьми попередніх етапах та ще одна змінна, яка містить характеристику стилю хвилі вищого рівня.

Для опису фінансових часових залежностей формується сукупність логічних висловлювань, що ставлять у відповідність кожному можливому значенню вихідної змінної відповідні значення вхідних змінних. Представимо за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів математичну форму запису сукупності вирішальних правил, які вказують на подальше значне зростання (33) курсу фінансового показника на основі даних про його попередній розвиток:

(1)

де $\mu^{d_j}(x_1, \dots, x_8, x_h)$ – функція належності вектора вхідних змінних $\langle x_1, \dots, x_8, x_h \rangle$ до лінгвістичного терму $d_j \in \{ЗС, С, ПС, ПЗ, З, ЗЗ\}$ вихідної змінної y ;

$\mu^{a_i}(x_i)$ – функція належності змінної x_i до нечіткого терму a_i ;

$w_p^{d_j}$ – ваговий коефіцієнт p -го правила, $p = \overline{1, k_j}$, для терму d_j вихідної змінної y (є характеристикою суб'єктивної міри впевненості експерта в цьому правилі і може приймати значення від 0 до 1. Перед проведенням оптимізації параметрів системи всі ваги правил прирівнюємо до одиниці);

k_j – кількість правил у базі знань, що відповідають j -му значенню вихідної змінної u .

При проведенні аналізу функціонування розробленої системи було здійснено дослідження з визначення раціонального виду функцій належності, що здатні адекватно відтворювати фінансові часові залежності. У результаті проведення моделювання виявлено низку недоліків загальновживаних функцій належності. Зокрема, показано, що в результаті проведення логічних перетворень із використанням лінійних функцій належності (трапецієподібні чи трикутні), результатом розрахунків буде нуль, якщо серед правил прийняття рішень не буде такого, яке точно відповідає поточній ситуації. До того ж, такі функції є незручними для налаштування параметрів моделі через їхню недиференційованість.

Також показано, що після налаштування параметрів моделі, побудованої з використанням поширених диференційованих функцій належності, може виникнути ситуація, коли кількісне значення деякого показника, що відповідає падінню курсу та знаходиться між термами *ПС* та *С*, буде інтерпретоване як зростання, яке відповідає лінгвістичному терму *З*. Крім того, такі функції належності не дають змогу встановити розмір мінімальної величини коливання з метою уникнення впливу незначних цінових змін, що не досягають деякого заданого мінімального числа пунктів в одному напрямку.

Враховуючи специфіку поставленої задачі вказані недоліки є неприпустимими, оскільки тягнуть за собою можливість втрати капіталу. Адже, наприклад, прогноз падіння курсу може бути інтерпретований системою як зростання із можливістю купівлі цінних паперів у цей момент. Відповідно, у межах концепції побудови економіко-математичних моделей прогнозування в дисертації сформульовано та обґрунтовано методологічні положення щодо формування функцій належності на базі трапеції, бічні ребра якої являють собою відповідні боки квазідзвоноподібних функцій із власними параметрами, як це зображено на рис. 3.

У якості прикладу наведемо аналітичну форму запису функції належності вихідної змінної u до лінгвістичного терму C :

(2)

де $\underline{c}_{d_j}$, $\bar{c}_{d_j}$ – коефіцієнти концентрації-розтягування функцій належності лівого та правого

боків "трапеції" ($d_j \in \{3C, C, ПС, ПЗ, З, 3З\}$);

$\underline{y}_{d_j}$, $\bar{y}_{d_j}$ – координати лівої та правої границь верхньої основи "трапеції" ($d_j \in \{3C, C,$

$ПС, ПЗ, З, 3З\}$, у функції (2) $d_j = C$);

u_{min} – розмір мінімальної величини коливання (мінімальна зміна або сукупність змін курсу в одному напрямку, що враховуються при аналізі).

Функції належності типу (2) є зручними для налаштування, оскільки є диференційованими, а також дають можливість встановлення меж можливих змін фінансового показника для різних

термів, зокрема, встановлення розміру мінімальної величини коливання. Використання функцій належності такого типу суттєво прискорило швидкість та якість навчання, підвищило ефективність роботи налаштованої системи. У розділі також запропоновано алгоритм аналітико-лінгвістичної апроксимації фінансових часових рядів.

При проведенні модельних експериментів з прогнозування змін курсу фінансового показника із застосуванням розробленої системи, її навчання проводилось на часовому ряді відносних змін цін закриття індексу S&P 500 за період з 1 липня 1995 р. по 30 червня 2004 р. Перевірка якості прогнозу здійснювалась на тестовій вибірці з 1 липня 2004 р. по 1 липня 2005 р. Протягом торгового року, представленого обраною тестовою вибіркою, системою було зроблено 42 угоди, з яких 26 виявилися прибутковими. Без урахування транзакційних витрат загальна прибутковість системи склала 13,05% річних, що є досить високим показником у порівнянні з іншими торговими системами та інвестиційними альтернативами. При цьому зауважимо, що ринок протягом року був не досить привабливим – прибутковість індексу S&P 500 за цей період склала 5,8%. Зазначимо, що річна прибутковість системи до навчання на реальних даних складала лише 6,13% при 29 прибуткових угодах із 44 укладених.

Такий значний відсоток вгаданих напрямів зміни курсу як перед, так і після проведення налаштування параметрів моделі, свідчить про правильно побудований набір правил розвитку ринку, раціональне обрання теорії хвиль Елліотта в якості основи для формування бази знань та введення мінімального розміру коливання для попередньої обробки фінансового часового ряду. Оптимізація параметрів моделі на реальних значеннях фінансового показника дозволяє суттєво підвищити прибутковість укладених угод, що вказує на вдалий підхід до побудови функцій належності та формування алгоритму налаштування моделі на реальних даних.

Якщо укладати угоди з купівлі цінних паперів біржового фонду S&P 500 при кожній появі на виході моделі термів *33, 3* або *ПЗ* (тобто, всіх термів, які свідчать про подальше зростання курсу), та здійснювати продаж цінних паперів при появі термів *3С, С* та *ПС*, то прибутковість оптимізованої системи знизиться до 8,78%. Це зайвий раз підтверджує доцільність введення додаткових термів для вихідної змінної (при появі яких здійснюються операції купівлі-продажу цінних паперів), проріджування початкового фінансового часового ряду та ігнорування незначних змін курсу при проведенні прогнозування. Якщо подібне проріджування не проводити (тобто, відмовитись від введення мінімальної величини коливання), то прибутковий потенціал системи знижується до 6,11% при 35 прибуткових угодах із 56 проведених.

Ефективність роботи розробленої системи була перевірена також на часовому ряді вітчизняного фондового індексу ПФТС (Першої фондової торговельної системи). Налаштування параметрів моделі здійснювалось на даних з 1 жовтня 2002 р. по 31 вересня 2004 р. При тестуванні системи на вибірці з 1 жовтня 2004 р. по 31 вересня 2005 р. було запропоновано укласти 56 угод,

з яких 41 виявилась прибутковою. Прибутковість системи протягом тестового року склала 12,11%.

Зауважимо, що подібні результати були отримані із використанням базової моделі без її налаштування з урахуванням специфіки розвитку фондового індексу ПФТС, врахування стилю хвиль верхнього хвильового рівня, додаткового аналізу на доречність укладання угод. Проте, і без цього, система показала досить високу ефективність, що підтверджує доцільність застосування сформованих на підґрунті теорії нечіткої логіки концепції та економіко-математичних моделей ідентифікації та прогнозування розвитку фінансових показників з урахуванням встановленого набору правил із теорії хвиль Елліотта.

У розділі 4 "**Синтез статистичної та експертно-аналітичної інформації щодо аналізу економічних систем із урахуванням ризику**" показано, що при здійсненні інвестиційної діяльності крім активної стратегії, яка базується на прогнозуванні прибутковості вкладень, інвестори часто дотримуються пасивної стратегії, в якій ринок вважають непередбачуваним і за головну мету ставиться мінімізація ризиків. Подібний підхід до вибору підприємств для інвестування коштів полягає у визначенні їх конкурентоспроможності та оцінки кредитного рейтингу їхніх цінних паперів, що ґрунтуються на широкому колі фінансових показників, доступних із фінансових звітів цих компаній.

Відповідно, у розділі запропоновано концепцію моделювання кредитних рейтингів цінних паперів, встановлених провідними консультаційними агентствами, та на цій основі побудовано нечітку модель оцінки надійності цінних паперів з точки зору ймовірності невиплати відсотків або неповернення грошей за борговими зобов'язаннями. Ця модель характеризується можливістю налаштування власних параметрів за рейтингами цінних паперів, встановлених рейтинговими агентствами на підставі показників фінансової звітності позичальника з урахуванням суверенного рейтингу країни та ряду якісних факторів, таких як рівень менеджменту на підприємстві, характеристика стратегії розвитку, конкурентного середовища тощо. В результаті застосування розробленого підходу до проведення скорингу акцій отримаємо лінгвістичний опис рейтингу цінного паперу, а також характеристику якості отриманих тверджень.

У розділі також присвячено увагу такій актуальній задачі як визначення рівня конкурентоспроможності підприємства, розв'язання якої дозволяє обґрунтовано вибирати стратегічні напрями розвитку компанії та шляхи досягнення конкурентних переваг. У свою чергу, підвищення рівня конкурентоспроможності сприятиме залученню коштів на розробку нових технологій, зростанню ефективності діяльності підприємства. Розкрито сутність існуючих підходів до аналізу конкурентоспроможності підприємства та висвітлено їхні недоліки, що пов'язані із значним суб'єктивізмом у прийнятті кінцевого рішення. Із урахуванням результатів критичного аналізу розроблених раніше методик в дисертації сформульовано методологічні положення щодо побудови

багаторівневої ієрархічної системи кількісного оцінювання конкурентоспроможності підприємства на базі синтезу методів нечіткої логіки та нейронних мереж, оскільки володіють рядом незаперечних переваг.

По-перше, головною властивістю такої системи є можливість налаштування власних параметрів у відповідності до специфічних характеристик підприємства та економічного середовища, в якому воно функціонує. Застосування методів нейронних мереж дозволяє значно підвищити швидкість та якість навчання моделі. По-друге, із використанням запропонованого підходу з'являється можливість урахування встановленого набору вирішальних правил. А оскільки в даній моделі весь набір факторів впливу розподілений між узагальненими групами показників, то крім визначення рівня конкурентоспроможності, розроблена система дозволяє цілеспрямовано здійснювати аналіз фінансового, виробничого станів та рівня менеджменту підприємства.

У розділі наголошується на тому, що для ефективного соціально-економічного розвитку країни важливим є не лише залучення додаткових інвестицій до регіонів, але, навіть у більшому ступені, поповнення бюджету за рахунок податкових надходжень від зареєстрованих у цих регіонах суб'єктів господарювання. Враховуючи обмежений обсяг ресурсів податкових органів (обмеженість часу, персоналу), важливо зробити акцент на відборі таких платників податків до проведення податкових перевірок, що дозволять генерувати найбільший обсяг додаткових нарахунків та сприятимуть підвищенню обсягів добровільної сплати податків в подальшому.

Отже, у розділі приділено увагу розв'язанню задач оцінки ризику несплати податків суб'єктами господарювання, розподілу платників податків за категоріями уваги з боку органів ДПС із урахуванням їх податкової поведінки та формування плану-графіка проведення податкових перевірок. Відповідно, у розділі розроблено концептуальний підхід до оцінювання ризику ухилення від сплати податків та розподілу платників податків за категоріями уваги із застосуванням інструментарію нечіткої логіки, оскільки на відміну від інших методів класифікації він не допускає жодних обмежень характеру вхідної інформації (пояснюючі змінні можуть мати числову природу, нормативну, лінгвістичну, логічну тощо), дозволяє встановити набір правил для оцінювання ризику, надає можливість налаштування параметрів моделі із урахуванням наявної інформації. Згідно запропонованого концептуального підходу аналіз суб'єктів господарювання (СГ) з погляду оцінки ризику ухилення від сплати податків складається з таких основних етапів.

Етап 1 (Показники). Для оцінки ризику несплати податків та розподілу платників податків за категоріями уваги Y з боку органів ДПС України використовується набір факторів X_i , $i=\overline{1,n}$ (що відбираються спеціально утвореними на рівні ДПА України робочими групами із фахівців профільних структурних підрозділів), за якими можна робити висновок щодо ймовірності невиконання суб'єктами господарювання своїх податкових зобов'язань:

Етап 2 (Лінгвістичні змінні). Множина можливих значень показників X_i , $i=\overline{1,n}$, для використання в розрахунках на основі нечіткої моделі може бути складена з п'яти якісних термів: $ДН$ – дуже низький рівень показника, $Н$ – низький рівень, $С$ – середній, $В$ – високий та $ДВ$ – дуже високий рівень показника X_i , $i=\overline{1,n}$. Деякі показники, в залежності від їх природи, можуть обмежитись і меншою кількістю властивих їм лінгвістичних термів. Так, для факторів, що характеризують ризикованість платника, пов'язану з бартером, експортом/імпортом тощо, є сенс сформувати множину лише з трьох термів $\{В, Н, З\}$, які визначають відсутність експорту, низький та значний рівень експорту. А для таких факторів ризику як, наприклад, припинення подання податкових декларацій, взагалі можна обмежитись двома термами $\{I, O\}$, що засвідчують істинність та хибність даного твердження.

Множину значень вихідної лінгвістичної змінної Y , що визначає належність до певної категорії уваги, складатимуть терми: $K1$ – перша категорія уваги, яку характеризує низький ризик ухилення від сплати податків суб'єктом господарювання, $K2$ – друга категорія уваги (ризик несплати податків помірний), $K3$ – третя категорія уваги (високий рівень ризику несплати податків). Із урахуванням належності до певної категорії уваги суб'єкт господарювання буде включений до плану-графіка проведення податкових перевірок і з ним будуть працювати відповідні підрозділи податкової служби.

Етап 3 (Побудова функцій належності). Для визначення відповідності як вхідних, так і вихідної змінної до лінгвістичного терму з множини можливих значень скористаємось загально-вживаними квазідзвоноподібними функціями належності, які в аналітичній формі можна подати у вигляді:

$$\mu^{a_i^{jp}}(X_i) = \frac{1}{c} \left(\frac{b - X_i}{b - a_i^{jp}} \right)^c, \quad X_i \in [a_i^{jp}, b], \quad (4)$$

$$\mu^{d_j}(Y) = \frac{1}{c} \left(\frac{Y - a_j^{d_j}}{b - a_j^{d_j}} \right)^c, \quad Y \in [a_j^{d_j}, b], \quad (5)$$

де $\mu^{a_i^{jp}}(X_i)$ – функція належності вхідної змінної X_i лінгвістичному терму a_i^{jp} ;

$\mu^{d_j}(Y)$ – функція належності вихідної змінної Y до j -го класу (до лінгвістичного терму $d_j \in \{K1, K2, K3\}$);

m – кількість значень вихідної змінної (визначено 3 категорії уваги);

n – кількість вхідних параметрів моделі (факторів ризику);

c – коефіцієнт концентрації-розтягування функції належності;

b – координата максимуму функції ($\mu(b)=1$).

Значення функцій належності бічних термів всіх змінних за межами своїх максимумів b прирівнюються, як і в точках максимуму, до одиниці.

Етап 4 (Формування набору правил). Для побудови експертної системи формується база правил із реалізацією механізму нечіткого логічного висновку, такого, щоб на його основі можна було робити математично обґрунтовані судження про рівень ризику ухилення від сплати податків та розподіляти СГ за категоріями уваги на підставі значень відібраних для аналізу показників.

Етап 5 (Визначення категорії уваги, до якої належить СГ). Аналітична форма запису вирішального правила для віднесення платника податків до певної категорії уваги (належність до терму Y із множини $\{K1, K2, K3\}$) із застосуванням вагових коефіцієнтів та функцій належності всіх змінних має вигляд:

$$, \quad (6)$$

де w_p^{dj} – ваговий коефіцієнт p -го правила, $p=\overline{1, k_j}$, для терму $d_j \in \{K1, K2, K3\}$ вихідної змінної Y .

Система видасть рішення, що найбільше відповідає заданим показникам суб'єкта господарювання, тобто, таке рішення, для якого розраховане значення функції належності вихідної змінної $Y(6)$ буде найбільшим серед усіх інших в базі правил для встановлених значень вхідних змінних $X_i, i=\overline{1, n}$.

Етап 6 (Ранжування СГ в межах категорії уваги). В кожній категорії уваги здійснюється ранжування суб'єктів господарювання за рівнями ризику ухилення від сплати податків, які визначаються на основі кількісних значень вихідної змінної Y , розрахованих в результаті проведення операції дефаззифікації, а не на основі суб'єктивних значень індивідуальних індексів, як це здійснювалось згідно порядку, що використовувався раніше.

Етап 7 (Налаштування параметрів моделі). Таким чином, на попередніх шести етапах даного алгоритму побудовано базу нечітких знань про об'єкт ідентифікації, що відповідає етапу грубої настройки, і механізм нечіткого логічного висновку. Проте, структура моделі передбачає можливість тонкої настройки її параметрів на існуючому статистичному матеріалі, і в даному випадку ця задача вирішується шляхом застосування механізмів навчання нейронних мереж (наприклад, методу зворотного поширення помилки, адаптованого для нейронечітких мереж із диференційованими функціями належності).

У розділі 5 "Математичні моделі оцінювання аксіологічної ймовірності банкрутства підприємств" показано, що при формуванні критерію оцінки фінансового стану підприємства можна скористатися підходом, який полягає в аналізі крайньої форми прояву фінансового "нездужання" – банкрутства. Теоретично обґрунтовано, що особливості української економіки не дозволяють для передбачення банкрутства компаній механічно використовувати модель Альтмана або інші розроблені раніше для різних країн дискримінантні моделі. Відмінності в економіках України та США або інших країн настільки значні, що моделі оцінки схильності підприємств до

банкрутства в Україні повинні будуватись на іншому угрупованні показників та з відповідними параметрами.

Це зумовлює необхідність розробки нової моделі оцінювання фінансового стану та визначення схильності підприємства до банкрутства, що враховуватиме специфіку сучасної української економіки. Відповідно, у розділі побудовано дискримінантну модель аналізу фінансового стану підприємства та оцінювання аксіологічної ймовірності банкрутства, яку налаштовано на статистичних даних фінансово-стабільних та фінансово-неспроможних підприємств.

З метою побудови моделі оцінки схильності підприємства до банкрутства було сформовано базу даних із 40 фінансових звітів (форма 1 та форма 2) стабільно функціонуючих компаній України та 40 звітів підприємств-банкрутів, взятих за деякий час до початку процедури банкрутства та їх фактичної ліквідації. Після проведення первинного аналізу показників фінансово-господарської діяльності на предмет їх присутності у фінансовій звітності цих підприємств, було початково відібрано 21 коефіцієнт, що охоплюють різні групи фінансових показників: ліквідності та платоспроможності, оборотності, рентабельності, фінансової стійкості, структури капіталу тощо.

Далі набір пояснюючих змінних був перевірений на наявність мультиколінеарності з метою видалення надлишкових факторів та отримання можливості робити коректні висновки про результати взаємозв'язку залежної та пояснюючих змінних. З цією метою в дисертації був розроблений алгоритм відбору до дискримінантної моделі діагностики банкрутства найбільш значимих пояснюючих змінних за умови відсутності мультиколінеарності (яка визначалась на основі t -критерію, F -критерію та χ^2) із забезпеченням високого рівня відтворення вихідного показника, що оцінювалось загальним дискримінантним критерієм лямбда Вілкса. В результаті було отримано дискримінантну модель із власними параметрами та набором найінформативніших факторів впливу, які забезпечують найбільш чітке розмежування фінансового стану підприємств-банкрутів та фінансово-стійких компаній в умовах української економіки:

$$Z = 0,033 \cdot X_1 + 0,268 \cdot X_2 + 0,045 \cdot X_3 - 0,018 \cdot X_4 - 0,004 \cdot X_5 - 0,015 \cdot X_6 + 0,702 \cdot X_7, \quad (7)$$

де X_1 – коефіцієнт мобільності активів;

X_2 – коефіцієнт оборотності кредиторської заборгованості;

X_3 – коефіцієнт оборотності власного капіталу;

X_4 – коефіцієнт окупності активів;

X_5 – коефіцієнт забезпеченості власними оборотними засобами;

X_6 – коефіцієнт концентрації залученого капіталу;

X_7 – коефіцієнт покриття боргів власним капіталом.

Якщо із застосуванням цієї моделі для оцінки фінансового стану підприємства отримується значення Z , що є більшим за 1,104, то це свідчить про задовільний фінансовий стан та низьку ймо-

вірність банкрутства. І чим вище значення Z , тим більш стійким є положення компанії. Якщо значення Z для підприємства виявляється меншим за 1,104, то з'являється загроза виникнення фінансової кризи. Із зменшенням показника Z збільшується ймовірність банкрутства аналізованого підприємства.

Також в розділі було розроблено регресійну модель оцінювання часу, що залишився до ймовірного банкрутства підприємства. Проте, аналіз ефективності побудованої моделі виявив її непридатність для використання в реальних умовах та зумовив необхідність застосування інших методів для більш ґрунтовної оцінки фінансового стану компанії, а також для визначення часу, протягом якого компанії може загрожувати виникнення фінансової кризи.

Зауважимо, що використання дискримінантної моделі для проведення діагностування банкрутства несе ряд загроз з точки зору адекватного оцінювання фінансового стану підприємства. Так, при проведенні аналізу фінансового стану підприємства може виникнути ситуація, коли одні показники, що є в дискримінантній моделі, можуть бути дуже низькими для певного підприємства у порівнянні з їхніми "нормальними" значеннями, а інші, навпаки, зависокими, що також погано. Проте, комбінація цих показників може свідчити про стабільний фінансовий стан підприємства, оскільки є розрахунком одного інтегрованого показника на основі всіх вхідних факторів одночасно. Вирішенням даного питання може бути встановлення набору правил прийняття рішень при проведенні оцінки фінансового стану підприємств.

Урахування правил логічного висновку при проведенні аналізу ризику банкрутства можна досягти із застосуванням моделей, побудованих на основі методів нечіткої логіки. Такі моделі є більш відкритими і зрозумілими, ніж факторні, оскільки представлені у виразах природної мови. Разом з тим, вони володіють високою точністю відтворення вихідної статистики та можуть працювати навіть без налаштування на реальних даних – лише базуючись на закладених в них наборах логічних правил та встановлених параметрах функцій належності.

Отже, в дисертації розроблено методологічний підхід до проведення комплексного аналізу фінансового стану підприємства з використанням апарату нечіткої логіки та на його основі побудовано економіко-математичні моделі діагностики банкрутства. Перша модель ґрунтується на відібраних вище незалежних змінних, а алгоритм її побудови складається із таких основних етапів.

Етап 1 (Показники). Для побудови моделі діагностики банкрутства на підґрунті теорії нечіткої логіки скористаємося набором змінних X_i , $i=\overline{1,n}$, які були відібрані до дискримінантної функції (7) шляхом їх перевірки на мультиколінеарність.

Етап 2 (Лінгвістичні змінні). Для оцінки всіх показників X_i , $i=\overline{1,n}$, що характеризують фінансовий стан підприємства, формується єдина шкала якісних термів: H – низький рівень, C – середній та B – високий рівень показника X_i , x – при будь-якому значенні показника X_i . Для оці-

нки значень вихідної лінгвістичної змінної Y , що охоплює повну множину ступенів ризику банкрутства підприємства у відповідності до поточного фінансового стану, використовуються терми: H – низький, C – середній та B – високий ступінь ризику банкрутства.

Етап 3 (Побудова функцій належності). Всі квазідзвonoподібні функції належності нечітких термів як вхідних змінних X_i , $i=\overline{1,n}$, так і вихідної змінної Y , можна аналітично визначити за функціями (4), (5), де множини лінгвістичних термів складаються з елементів $\{H, C, B\}$. Значення функцій належності бічних термів H та B всіх змінних за межами своїх максимумів b прирівнюються до одиниці.

Етап 4 (Формування набору правил). Експертна система на базі нечітких знань повинна містити механізм нечіткого логічного висновку, такий, щоб можна було робити висновок про ступінь ризику банкрутства підприємства на основі всієї необхідної вихідної інформації, одержуваної від користувача. Приведемо в табл. 1 набір вирішальних правил щодо оцінювання аксіологічної ймовірності банкрутства підприємства на базі незалежних змінних.

Таблиця 1

База знань щодо оцінювання аксіологічної ймовірності банкрутства підприємства на основі множини незалежних змінних

Лінгвістичні значення показників							Вага	Вихідна змінна
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	w	Y
H	H	$-B$	$-H$	H	$-H$	C	w_1^B	B
$-B$	$-B$	H	B	$-B$	B	H	w_2^B	
x	$-B$	x	$-H$	C	C	C	w_1^C	C
H	B	x	H	C	$-H$	C	w_2^C	
x	H	C	C	H	B	H	w_3^C	
B	B	C	$-H$	B	H	H	w_4^C	
x	B	B	$-B$	$-H$	H	x	w_1^H	H
$-H$	x	C	H	B	$-B$	B	w_2^H	

Представимо за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів аналітичну форму запису вирішального правила для визначення низької ймовірності банкрутства H компанії (стабільного фінансового стану):

(8)

де μ_H – функція належності вектора вхідних змінних $X_1, \dots, X_n$ значенню d_j вихідної змінної з множини $\{H, C, B\}$;

Етап 5 (Оцінка рівня показників). Перед проведенням оптимізації параметрів моделі (або у випадку, якщо налаштування моделі здійснюватись не буде взагалі) задаються орієнтовні межі змін всіх термів кожного з показників X_i , $i=\overline{1,n}$, у відповідності до їхніх нормативних значень та шляхом порівняння даних показників із різними підприємствами у різні періоди часу.

Етап 6 (Налаштування параметрів моделі). На підґрунті наявної статистичної інформації за всіма входними факторами моделі щодо підприємств-банкрутів та фінансово-стабільних компаній здійснюється налаштування параметрів моделі із застосуванням одного з методів оптимізації нечітких нейронних мереж, наприклад, "Error Back-Propagation".

Етап 7 (Прийняття рішення). Остаточне рішення із застосуванням моделі буде таке, для якого функція належності вихідної змінної Y (6) є найбільшою для заданих значень контрольованих параметрів X_j , $j=\overline{1,n}$ (де $d_j \in \{H, C, B\}$, $n = 7$, $m = 3$, $k_1 = k_3 = 2$, $k_2 = 4$).

Отже, побудовано нечітку модель оцінки фінансового стану підприємства на основі незалежних змінних, відібраних шляхом перевірки початкового набору найбільш інформативних показників на мультиколінеарність. Проте, при переході від кількісних значень фінансових показників до лінгвістичних термів в нечітких моделях втрачається сенс мультиколінеарності. Це пов'язано з тим, що в нечіткій моделі взаємозалежність змінних не може визначатись рівнем кореляції між кількісними значеннями фінансових показників, оскільки тут для розрахунку вихідної змінної здійснюється перетворення кількісних значень входних змінних до лінгвістичних термів.

Взаємозалежність змінних не можна також визначати через коефіцієнт кореляції між порядковими номерами термів у множинах їх лінгвістичних значень. Це обумовлюється тим, що, по-перше, в загальному випадку всі терми охоплюють різні числові інтервали первісних фінансових показників, а по-друге, ці інтервали є розпливчастими і можуть змінюватись при проведенні налаштування параметрів моделі на статистичному матеріалі. Отже, в такому випадку з'являється можливість побудувати нечітку модель діагностики банкрутства на основі тих показників, які на погляд аналітика є найбільш інформативними для даної задачі, без проведення попереднього дослідження на наявність між цими показниками кореляційних зв'язків.

Відповідно, у п'ятому розділі на підґрунті розробленого методологічного підходу побудовано також модель діагностики банкрутства підприємства із застосуванням найбільш інформативних показників з точки зору оцінки фінансового стану підприємства. Всі базові параметри цієї моделі співпадають із характеристиками моделі на нечіткій логіці, наведеної вище. Проте, відрізняється набір пояснюючих змінних та, відповідно, база правил оцінки фінансового стану підприємства.

Для формування набору незалежних змінних X_i , $i=\overline{1,n}$, сформовано набір найбільш важливих на наш погляд показників оцінки фінансового стану підприємства: X_1 – рентабельність капі-

талу; X_2 – коефіцієнт оборотності активів; X_3 – коефіцієнт швидкої платоспроможності; X_4 – коефіцієнт автономії; X_5 – коефіцієнт забезпеченості власними оборотними засобами; X_6 – коефіцієнт покриття боргів власним капіталом. Подібний набір показників є одним з можливих варіантів і може формуватися експертом із урахуванням специфіки галузі та особливостей економічного середовища. Приведемо в табл. 2 набір вирішальних правил щодо оцінювання аксіологічної ймовірності банкрутства підприємства на основі зазначеної вище множини найбільш інформативних факторів.

Таблиця 2

База знань щодо оцінювання аксіологічної ймовірності банкрутства підприємства на основі множини найбільш інформативних факторів

Лінгвістичні значення показників						Вага	Вихідна змінна
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	w	Y
$-B$	H	C	x	x	$-B$	w_1^B	B
H	$-B$	H	x	H	H	w_2^B	
H	C	$-B$	$-B$	x	C	w_1^C	C
B	B	x	B	$-H$	B	w_1^H	H
C	$-H$	$-H$	$-H$	x	$-H$	w_2^H	

Прийняття рішення із застосуванням даної моделі збігається з підходом, викладеним при побудові нечіткої моделі діагностики банкрутства із застосуванням набору незалежних змінних. Розроблений методологічний підхід надає можливість формувати модель з урахуванням специфіки країни, періоду часу, галузі, шляхом встановлення правил логічного висновку, та проводити оптимізацію параметрів моделі на реальних кількісних та якісних показниках діяльності фінансово-стійких компаній та підприємств-банкрутів, що вигідно відрізняє авторський методологічний підхід від розроблених раніше аналогічних підходів.

У розділі проведено експерименти з визначення належності підприємств із тестової вибірки до одної з груп (фінансово-стабільних або потенційних банкрутів) із застосуванням розроблених раніше та авторських моделей. Результати проведеної класифікації порівнювались із реальним станом аналізованих підприємств. Показником точності класифікації моделі вважався відсоток вірного оцінювання фінансового стану підприємств на основі поточних значень фінансових показників. Зведемо до табл. 3 результати проведеного порівняльного аналізу точності передбачення банкрутств українських підприємств.

Таблиця 3

Порівняння точності передбачення банкрутств українських підприємств
із застосуванням відомих раніше та авторських моделей

Модель діагностики банкрутства	Точність класифікації серед ідентифікованих підприємств, %			Відсоток підприємств, фінансовий стан яких не було ідентифіковано, % Загальна точність	Класифікації для повної множини аналізованих підприємств, %
	підприємств-банкрутів	фінансово-стійких підприємств	загальна		
<i>Відомі раніше моделі</i>					
Альтмана (США)	54,1	54,5	54,3	11,7	47,9
Альтмана (розроблена для компаній, чиї акції не котируються на ринку)	56,8	51,5	54,3	7,1	50,4
Давидової-Белікова (Росія)	90,9	21,6	54,3	2,9	52,7
Терещенка (Україна)	15,4	100,0	67,6	51,4	32,9
<i>Розроблені в дисертації моделі</i>					
Дискримінантна	89,2	71,2	80,1	0	80,1
Нечітка на базі незалежних змінних	87,9	94,7	91,2	0	91,2
Нечітка на базі найбільш інформативних змінних	100,0	85,7	92,7	0	92,7

Як видно з табл. 3, точність передбачення банкрутств із використанням моделей, побудованих на підґрунті інструментарію нечіткої логіки, виявилась значно вищою ніж із застосуванням економетричних дискримінантних моделей. Якщо порівняти ефективність двох авторських нечітких моделей, то модель, побудована на основі найбільш інформативних показників, продемонструвала більш точний загальний прогноз за всією групою аналізованих підприємств, ніж модель, що базується на незалежних змінних. Проте, що набагато важливіше, значно знизилась саме альфа-помилка класифікації (частка фінансово-неспроможних підприємств, які класифіковано як стійкі), а якщо точніше – взагалі зникла, хоча трохи збільшилась бета-помилка.

При проведенні модельних експериментів було оптимізовано параметри системи та уточнено базу вирішальних правил, а також підтверджено можливість побудови нечіткої моделі на основі показників, які в числовому вигляді мають мультиколінеарний зв'язок між собою. Зауважимо, що результати експериментів показали, що із застосуванням моделей, побудованих на основі нечіткої логіки, вдається з достатньо високою точністю визначити час, протягом якого банк-

рутство може відбутись. Результати проведеного аналізу підтверджують доцільність використання розробленого методологічного підходу на підґрунті теорії нечіткої логіки з метою здійснення комплексного оцінювання фінансового стану та діагностики банкрутства підприємств (установ).

ВИСНОВКИ

У дисертації розроблено теоретико-методологічні положення математичного моделювання, аналізу та прогнозування розвитку економічних систем з метою підвищення ефективності функціонування цих систем в умовах невизначеності та нестаціонарності економічних процесів. Проведене наукове дослідження дало змогу сформулювати наступні висновки:

1. Проведений аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку світової та вітчизняної економіки дозволив дійти висновку, що можливість адекватного моделювання економічних систем на базі поширених кількісних підходів викликає значні сумніви через наявність низки проблем, пов'язаних із суттєвою нестаціонарністю відповідних випадкових процесів. Показано, що однією з головних причин збільшення кількості та масштабів фінансових криз є зростаюча неспроможність широко розповсюджених економіко-математичних методів і моделей адекватно здійснювати аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем.

2. Теоретично обґрунтовано концептуальні та методологічні положення моделювання та аналізу економічних систем на підґрунті теорії нечіткої логіки, які здатні підвищити ефективність прийняття рішень в умовах браку достовірної статистичної інформації та за відсутності стаціонарності у відповідних часових рядах. Обраний інструментарій дозволяє у розрахунках поряд із кількісними фінансовими показниками враховувати ще й якісні експертно-аналітичні оцінки даних та встановлені правила прийняття рішень.

3. Розроблена концепція побудови економіко-математичних моделей на підґрунті теорії нечіткої логіки надала можливість проведення ідентифікації фінансових часових залежностей та прогнозування розвитку фінансово-економічних показників у відповідності до встановленого набору правил з теорії хвиль Елліотта. Показано, що подібний підхід є ефективним як для довгострокового, так і короткострокового прогнозування, та володіє здатністю налаштування параметрів економіко-математичної моделі у відповідності до реального часового ряду обраного показника.

4. Проведений в роботі аналіз існуючих методів діагностики банкрутства та оцінки фінансового стану підприємства зумовив необхідність розробки нового методологічного підходу здійснення комплексного фінансово-економічного аналізу підприємства (установи) із застосуванням інструментарію нечіткої логіки, що надає можливість формувати економіко-математичну модель з урахуванням специфіки країни, періоду часу, галузі, шляхом встановлення правил логічного висновку, та проводити оптимізацію параметрів моделі на реальних кількісних та якісних показниках

діяльності як стабільних, так і фінансово-неспроможних підприємств. На відміну від економетричних дискримінантних моделей діагностики банкрутства, моделі на нечіткій логіці можуть базуватись на тих пояснюючих змінних, які в числовому вигляді мають мультиколінеарний зв'язок між собою. Розроблені в роботі нечіткі моделі на базі множин незалежних змінних та найбільш інформативних показників крім кластеризації підприємств за двома класами – фінансово-стійкі та потенційні банкрути – здатні також здійснювати оцінювання часу до настання можливого банкрутства.

5. Побудована економіко-математична модель оцінки надійності цінних паперів з точки зору ймовірності невиклати відсотків або неповернення грошей за борговими зобов'язаннями у відповідності до запропонованої у дисертації концепції дозволяє враховувати всю необхідну для аналізу інформацію про емітента як кількісного, так і якісного характеру (оскільки в її підґрунтя закладено інструментарій теорії нечіткої логіки). Концептуально передбачена можливість налаштування параметрів моделі на реальних даних стосовно рейтингів цінних паперів, встановлених провідними рейтинговими агентствами.

6. Розроблений на підґрунті нечіткої логіки концептуальний підхід до оцінювання ризику ухилення суб'єктом господарювання від сплати податків на відміну від інших альтернативних підходів передбачає можливість урахування будь-якої вхідної інформації (пояснюючі змінні можуть мати числову природу, нормативну, лінгвістичну, логічну тощо), дозволяє встановити набір правил для оцінювання ризику та розподілу платників податків за категоріями уваги з боку органів державної податкової служби, надає можливість провести налаштування параметрів економіко-математичної моделі за результатами проведених податкових перевірок.

7. Сформульовано методологічні положення щодо побудови багаторівневої ієрархічної системи аналізу конкурентоспроможності підприємства на основі синтезу методів теорії нечіткої логіки та нейронних мереж. Застосування методів нейронних мереж дозволяє сконструювати ієрархічну багаторівневу систему та значно підвищити швидкість та якість налаштування її параметрів. Оскільки в розробленій економіко-математичній моделі весь набір факторів впливу розподілений між узагальненими групами показників, то крім визначення рівня конкурентоспроможності компанії розроблена система дозволяє цілеспрямовано здійснювати аналіз фінансового, виробничого станів та рівня менеджменту підприємства.

8. Проведений аналіз використання різноманітних кількісних методів екстраполяції (включаючи методи нейронних мереж) виявив низьку точність передбачення напрямку зміни фінансового показника – лише трохи більшою п'ятдесяти відсотків. Оскільки для інвестора (особливо для учасника торгів на фондовому ринку) важливим є максимізація прибутку, то запропоновано проводити налаштування параметрів економіко-математичної моделі та робити відповідний прогноз саме на напрямках змін курсів цінних паперів.

9. У межах концепції побудови економіко-математичних моделей ідентифікації фінансових часових залежностей та прогнозування фінансових показників розроблено методику розпізнавання початку і кінця хвиль Елліотта, сформовано базу нечітких логічних висловлювань та набір аналітичних логічних рівнянь з використанням ряду специфічних правил розвитку хвиль Елліотта, таких як подовження, усікання тощо. Із застосуванням запропонованого алгоритму аналітико-лінгвістичної апроксимації фінансових часових рядів вдається визначити напрям та величину зміни досліджуваного фінансового показника у вигляді терму з множини можливих значень вихідної змінної по заданому вектору значень вхідних змінних та сформованій матриці знань.

10. Теоретичне узагальнення результатів проведення модельних експериментів дозволило виявити ряд суттєвих недоліків широко застосовуваних функцій належності як на етапі навчання, так і на етапі експлуатації економіко-математичної моделі. Зокрема показано, що із застосуванням таких функцій належності як трапецієподібна чи трикутна виходом нечіткої моделі буде нуль, якщо серед правил прийняття рішень не буде такого, яке точно відповідає вектору значень вхідних змінних, що у загальному випадку є некоректним.

11. Сформульовано методологічні положення щодо побудови функції належності, яку запропоновано сконструювати на базі трапеції, бічні ребра якої є відповідними боками квазідзвоноподібних функцій із власними параметрами. Ці функції належності є зручними для налаштування, оскільки є диференційованими, а також надають можливість встановлення меж змін для різних термів, зокрема, встановлення мінімальної величини коливання з метою уникнення впливу незначних цінових змін. Використання функцій належності такого типу значно прискорило швидкість та якість навчання (дозволило суттєво зменшити похибку навчання), підвищило прибутковість оптимізованої системи.

12. Показано, що вагові коефіцієнти в Z-згортці (наприклад, у моделі Альтмана діагностики банкрутства підприємства), побудованій з використанням методів дискримінантного аналізу, та граничні нормативи результативного показника значно відрізняються не тільки залежно від країни, але й від року в межах однієї країни. Відповідно, з метою проведення порівняльного аналізу ефективності передбачення банкрутств із застосуванням нечітких та класичних економетричних моделей, в роботі вирішено побудувати дискримінантну модель діагностики банкрутства підприємства на тому ж статистичному матеріалі, що і моделі, розроблені в дисертації на підґрунті теорії нечіткої логіки. При побудові моделі набір пояснюючих змінних був перевірений на наявність мультиколінеарності з метою видалення надлишкових факторів та отримання можливості робити коректні висновки про результати взаємозв'язку залежної та пояснюючих змінних. В результаті було отримано дискримінантну модель із власними параметрами та набором найінформативніших факторів впливу, що забезпечують адекватне розмежування підприємств-банкрутів та фінансово-стійких компаній в умовах української економіки.

13. Сформований концептуальний підхід до оцінювання ризику несплати податків надав підґрунтя для розробки методики та відповідної економіко-математичної моделі розподілу платників податків за черговістю для включення до плану-графіка проведення податкових перевірок. Побудована модель характеризується властивостями гнучкості, надійності, доступності сприйняття, логічності, універсальності щодо розширення. Крім того, із застосуванням розробленої моделі всі суб'єкти господарювання автоматично ранжуються у категоріях уваги на основі кількісних значень вихідної змінної, яка характеризує ризик ухиляння від сплати податків. Побудована в дисертації економіко-математична модель реалізована в інформаційно-аналітичній системі органів державної податкової служби та використовується при щоквартальному формуванні плану-графіка проведення податкових перевірок, а розроблена методика затверджена відповідними нормативними документами ДПА України.

14. Отримані в дисертації теоретико-методологічні положення було перевірено на базі побудованих економіко-математичних моделей. Аналіз результатів проведених експериментів із використанням розроблених систем демонструє їх високу ефективність у порівнянні з існуючими на сьогодні альтернативними підходами та підтверджує доцільність застосування інструментарію нечіткої логіки для побудови економіко-математичних моделей.

15. Відповідно, в роботі запропоновано новий науковий напрямок, що полягає у розробці низки концептуальних та методологічних положень щодо системного моделювання фінансово-економічних систем і процесів та відповідного економіко-математичного інструментарію. Застосування цього інструментарію підвищує обґрунтованість рішень при управлінні економічними системами різних рівнів, що сприятиме розвитку української економіки в цілому. Запропонований новий напрямок створює методологічну основу та відкриває простір для подальших досліджень з математичного моделювання економічних систем в умовах невизначеності та ризику на підґрунті теорії нечіткої логіки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії, навчальні посібники:

1. Матвійчук А. В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: Монографія.– К.: КНЕУ, 2007.– 264 с. (15,35 друк. арк.)
2. Матвійчук А. В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки: Монографія.– К.: Центр навчальної літератури, 2005.– 206 с. (12,30 друк. арк.)
3. Матвійчук А. В. Економічні ризики в інвестиційній діяльності: Монографія.– Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.– 205 с. (11,04 друк. арк.)

4. Матвійчук А. В. Аналіз і управління економічним ризиком: Навч. посібник / МОН.– К.: Центр навчальної літератури, 2005.– 224 с. (14,00 друк. арк.)

У наукових фахових виданнях:

5. Матвійчук А.В. Прогнозування розвитку фінансових часових рядів на базі восьмихвильової моделі Елліотта // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки.– 2003.– Вип. 9.– С. 117-123. (0,58 друк. арк.)

6. Матвійчук В. А., Матвійчук А. В., Пентюк І. К. Аналіз конкурентоспроможності підприємств із використанням нечітких описів // Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції.– Луцьк, 2004.– Вип. X.– № 1-2.– С. 275-282. (0,40 друк. арк., особисто автором розроблено методологічний підхід та економіко-математичну модель аналізу конкурентоспроможності підприємства із використанням апарату нечіткої логіки – 0,20 друк. арк.)

7. Матвійчук А. В. Комплексний фінансовий аналіз підприємства з використанням методів нечіткої логіки // Вісник ХНАУ. Серія: Економіка АПК і природокористування.– 2004.– №4.– С. 111-115. (0,25 друк. арк.)

8. Матвійчук А. В. Аналітико-лінгвістична апроксимація фінансових часових рядів // Економіка: проблеми теорії та практики.– Дніпропетровськ: ДНУ, 2004.– Вип. 192.– Т. IV.– С. 1295-1303. (0,42 друк. арк.)

9. Матвійчук А.В. Методика розрахунку рейтингу інвестиційної привабливості регіону на основі нечітких моделей // Науковий вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту КНТЕУ: Економічні науки.– 2004.– Вип. III.– С. 469-476. (0,33 друк. арк.)

10. Матвійчук А. В. Огляд психологічних аспектів трейдингу та задач, що виникають при побудові автоматизованих торгових систем // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки.– 2004.– Вип. 12.– С. 223-227. (0,40 друк. арк.)

11. Матвійчук А. В. Багаторівнева система оцінки конкурентоспроможності підприємств // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна.– 2004.– Вип. 82.– С. 117-125. (0,58 друк. арк.)

12. Матвійчук А. В. Нечітко-множинний підхід до діагностики банкрутства підприємства // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування. Серія: Економіка. Проблеми управління регіональним економічним і соціальним розвитком.– Рівне: УДУВГП, 2004.– Вип. 2 (26).– Частина II.–С. 285-292. (0,46 друк. арк.)

13. Мороз О. О., Матвійчук А. В. Аналіз ефективності реформування сільськогосподарських підприємств із використанням апарату нечіткої логіки // Економіка: проблеми теорії та прак-

тики.– Дніпропетровськ: ДНУ, 2005.– Вип. 199.– Т. I.– С. 11-19. (0,42 друк. арк., особисто автором розроблено структуру нечіткої економіко-математичної моделі аналізу ефективності реформування сільськогосподарських підприємств – 0,21 друк. арк.)

14. Матвійчук А. В. Застосування апарату нечіткої логіки з метою ідентифікації типових залежностей у часових рядах курсів цінних паперів // Стратегія економічного розвитку України.– К.: КНЕУ, 2004.– Вип. 15.– С. 70-80. (0,74 друк. арк.)

15. Вітлінський В. В., Матвійчук А. В. Аналіз кредитоспроможності позичальника з використанням методів нечіткої логіки // Моделювання та інформаційні системи в економіці.– К.: КНЕУ, 2005.– Вип. 72.– С. 29-40. (0,60 друк. арк., особисто автором запропоновано методику та побудовано економіко-математичну модель аналізу кредитоспроможності позичальника на базі інструментарію нечіткої логіки – 0,30 друк. арк.)

16. Матвійчук А. В. Аналіз ризику несплати податків із застосуванням методів нечіткої логіки // Науковий вісник Національної академії державної податкової служби України.– 2005.– № 3 (30).– С. 138-145. (0,50 друк. арк.)

17. Матвійчук А. В. Ідентифікація та прогнозування розвитку фінансових показників за підходами нечіткої логіки // Економіка і прогнозування.– 2005.– № 4.– С. 114-126. (0,71 друк. арк.)

18. Матвійчук А. В. Прогнозування розвитку фінансових показників із використанням апарату нечіткої логіки // Фінанси України.– 2006.– № 1.– С. 107-115. (0,55 друк. арк.)

19. Матвійчук А. В. Нечітке моделювання динаміки фінансових показників із різними видами функцій належності // Моделювання та інформаційні системи в економіці.– К.: КНЕУ, 2006.– Вип. 73.– С. 54-67. (0,84 друк. арк.)

20. Матвійчук А. В. Дискримінантна модель оцінки ймовірності банкрутства // Моделювання та інформаційні системи в економіці.– К.: КНЕУ, 2006.– Вип. 74.– С. 299-314. (0,81 друк. арк.)

21. Матвійчук А. В. Метод відтворення рейтингів цінних паперів та проведення скорингу акцій // Фінанси України.– 2006.– № 10.– С. 105-115. (0,60 друк. арк.)

22. Матвійчук А. В. Методологічний підхід до оцінки ризику ухиляння від сплати податків // Моделювання та інформаційні системи в економіці.– К.: КНЕУ, 2007.– Вип. 75.– С. 196-212. (0,93 друк. арк.)

23. Матвійчук А. В. Діагностика банкрутства підприємств // Економіка України.– 2007.– № 4.– С. 20-28. (0,72 друк. арк.)

24. Матвійчук А. В. Нечеткая идентификация и прогнозирование финансовых временных рядов // Экономическая наука современной России.– 2006.– № 3 (34).– С. 29-44. (1,09 друк. арк.)

25. Andriy Matviychuk. Fuzzy logic approach to identification and forecasting of financial time series using Elliott wave theory // Fuzzy economic review.— 2006.— November.— Vol. XI.— Num. 2.— P. 51-68. (1,10 друк. арк.)

В інших виданнях:

26. Матвийчук В. А., Матвийчук А. В. Прогнозирование экономических показателей предприятий с помощью методов нейронных сетей // "Теория и практика управления предприятием": Материалы Международной научно-практической конференции.— Минск, 2003.— С. 213-215. (0,20 друк. арк., особисто автором побудовано модель прогнозування економічних показників на базі методів нейронних мереж та проведено аналіз експериментів – 0,15 друк. арк.)

27. Матвийчук А. В., Лысогор В. Н., Матвийчук В. А. Прогнозирование курсов ценных бумаг с использованием свойств суммационной последовательности Фибоначчи // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. "Проблеми гармонії, симетрії та золотого перетину в природі, науці та мистецтві".— 2003.— Вип. 15.— С. 299-304. (0,45 друк. арк., особисто автором розроблено методику визначення початку та кінця хвиль на основі співвідношення Фібоначчі при прогнозуванні фінансових показників із застосуванням хвильової теорії Елліотта – 0,25 друк. арк.)

28. Матвийчук А. В., Матвийчук В. А. Прогнозування розвитку фінансових часових рядів на основі теорії Елліотта із використанням нейронечітких мереж // "Регіональні проблеми та перспективи розвитку сфери товарного обігу: теорія і практика": збірник наукових праць по матеріалах Всеукраїнської науково-практичної конференції.— Вінниця, 2003.— С. 432-438. (0,40 друк. арк., особисто автором розроблено модель ідентифікації фінансових часових залежностей типу хвиль Елліотта і прогнозування курсів цінних паперів із використанням апарату нечіткої логіки – 0,20 друк. арк.)

29. Матвийчук А. В. Комплексный финансовый анализ предприятия на основе методов нечеткой логики // "Стратегическое планирование и развитие предприятий": тезисы докладов и сообщений Пятого всероссийского симпозиума.— М., 2004.— № 2.— С. 114-116. (0,22 друк. арк.)

30. Матвийчук А. В. Оцінка ризику банкрутства підприємства // "Організаційно-правові аспекти та економічна безпека сучасного підприємництва": матеріали регіональної науково-практичної конференції.— Вінниця, 2004.— С. 93-95. (0,15 друк. арк.)

31. Matviychuk A.V. A Fuzzy Knowledge-Based Analysis of Enterprise's Competitiveness // "VII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM-2004": сборник докладов в 2 томах.— СПб., 2004.— Т. 2.— С. 91-95. (0,37 друк. арк.)

32. Матвийчук А. В. Оценка риска банкротства предприятия с использованием аппарата нечеткой логики // "Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах": труды Международной Научной Школы МА БР-2004.— СПб., 2004.— С. 307-312. (0,51 друк. арк.)

33. Матвийчук А. В. Идентификация и прогнозирование развития финансовых временных рядов на нечеткой логике // "VIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM-2005": сборник докладов в 2 томах.– СПб., 2005.– Т.1.– С. 128-131. (0,37 друк. арк.)

34. Матвийчук А. В. Многоуровневая нечеткая модель анализа риска неуплаты налогов // "Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах": труды Международной Научной Школы МА БР-2005.– СПб., 2005.– С. 253-258. (0,52 друк. арк.)

35. Матвийчук А. В. Відтворення рейтингів цінних паперів та проведення скорингу акцій // "Організаційно-правові аспекти та економічна безпека сучасного підприємництва": матеріали III Регіональної науково-практичної конференції.– Вінниця, 2006.– С. 127-132. (0,37 друк. арк.)

36. Матвийчук А. В. Діагностика банкрутства підприємств в умовах трансформаційної економіки // "Організаційно-правові аспекти та економічна безпека сучасного підприємництва": матеріали IV Регіональної науково-практичної конференції. В 2-х частинах.– Вінниця, 2007.– Частина I.– С. 80-86. (0,45 друк. арк.)

37. Витлинский В. В., Матвийчук А. В. Оценка риска банкротства предприятий в условиях трансформационной экономики // "Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах": труды Международной Научной Школы МА БР-2007.– СПб., 2007.– С. 57-63. (0,52 друк. арк., особисто автором побудовано дискримінантну та нечіткі моделі оцінки ризику банкрутства підприємства, а також проведено модельні експерименти з метою порівняння ефективності цих та низки інших відомих моделей діагностики банкрутства – 0,26 друк. арк.)

АНОТАЦІЯ

Матвийчук А. В. Моделювання та аналіз економічних систем на підґрунті теорії нечіткої логіки.– Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.11 – математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці.– ДВНЗ "Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана", Київ, 2007.

У дисертації розроблено теоретико-методологічні положення моделювання економічних систем і процесів на підґрунті інструментарію нечіткої логіки. Зокрема, у відповідності до запропонованої концепції побудовано економіко-математичні моделі прогнозування фінансових показників із урахуванням встановленого набору правил з теорії хвиль Елліотта, які є ефективними для отримання як довгострокових, так і короткострокових прогнозів, та характеризуються можливістю адаптації у відповідності до реальних даних. У межах розробленої концепції побудовано економіко-математичну модель відтворення рейтингів цінних паперів та проведення скорингу акцій, яка є своєрідною перехідною ланкою між моделями прогнозування та, власне, моделями аналізу фінансового стану емітента. На базі синтезу методів нечіткої логіки та нейронних мереж

розроблено багаторівневу ієрархічну систему оцінювання конкурентоспроможності підприємства. Побудовано моделі діагностики банкрутства підприємства (установи) на основі методів багатфакторного дискримінантного аналізу та з реалізацією механізму нечіткого логічного висновку. Також запропоновано концептуальний підхід до оцінювання ризику ухиляння від сплати податків суб'єктами господарювання для їх розподілу за категоріями уваги з боку податкових органів та на його основі розроблено методику формування плану-графіка податкових перевірок. Результати проведених експериментів підтверджують обґрунтованість викладених теоретичних положень та доцільність застосування методів нечіткої логіки для моделювання економічних систем.

Ключові слова: моделювання, аналіз, фінансово-економічні системи, нечітка логіка, функція належності, прогнозування, хвилі Елліотта, рейтингування цінних паперів, діагностика банкрутства, невизначеність, ризик, ухиляння від сплати податків.

АННОТАЦИЯ

Матвийчук А. В. Моделирование и анализ экономических систем на основе теории нечеткой логики. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 08.00.11 – математические методы, модели и информационные технологии в экономике. – ГВУЗ "Киевский национальный экономический университет имени Вадима Гетьмана", Киев, 2007.

Диссертация посвящена формированию концептуальных основ и методологических принципов анализа и прогнозирования развития финансово-экономических систем с целью повышения эффективности функционирования этих систем в условиях существенной неопределенности и нестационарности процессов, происходящих в экономике переходного периода. В работе разработана и теоретически обоснована концепция и в соответствии с ней построены экономико-математические модели прогнозирования финансовых показателей с учетом набора правил развития экономических систем из теории волн Эллиотта, заданного с использованием инструментария нечеткой логики. Предложенный подход эффективен как для долгосрочного, так и краткосрочного прогнозирования, а также предоставляет возможность настройки параметров модели на реальных данных финансовых временных рядов. Теоретическое осмысление результатов проведенных экспериментов позволило разработать рациональную структуру функций принадлежности для условий поставленной задачи.

В диссертации предложена концепция моделирования рейтингов ценных бумаг, установленных ведущими рейтинговыми агентствами, и на ее основе построена нечеткая модель оценки инвестиционной привлекательности финансовых инструментов. Эта модель является своего рода переходным звеном между моделями прогнозирования и, собственно, моделями анализа финан-

сового состояния эмитента. Также сформулированы методологические положения относительно построения многоуровневой иерархической системы количественного оценивания конкурентоспособности предприятия на базе синтеза методов нечеткой логики и нейронных сетей. Поскольку в этой иерархической модели весь набор факторов влияния распределен между обобщенными группами показателей, то кроме определения самого уровня конкурентоспособности компании, разработанная система позволяет целенаправленно осуществлять анализ финансового, производственного состояний и уровня менеджмента предприятия.

С учетом результатов проведенных экспериментов по предсказанию банкротств предприятий в условиях современной украинской экономики с использованием известных моделей (подобных Z-счету Альтмана) в диссертации разработаны модели диагностики банкротства на основе методов многофакторного дискриминантного анализа и нечеткой логики. Разработанные в соответствии с предложенным методологическим подходом нечеткие модели на базе множеств независимых переменных и наиболее информативных показателей характеризуются гибкостью и адаптивностью к изменчивым условиям трансформационной экономики. Кроме того, с применением моделей, построенных на основе инструментария нечеткой логики, удастся не только определить аксиологическую вероятность банкротства компании, но и оценить время, в течение которого банкротство может произойти.

Разработанный концептуальный подход к оцениванию риска неуплаты налогов и распределения налогоплательщиков по категориям внимания со стороны органов налоговой службы базируется на применении аппарата нечеткой логики, поскольку в отличие от других методов классификации он не допускает ограничений характера входной информации (факторы могут иметь числовую природу, нормативную, лингвистическую, логическую и др.), позволяет задать набор правил для оценивания риска, предоставляет возможность оптимизации параметров экономико-математической модели на базе имеющейся информации. Разработанный в диссертации подход утвержден нормативными документами ГНА Украины, реализован в информационно-аналитической системе органов государственной налоговой службы и используется при ежеквартальном формировании плана-графика проведения налоговых проверок.

Анализ результатов проведенных экспериментов с использованием разработанных в диссертации экономико-математических моделей и систем демонстрирует их высокую эффективность в сравнении с существующими сегодня альтернативными подходами и подтверждает целесообразность моделирования экономических систем на базе инструментария нечеткой логики.

Ключевые слова: моделирование, анализ, финансово-экономические системы, нечеткая логика, функция принадлежности, прогнозирование, волны Эллиотта, рейтингование ценных бумаг, диагностика банкротства, неопределенность, риск, уклонение от уплаты налогов.

SUMMARY

Matviychuk A. V. The Modelling and Analysis of Economic Systems in Terms of Fuzzy Logic.– Manuscript.

Thesis for Degree of Doctor in Economics by Speciality 08.00.11 – Mathematical Methods, Models and Information Technologies in Economics.– SHEE "Vadym Hetman Kyiv National Economic University", Kyiv, 2007.

There are developed in the dissertation the methodological-theoretic statements of modeling of economic systems and processes based on fuzzy logic tools. In particular, in compliance with proposed conception there are constructed the economic and mathematical models of financial indexes forecasting taking into account the adjusted set of rules from Elliott wave theory, which are effective as for long-term as for short-term forecasting, and characterized by possibility of adaptation in accordance with real data. In the context of developed conception it's constructed the economic and mathematical model of securities rating reproducing and stocks scoring, that is in its own way the transition link between forecasting models and models of issuer's financial state assessment. On basis of synthesis of methods of fuzzy logic and neural networks it's developed the multilevel hierarchical system of enterprise's competitiveness assessment. There are developed the models of diagnosing of bankruptcy of enterprise (establishment) on the basis of methods of multifactor discriminant analysis and with realization of mechanism of fuzzy logic conclusion. Also it's proposed the conceptual approach to assessment of risk of tax non-payment by subjects of economical activity for distribution of taxpayers between the attention categories on the part of state tax service and on this basis it's developed the methods of forming of planned schedule for tax audit. The results of carried out experiments corroborate the validity of stated theoretical statements and the expediency of usage of fuzzy logic tools for economic systems modeling.

Key words: modeling, analysis, financial and economic systems, fuzzy logic, membership function, forecasting, Elliott waves, securities ranking, bankruptcy diagnosis, uncertainty, risk, evasion of discharge of tax.