



МАКСИШКО
НАТАЛІЯ КОСТЯНТИНІВНА

ШАПОВАЛОВА
ВІКТОРІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

**АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ:
СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ В ДОСЛІДЖЕННІ ДИНАМІКИ ЦІНИ
НА РИНКУ НЕРУХОМОСТІ**

Запоріжжя — 2018

УДК : 332.74:005.52
ББК : У261.429+У053.142
М 171

Рецензенти:

Доктор фізико-математичних наук, професор

Соловійов В.М.

Доктор економічних наук, доктор технічних наук

Порохня В.М.

Рекомендовано до друку

Вченою радою ДВНЗ «Запорізький національний університет»

(протокол № 11 від 26.05.2015 р.)

М 171 Максишко Н.К. Аналіз та прогнозування: сучасні концепції в дослідженні динаміки ціни на ринку нерухомості / Н. К. Максишко, В.О. Шаповалова. – Запоріжжя : Поліграф, 2018. – 235 с.

Монографія присвячена дослідженню динаміки ціни на ринку нерухомого майна з точки зору сучасних теорій фінансових ринків, а саме «гіпотез» ефективного, фрактального та когерентного ринку. Викладено результати проведеного передпрогнозного аналізу динаміки цін із застосуванням методів дискретної нелінійної динаміки, які підтверджують неефективність застосування для ринку нерухомості гіпотези ефективного ринку та лише часткове виконання гіпотези фрактального ринку. З урахуванням виконання гіпотези когерентного ринку побудовано нечітку модель діагностики (ідентифікації) стану ринку нерухомого майна. Досліджено регіональні ринки нерухомості з точки зору ступеня прогнозованості динаміки ціни. Проведено моделювання впливу фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно на основі когнітивної моделі.

Представлено порівняльний аналіз методів прогнозування динаміки ціни на нерухомість, гібридну інтелектуальну систему прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомого майна, яка базується на інтеграції нечіткої моделі та моделі однорідної структури, генетичного алгоритму та когнітивної моделі. Застосування запропонованих концептуальних положень, методів та моделей дає змогу поглибити аналіз, підвищити точність прогнозування на ринку, створює передумови для кількісного обґрунтування управлінських рішень та підвищення економічної ефективності діяльності на ринку нерухомості.

Для фахівців в області моделювання економіки та управління складними економічними системами, а також для викладачів, студентів та аспірантів економічних спеціальностей.

УДК : 332.74:005.52

© Максишко Н.К.

© Шаповалова В.О.

З усіх різновидів помилок людства передбачення – найбезглуздіша.

Джордж Еліот Мідлмарч

З політичних та економічних прогнозів найвірніші – прогнози погоди.

Леонід Крайнів-Ритов

Життя – рух, але без нерухомості – це не життя!

Народна мудрість

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДґРУНТЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЦІНИ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО.....	8
1.1 Ринок нерухомого майна: місце та особливості.....	8
1.2 Індикатори стану ринку нерухомого майна	19
1.3 Огляд моделей та методів аналізу та прогнозування динаміки ціни на нерухомість.....	24
1.4 Еволюція концепцій аналізу фінансових ринків.....	35
1.5 Засади прогнозування динаміки ціни на нерухомість з урахуванням гіпотези когерентного ринку.....	44
 РОЗДІЛ 2. ПЕРЕДПРОГНОЗНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЦІНИ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО.....	 55
2.1 Статистичний аналіз ринку нерухомого майна (точка зору гіпотези ефективного ринку).....	55
2.2 Аналіз ринку нерухомого майна методами дискретної нелінійної динаміки в розрізі гіпотези фрактального ринку.....	70
2.3 Гіпотеза когерентного ринку: метод ідентифікації фази ринку нерухомості.....	77
2.4 Аналіз регіональних ринків нерухомого майна.....	98
 РОЗДІЛ 3. ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЦІНИ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО	 111
3.1 Когнітивна модель оцінки впливу фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно.....	111
3.2 Прогнозування динаміки ціни на нерухомість на базі гібридного підходу.....	133

3.3 Порівняльний аналіз ефективності методів прогнозування динаміки ціни на нерухомість.....	148
3.4 Прогнози динаміки ціни на нерухоме майно: особливості прийняття рішень з урахуванням гіпотези когерентного ринку.....	152
ВИСНОВКИ.....	161
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	165
ДОДАТКИ.....	184

ПЕРЕДМОВА

Ринок нерухомості є невід'ємною складовою системи економічних відносин. В умовах трансформаційних перетворень державної власності, в яких відбувалося становлення ринку, нерухомість окрім специфічних властивостей товару, вартість якого може зростати з часом, набула властивості капіталу. Як сукупність майнових прав, що належать господарюючому суб'єкту або громадянину, об'єкти нерухомого майна є одним із видів фінансових активів. Тому ринок нерухомості розглядають як один із сегментів сучасного фінансового ринку, якому притаманні відповідні функції: реалізація вартості і споживчої вартості, що містяться у фінансових активах; організація процесу доведення фінансових активів до споживачів (покупців, вкладників); фінансове забезпечення процесів інвестування та споживання; вплив на грошовий обіг. Цей ринок тісно взаємодіє з іншими секторами фінансового ринку, а саме з ринками капіталу, цінних паперів, інвестиційних ресурсів. Без налагодженого функціонування ринку нерухомості не можуть ефективно працювати механізми інвестування, заощадження, фінансування, кредитування, оподаткування тощо. Кризові явища 2008 р. підтвердили суттєвий вплив ринку нерухомості на економіку країн та світу, що і визначає важливість його подальших досліджень.

За умов сьогодення прогнозування поведінки ринку нерухомого майна стає особливо складним: процеси, які відбуваються на ринку під впливом об'єктивних економічних умов і суб'єктивних рішень учасників ринку, зумовлюють нелінійний характер динаміки ціни на ринку, кризові явища та, як результат, високий ступінь непередбачуваності динаміки.

Проведене дослідження ґрунтується на працях науковців, що досліджували ринок нерухомого майна — А. Асаула, В. Базилевича, І. Балабанова, А. Бойко, Л. Белих, В. Вороніна, В. Горемикіна, О. Гриценко, А. Драпиковського, О. Євтуха, С. Коростельова, Н. Лебідь, Я. Маркуса, О. Мухіна, С. Сивця, Г. Стерника та ін.; методологію економіко-математичного

моделювання — С. Айвазяна, В. Геєця, В. Заруби, Ю. Лисенка, О. Сусллова та інших; методологію аналізу економічних часових рядів та прогнозування — В. Вітлінського, Т. Клебанової, І. Лук'яненко, К. Холдена, О. Черняка; особливості цін на ринку нерухомого майна та їх прогнозування — А. Бойко, І. Буркуна, В. Вороніна, Д. Галагана, А. Єріної, В. Рейкіна, В. Тазетдінова, О. Урсуленка та ін.

Проблематика прогнозування цін на нерухоме майно в зарубіжній літературі досліджена Е. Ларсеном, Дж. Літемом, Н. Ордуєєм, Ф. Стиндлером, Р. Шиллером та ін.

Методологія більшості наведених досліджень базується на лінійній парадигмі та теорії ефективного ринку (ЕМН). Проте за умови підвищення складності процесів, що відбуваються на ринках, на зміну останній прийшла нелінійна парадигма, в межах якої динаміка на товарних та фінансових ринках досліджувалась у роботах М. Куссого, Н. Максишко, А. Матвійчука, В. Перепелиці, Л. Сергєєвої, В. Соловйова, В. Соловйової та ін.

Результати прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомості ускладнені тим, що в межах нелінійної парадигми існують різні концепції ринків, які сформульовано в так званих «гіпотезах»: фрактального ринку (ФМН) та когерентного ринку (СМН). Остання, що поєднує нелінійну детерміністичну модель та статистичну динамічну модель, сформульована у працях Т. Веґе, Е. Петерса та розвинута в роботах Л. Яновського, Д. Філатова, С. Чеверди. Її відмінність від гіпотези фрактального ринку полягає у твердженні, що ринок, окрім детермінованої поведінки, може демонструвати іншу поведінку, зокрема, випадкове блукання. Знання про поточний стан ринку зумовлює вибір відповідного інструментарію прогнозування, який забезпечить необхідну точність прогнозу. Проте з урахуванням гіпотези когерентного ринку динаміка ринку нерухомого майна не розглядалася. Тому для прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомості необхідним є обґрунтування теоретичного базису та розробка релевантного інструментарію.

Перший розділ монографії присвячено аналізу теоретичного підґрунтя та методологічних підходів до аналізу та прогнозування динаміки цін на фінансових ринках. В ньому представлено аналіз сучасних концепцій фінансових ринків, а також викладені розроблені авторами концептуальні положення щодо прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку.

У другому розділі монографії проведено аналіз динаміки ціни на нерухоме майно із застосуванням, зокрема, методів дискретної нелінійної динаміки, розроблено метод ідентифікації стану ринку нерухомого майна, що відповідає гіпотезі когерентного ринку. Виявлено, що для ринку нерухомості недостатньо підстав для прийняття ні гіпотези ефективного ринку, ні гіпотези фрактального ринку; нехтування цим фактом може призвести до незадовільних результатів прогнозування за причини наявності динаміки різного типу. Проведено кількісне та змістовне обґрунтування виконання гіпотези когерентного ринку. Запропоновано метод класифікації регіональних ринків нерухомого майна за ступенем прогнозованості динаміки ціни за рахунок використання системних характеристик динаміки.

Третій розділ монографії присвячено моделюванню впливу фундаментальних факторів на прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомості України на основі побудови когнітивної моделі. За її використанням удосконалено гібридну систему прогнозування та запропоновано рекомендації щодо прийняття рішень на ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку.

Представлене видання є корисним для фахівців в області моделювання економіки та управління складними економічними системами, а також для викладачів, студентів та аспірантів економічних спеціальностей.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДГРУНТЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЦІНИ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО

1.1 Ринок нерухомого майна: місце та особливості

Для забезпечення системного підходу до прогнозування динаміки ціни на нерухомість розглянемо основні поняття, чинники та сучасні погляди на аналіз фінансових ринків, які є науково-теоретичним підґрунтям дослідження, а також зумовлюють методологію економічного аналізу та прогнозування.

Безпосередньо термін «майно» знаходить відображення в нормативних актах (кодексах, законах та наказах) України [23, 73] (див. Додаток А).

За Господарським Кодексом України [23] під *майном* розуміють сукупність речей та інших цінностей (включаючи нематеріальні активи), які мають вартісне визначення, виробляються чи використовуються в діяльності суб'єктів господарювання та відображаються в їхньому балансі або враховуються в інших передбачених законом формах обліку майна цих суб'єктів.

Згідно Наказу Фонду Державного майна України «Про затвердження Класифікатора державного майна» [73] в Україні діє законодавчо визначена класифікація майна, представлена на рис. 1.1.

За [23] під *нерухомістю* (*нерухомим майном*) розуміють земельні ділянки, а також об'єкти, розташовані на земельній ділянці, переміщення яких є неможливим без їх знецінення та зміни їх призначення (будівлі, споруди). Режим нерухомої речі може бути поширений законом на повітряні та морські судна, судна внутрішнього плавання, космічні об'єкти, а також інші речі, права на які підлягають державній реєстрації.

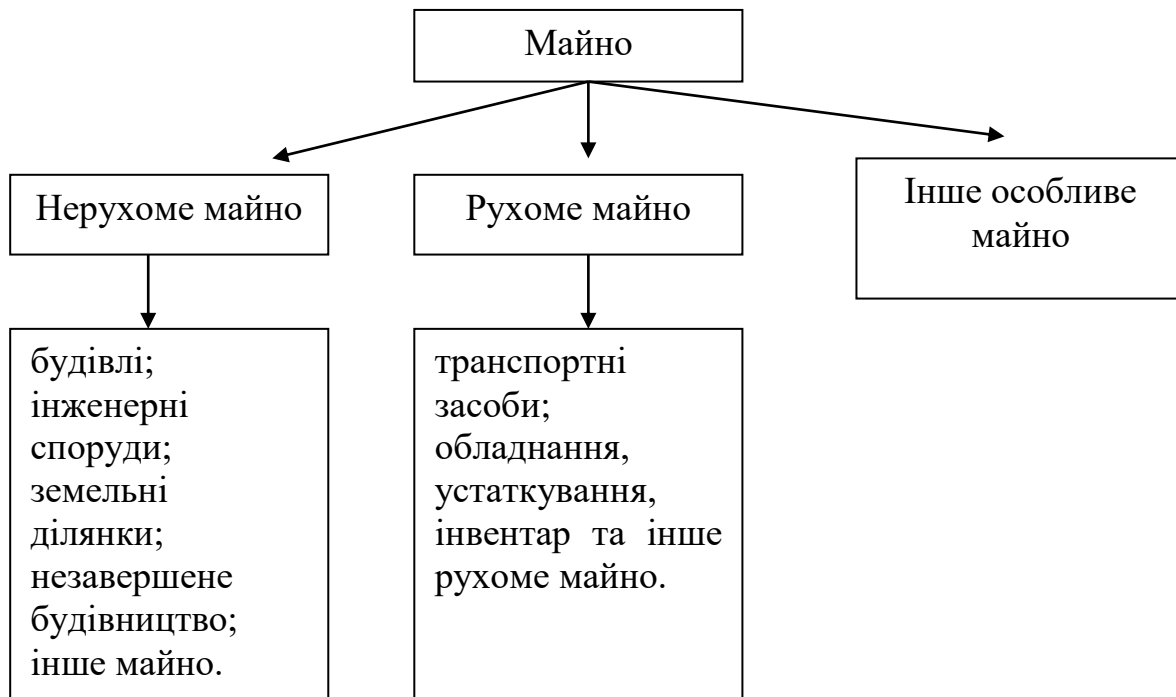


Рис. 1.1. Класифікація майна [73]

У деяких країнах застосовується інша класифікація [76]. Так, об'єкти нерухомості поділяються за категоріями А, Б та В.

До категорії А належить нерухомість, що використовується власником для ведення підприємницької діяльності. У свою чергу категорія А поділяється на декілька класів:

- спеціалізована нерухомість – нафтопереробні та хімічні заводи;
- неспеціалізована нерухомість – магазини, офіси, склади.

До категорії Б належить нерухомість, яка використовується для інвестицій. Її особливістю є можливість отримання доходу у вигляді орендної плати, іпотеки або процентних доходів на закладні.

До категорії В належить нерухомість, що є надлишковою і не використовується для ведення бізнесу.

У ринкових умовах нерухомість є товаром. Можна виділити (за [6, 32]) такі особливості нерухомості як особливого виду товару:

- непереміщенність (абсолютний зв'язок із землею);
- фізична неоднорідність;

- довготривалість створення;
- довгостроковість функціонування;
- особливий характер споживання (багатократне або не обмежене часом використання);
- унікальність і неповторність, які визначають привабливість об'єкта нерухомості для кожного покупця (або інвестора).

Згідно з [6] нерухомість розглядається як тип власності з особливими правами володіння, користування та розпорядження нею, що зумовлює низький рівень ліквідності нерухомості як товару. Тобто, будь-яка транзакція на ринку нерухомого майна потребує певну кількість часу, що спричинює часові лаги. Але увага до нерухомості як до об'єкту інвестування пояснюється тим, що нерухомість є одним із товарів, вартість яких може зростати з часом.

Ринок нерухомості, у ряді зі страховим ринком (страхування майна, відповідальності, ін.), ринком капіталів (кредити міжбанківські і для комерційної діяльності тощо), грошовим ринком (коротких грошей, депозитних вкладів та ін.), ринком цінних паперів (фондовий, боргових зобов'язань тощо), ринком дорогоцінних металів і каміння (золота, алмазів та ін.), валютним ринком (доларів, євро, валютних облігацій тощо), є одним із сегментів сучасного фінансового ринку [6, 31]. Об'єкти нерухомого майна як один із видів *фінансових активів* (сукупність майнових прав, що належать господарюючому суб'єкту або громадянину) є товаром фінансового ринку.

Кон'юнктура ринку нерухомості, як будь-якого ринку, характеризується співвідношенням попиту, пропозиції, цін та конкуренції, тобто певним набором механізмів, за допомогою яких передаються права власності і пов'язані з нею інтереси, встановлюються ціни й розподіляється простір між різними конкурентними варіантами землекористування [73]. Механізм роботи ринку нерухомості представлено на рис. 1.2 [72].

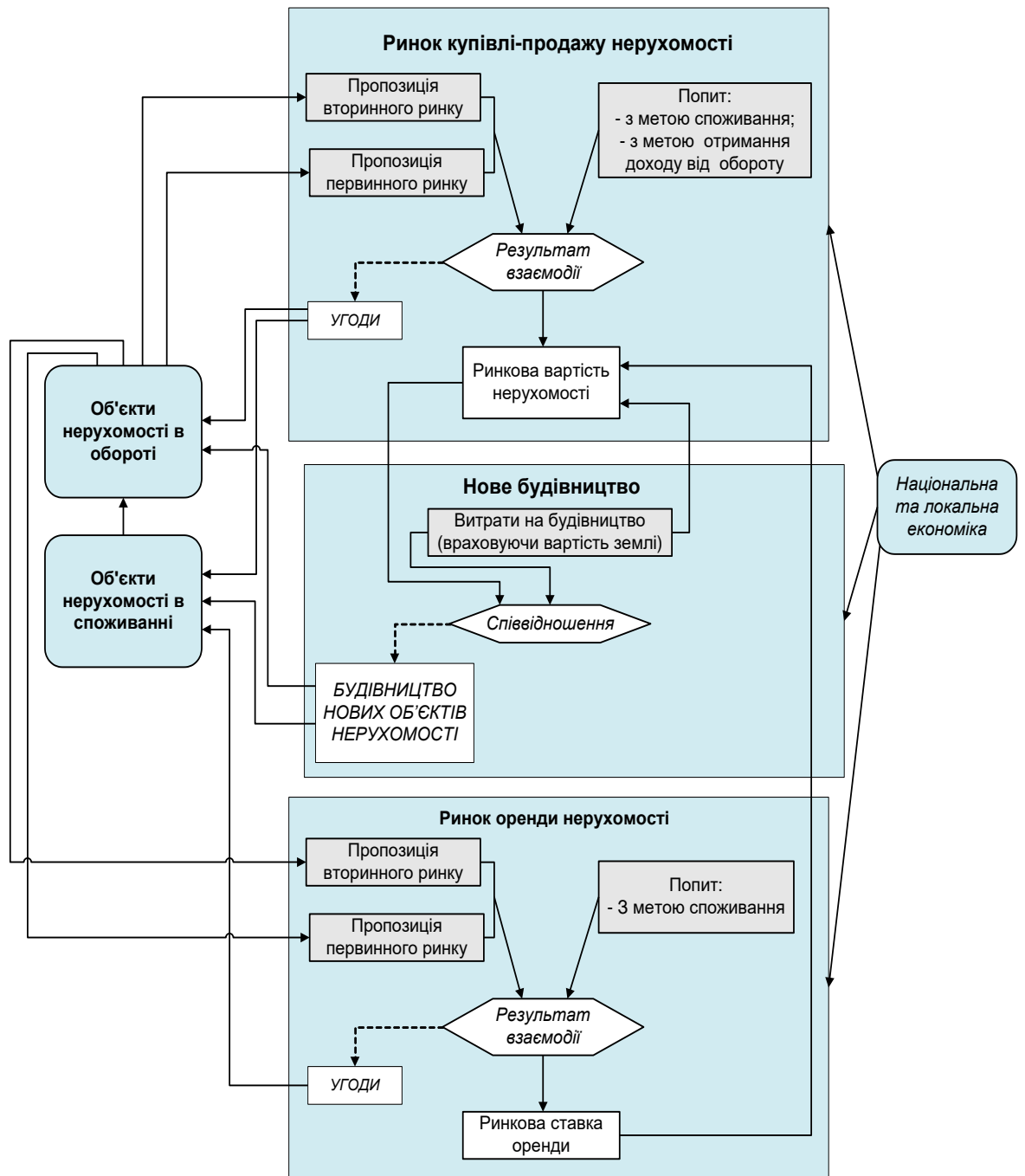


Рис. 1.2. Механізм роботи ринку нерухомості [72]

Ринок нерухомості має ряд особливостей, наведених в таблиці 1.1 [72].

Отже, ринку нерухомого майна притаманні відповідні *функції фінансового ринку*:

– реалізація вартості і споживчої вартості, що містяться у фінансових активах;

Таблиця 1.1 – Характеристики ринку нерухомості [72]

Ознака	Характеристика
Локалізація	неможливість переміщення (абсолютний зв'язок із землею); велика залежність ціни від місця розташування (локальність ринку нерухомості)
Вид конкуренції	недосконала конкуренція, олігополія; унікальність кожного об'єкта; контроль над цінами обмежений; вступ на ринок вимагає великих капіталів
Ступінь відкритості	угоди мають приватний характер; публічна інформація неповна і неточна, має суб'єктивний характер
Еластичність ринку	низька: при зростанні попиту і цін пропозиція мало збільшується; попит може бути більш мінливим
Конкурентоздатність товару	здебільшого визначається навколишнім зовнішнім середовищем, ступенем розвитку інфраструктури, впливом сусідніх об'єктів; специфічність індивідуальних переваг покупців
Оформлення угод	обов'язковість державної реєстрації угод; велика кількість юридичних складнощів, обмежень і умовностей
Постійні витрати	витрати з підтримання об'єкта нерухомості в нормальному функціональному стані (на ремонт, експлуатацію тощо); податок на володіння нерухомістю; податки чи збори на угоди з нерухомістю
Фізичний стан нерухомості	фізична неоднорідність; історична компонента вартості («вік» об'єкта, тривалість створення); особливий характер споживання (багатократне або довготривале використання); якість експлуатації об'єкта
Рівень ліквідності нерухомості	низький: будь-яка транзакція на ринку нерухомого майна потребує певну кількість часу, що спричинює часові лаги

- організація процесу доведення фінансових активів до споживачів (покупців, вкладників);
- фінансове забезпечення процесів інвестування та споживання;
- вплив на грошовий обіг.

Ринок нерухомого майна [32] з фінансово-економічної точки зору є системою специфічних відносин, що виникають під час операцій з об'єктами нерухомості. Представимо структуру ринку нерухомості на рис. 1.3.

Внутрішнє середовище ринку нерухомого майна представляє постійну взаємодію таких складових: суб'єктів, об'єктів та агентів інфраструктури ринку, в результаті чого створюються операції на ринку нерухомості. Основа функціонування ринку — це його правові засади та інфраструктура, які сформовано під дією:

правових чинників, що є результатом дії влади;

економічних чинників, що є результатом дії сил бізнесу та

соціальних чинників, що є результатом дії громади.

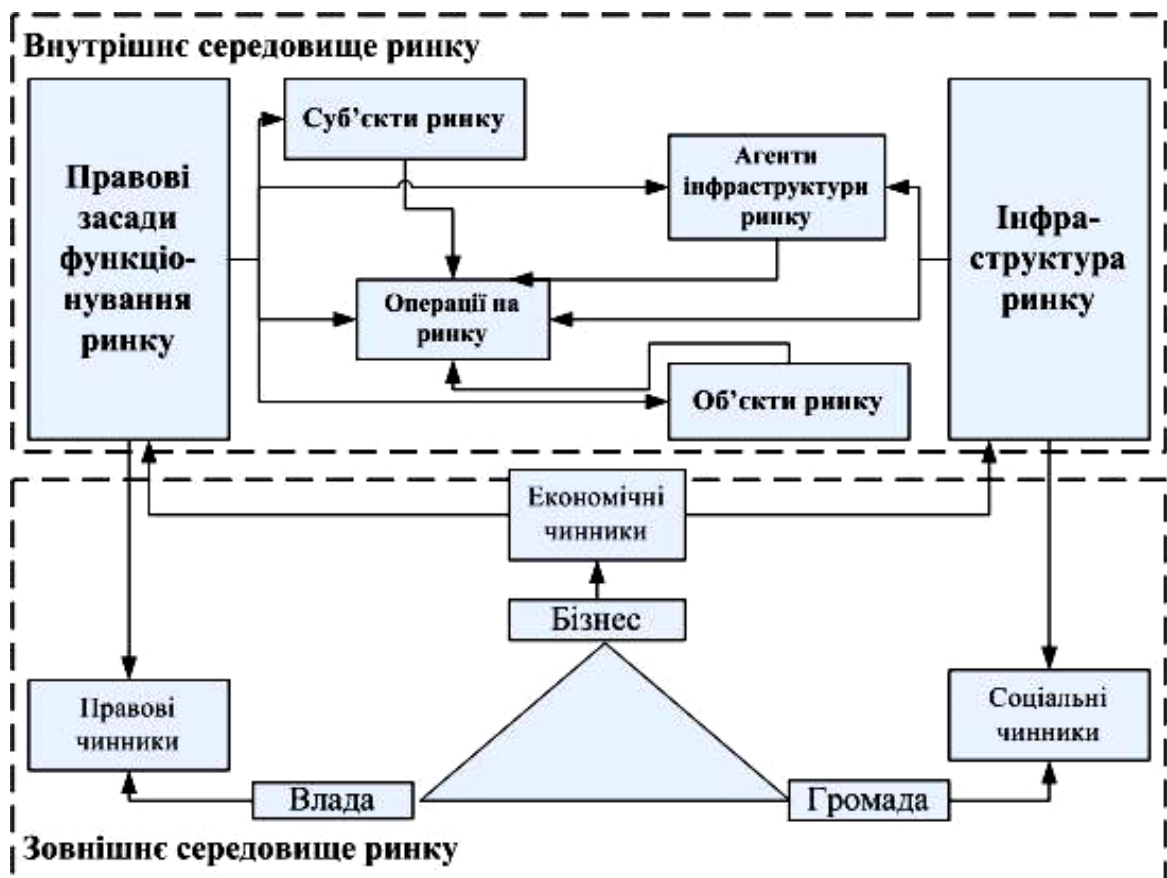


Рис. 1.3. Структура ринку нерухомості

Аналіз ринку нерухомості являє собою самостійний вид діяльності та має на меті забезпечення об'єктивною інформацією осіб, що приймають рішення про проведення тих чи інших операцій на ринку. Залежно від цілі аналіз ринку

нерухомості можна класифікувати як галузевий, корпоративний, оціночний, інвестиційний та споживчий (рис. 1.4) [13].

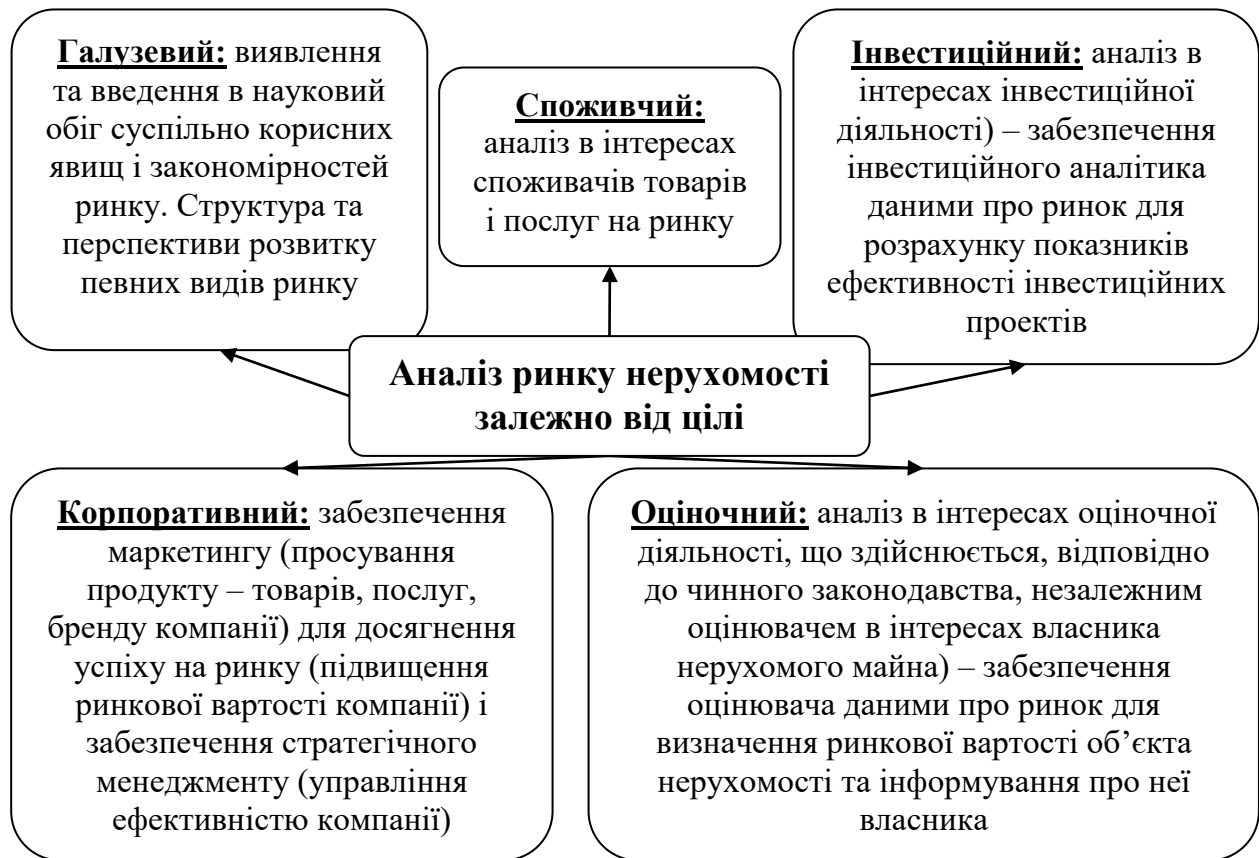


Рис. 1.4. Види аналізу ринку нерухомості залежно від цілі

Ринок нерухомого майна є об'єктом багатьох досліджень із різними цілями. Наприклад, аналіз ринку нерухомості з комерційною метою має місце, коли нерухомість розглядається в розрізі ринкової економіки як об'єкт спекулятивних та інвестиційних операцій. Учасники цих операцій визначаються призначенням використання нерухомості, зокрема:

- особистою, соціально-побутовою метою;
- метою отримання прибутку.

Нерухомість як об'єкт дослідження з некомерційною метою насамперед цікавить:

- юридичних та фізичних осіб (наприклад, страхові компанії) — для передбачення майбутніх тенденцій при проведенні господарських операцій на мікрорівні;

– органи державної влади, комерційні та некомерційні організації для діагностики стану та дослідження ринку нерухомості країни на мезорівні (рівень регіонів) та макрорівні (рівень держави);

– незалежні рейтингові агентства та міжнародні організації (на мегарівні).

У таблиці 1.2 систематизовано цілі аналітичної діяльності на ринку нерухомості різних суб'єктів. Більш детально в таблиці В.1 (Додаток В).

Таблиця 1.2 – Цілі аналітичної діяльності на ринку нерухомості

Вид аналізу	Інституційні учасники	Професійні учасники
галузевий	Державне регулювання, розробка житлової політики, раціональне використання	Виділення привабливих сегментів ринку
оціночний	Збільшення надходжень до бюджету (оподаткування)	Визначення справжньої вартості конкретного об'єкту
інвестиційний	Оцінювання частини «тіньової» економіки пов'язаної з ринком нерухомості, підвищення інвестиційної привабливості вітчизняних ринків нерухомості та країни загалом	Визначення ризиків та ефективності операцій на ринку нерухомості з метою інвестування або спекулятивної діяльності, аналіз прибутковості дозволяє оцінити привабливість цього ринку в порівнянні з іншими
споживчий		Коли і де вигідніше купувати? Якою буде ціна через певний проміжок часу?

Для всебічного аналізу ринку нерухомого майна використовують показники, що поділяються на такі групи [95]:

1) Показники інфраструктури ринку нерухомого майна, що характеризують:

- стан нерухомого майна;
- використання нерухомого майна;
- структуру ринку нерухомого майна;

- розгалуженість об'єктів ринку нерухомого майна тощо.

2) Показники, що характеризують функціонування суб'єкту ринку нерухомого майна:

- тривалість періоду функціонування;
- кількість та вартість капітальних ремонтів;
- структура та динаміка інвестицій у нерухомість;
- ризики діяльності;
- обсяги продажу (задоволеного попиту).

3) Показники ефективності діяльності на ринку нерухомості:

- використання власних та залучених коштів;
- ефективність маркетингової діяльності;
- розмір та динаміка прибутку;
- дохідність та рентабельність окремих видів діяльності.

4) Показники, що характеризують сегмент ринку послуг щодо нерухомого майна

- попит і пропозиція;
- кон'юктура ринку;
- пропорційність ринку, місткість ринку;
- асортимент та обсяг послуг;
- ціна та якість послуг;
- рівень монополізації та конкуренції.

Як визначалося вище, ринок нерухомості є одним із сегментів фінансового ринку. Це підтверджується аналогічною динамікою ціни на нерухоме майно (рис. 1.5 а) та динамікою капіталізації ПФТС України (рис. 1.5 б).

Тому для його дослідження доцільно розглянути існуючі на даний час теорії фінансових ринків, які можуть бути покладено в основу теоретичного фундаменту концепції прогнозування.

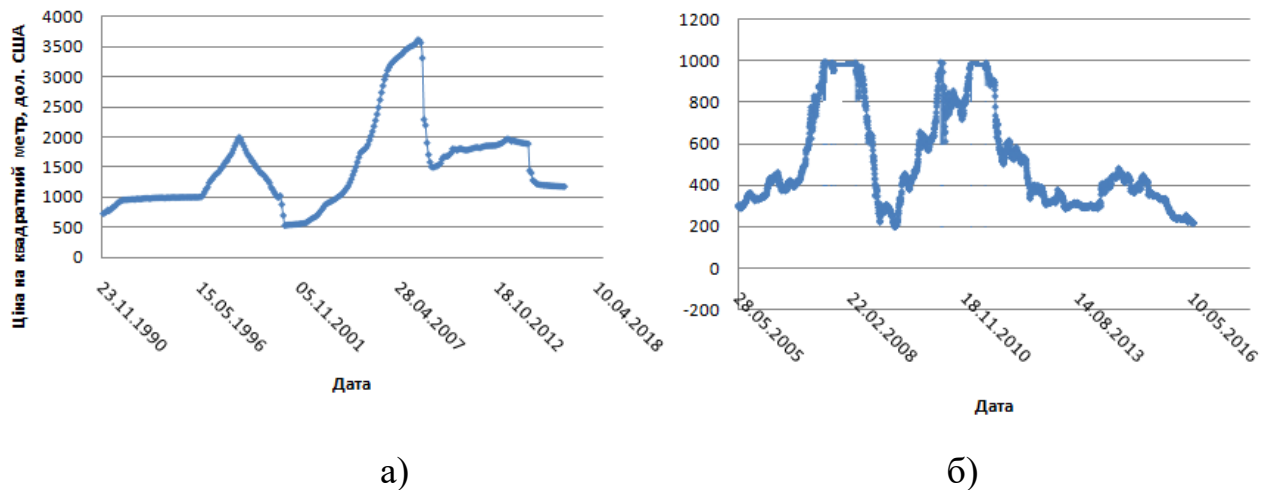


Рис. 1.5. а) Динаміка ціни на нерухоме майно;
б) Динаміка капіталізації ПФТС України [28]

Аналіз особливостей, притаманних ринку нерухомості України [72], дозволяє представити їх сутність, причини та наслідки у вигляді табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні особливості ринку нерухомості України

Напрямок аналізу	Особливості ринку нерухомості	Причини	Наслідки
Правовий	Регіональна різноманітність	на регіональному рівні відносини недостатньо врегульовані	різниця в інвестиційній привабливості об'єктів нерухомості в різних регіонах
Інформаційний	Інформаційна недосконалість ринку нерухомості	–ринкова інфраструктура розвинена недостатньо –кількісне перенасичення	стримування розвитку ринку
Структурний	Структурна неоднорідність	надвисока ціна об'єктів первинного ринку нерухомості	–ринок землі практично нерозвинений –розвиток ринку промислової нерухомості відбувається повільно
Економічний	Невідповідність вартості нерухомості фінансовим можливостям	–повільне зростання реальних доходів населення –недостатній розвиток іпотечного	– обмеженість інвестиційних ресурсів на ринку – перенасичення первинного ринку

Напрямок аналізу	Особливості ринку нерухомості	Причини	Наслідки
	більшості населення	кредитування – завищення цін на деякі види нерухомості	нерухомості
Ефективність	Неефективне використання основної частини землі та будівель	– будівництво більшості об'єктів без урахування сучасних ринкових потреб – неефективна організація використання землі	– необхідність масштабної реконструкції будівель і споруд – необхідність дієвих механізмів для включення земельних ділянок у ринкові відношення
Прогнозованість	Неможливість точних прогнозів зміни вартості нерухомості	високий рівень макрота мікроекономічних ризиків	– ускладнена оцінка вартості об'єктів нерухомості – невисока інвестиційна активність

Як зазначено в табл. 1.3, ринок нерухомості є вкрай неоднорідним. Аналіз структури ринку нерухомого майна України (за даними [28]) приводить до висновку, що основними об'єктами угод, пов'язаних з операціями купівлі-продажу, оренди тощо, є квартири та земельні ділянки (рис. 1.6).

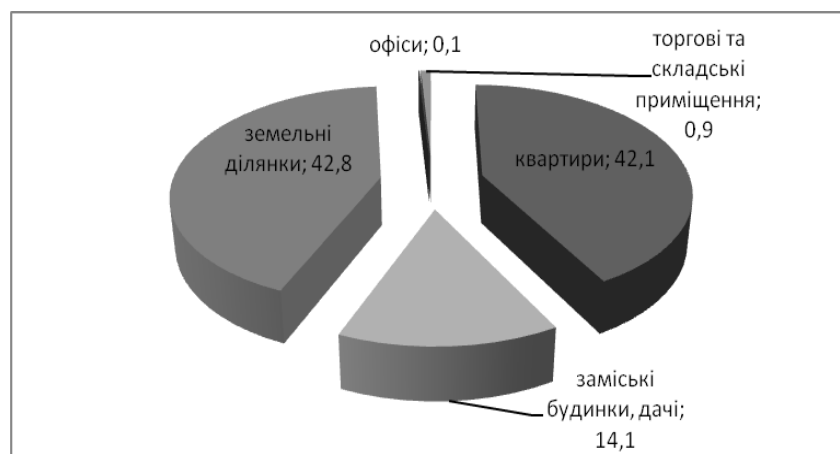


Рис. 1.6. Структура угод з нерухомістю в Україні у 2015 році (у відсотках) [28]

Оскільки (за [28]) тенденції зміни вартості продажу та оренди нерухомого майна і житлового, і комерційного типу є схожими (рис. 1.7), для подальшого дослідження оберемо ринок житлової нерухомості, а саме динаміку ціни на нерухоме майно. Найбільш адекватним показником загальних ринкових тенденцій є динаміка ціни на вторинному ринку нерухомості, оскільки він характеризується конкурентною здатністю і великою кількістю незалежних продавців.

Новобудови (чинник пропозиції) хоча і суттєво впливають на ринок нерухомості, проте не є характерними для виявлення загально ринкових тенденцій. Ціна на новобудови є скоріше функцією обсягів продажів, що визначаються маркетинговою політикою забудовника [14].

Ціна є терміном, що позначає грошову суму, запитувану, пропоновану або сплачену за якийсь товар або послугу. Ціна продажу є доконаним фактом незалежно від того, чи була вона відкрито оголошена або тримається в таємниці. Вважається, що ціна зазвичай є індикатором відносної вартості, яка відображає не тільки характеристики товару, але й привабливість, суб'єктивну цінність товару в момент продажу для покупця.

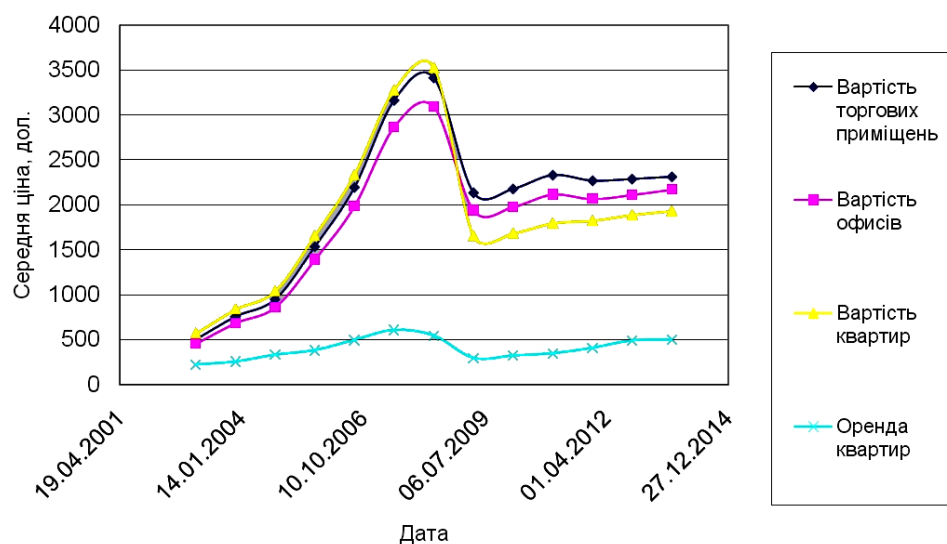


Рис. 1.7. Візуальне представлення часових рядів вартості продажу та оренди нерухомості [28]

1.2 Індикатори стану ринку нерухомого майна

Для вирішення питань управління ринком нерухомого майна важливим для розгляду є не власне ціна на нерухомість, а її зміна в часі — динаміка. Під *динамікою економічного показника* розуміють ряд послідовних значень (рівнів, спостережень), що характеризують зміну показника в часі [1]. Для ринку нерухомості інтегральним показником змін, що відбуваються, є динаміка ціни на нерухоме майно.

У результаті аналізу доступної статистики основних показників житлового ринку нерухомості [28] можна відзначити такі закономірності:

а) динаміка обсягу пропозиції, як і динаміка темпів зростання цін, є циклічною, а відповідні їм цикли мають високу від'ємну кореляцію (з певним часовим лагом). Цей лаг відображає моменти настання рівноваги попиту та загальної пропозиції на ринку;

б) обсяг повторного надходження пропозиції на вторинному ринку нерухомості, як і на первинному, є нееластичним за ціною — він незначно зростає при збільшенні ціни та лише дещо знижується при її стабілізації. У моменти найбільш високого попиту і низької (існуючої) пропозиції обсяг додаткової пропозиції практично зрівнюється із загальним;

в) обсяг угод (реалізований попит) у розглянутому періоді підпорядковується таким принципам. При низькому рівні попиту існує дуже низький обсяг загальної і нової пропозиції; при зростаючому попиті — низький обсяг попиту і загальної пропозиції (при цьому обсяг попиту може перевищувати обсяг нової пропозиції); при високому попиті і низькому обсязі загальної пропозиції існує низький обсяг попиту, загальної і нової пропозиції;

г) при зростанні попиту обсяг угод може не тільки зростати, але і (в разі створення дефіциту пропозиції) спадати (знижуватися);

д) динаміка співвідношення обсягів попиту, пропозиції та угод підпорядковується такому правилу: при зростанні попиту обсяг угод зростає і досягає обсягу попиту; при подальшому зростанні попиту спостерігається зниження загальної пропозиції (її «вимивання»), і при досягненні рівноваги попиту та загальної пропозиції — обсяг угод зменшується і обмежується обсягом пропозиції (графічне представлення правила наведено на рис. 1.8);

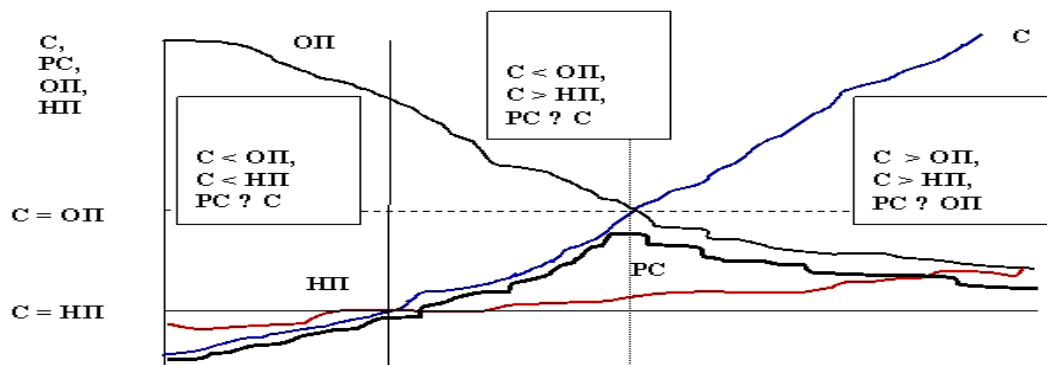


Рис. 1.8. Графічне представлення співвідношення між динамікою попиту (С), реалізованого попиту (РС), загальної пропозиції (ОП), нової пропозиції (НП) [100]

е) загальний обсяг пропозиції та обсяг попиту коливаються в протифазі з однаковим періодом, тривалість якого співпадає з тривалістю циклу коливання темпів зростання цін.

При цьому за напівперіод коливань обсягу пропозиції та обсягу попиту відбувся повний період коливань кількості угод.

Таким чином, обсяг угод (задоволений попит) у розглянутому періоді змінюється за такими принципами (рис. 1.9):

а) в умовах низького попиту малим є обсяг попиту і значно меншим обсяг загальної та нової пропозиції;

б) в умовах зростаючого попиту малими є обсяг попиту і загальної пропозиції; причому обсяг попиту може перевищувати обсяг нової пропозиції;

в) в умовах високого попиту та низького обсягу загальної пропозиції дуже низьким є обсяг попиту і обсяг загальної та нової пропозиції.

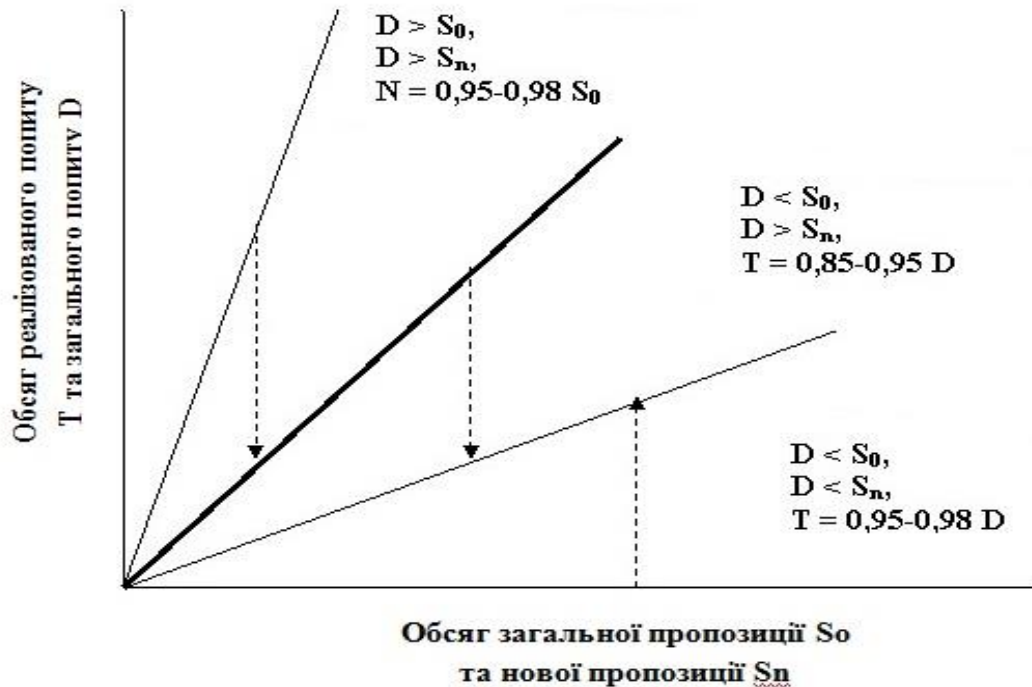


Рис. 1.9. Співвідношення між динамікою попиту та пропозиції [26]

Динаміка ціни на нерухомість є однією з кількісних характеристик взаємодії між суб'єктами ринку. З одного боку, динаміка ціни, як інтегральний показник стану ринку нерухомості, здійснює вплив на соціально-економічні характеристики економіки країни на різних її рівнях. А з іншого – динаміка ціни на нерухомість кількісно характеризує події, що відбуваються в економічному та суспільному житті держави.

На мікрорівні економіки (як сукупності окремих суб'єктів господарської діяльності: домогосподарств, підприємств) нерухомість є основним засобом для підприємства, його матеріальним (виробничим) капіталом, товаром соціального значення для домогосподарств та товаром спекулятивно-інвестиційного значення для страхових компаній, банків, юридичних осіб — суб'єктів ринку нерухомості (посередників, оцінювачів). На мікрорівні дослідження динаміки

ціни на житлове майно є корисною з точки зору вирішення соціально-побутових питань населення. У той же час динаміка ціни на комерційну нерухомість для підприємств (ріелторських фірм, консалтингових компаній, інвестиційних фондів) використовується для прийняття комерційних рішень.

На мезорівні (зокрема, в розрізі регіонів), динаміка ціни на нерухомість поряд з іншими показниками стану економіки регіону [43] характеризує його економічний, виробничий та інвестиційний потенціал, динамічність розвитку, ступінь впливу фундаментальних факторів (у тому числі, соціальних, екологічних, політичних) на економічну ситуацію в регіоні.

На макрорівні динаміка ціни на нерухомість є індикатором купівельної спроможності населення (добробуту домогосподарств), а динаміка ціни на комерційну нерухомість характеризує ділову активність країни.

Необхідно відмітити, що вторинний ринок житлової нерухомості в Україні після 2009 року є більш привабливим для інвесторів [16, 18]. Це пояснюється довгостроковістю забудов, значною кількістю незавершеного будівництва, зниженням якості новобудов, прецедентами афер із первинною нерухомістю. Дослідження динаміки ціни на вторинному ринку нерухомості одночасно дає змогу проаналізувати первинний ринок нерухомого майна всім рівням суб'єктів, а саме:

а) інвестиційним фондам, діяльність яких зосереджена на будівництві новобудов. Аналізуючи ситуацію на вторинному ринку нерухомості, можна зробити висновок про фази первинного ринку. Бум вторинного ринку співпадає з найвищою точкою первинного ринку нерухомого майна. Найнижча точка є також обвалом первинного ринку, оскільки вона свідчить про мінімальну купівельну спроможність населення;

б) посередникам на ринку нерухомого майна. Оскільки агенти отримують відсоток від продажу об'єкту нерухомого майна, їм більш вигідно «притримати» потенційну угоду до часу, коли нерухомість буде мати більшу ціну;

в) іншим суб'єктам інфраструктури ринку нерухомого майна. Прибуток страхових агентів та оцінювачів залежить від ціни на нерухомість, і є вищим під час фази пожвавлення ринку.

Таким чином, дослідження динаміки ціни на нерухомість як системної характеристики ринку нерухомого майна має важливе значення і передбачає отримання нової інформації щодо оцінки характеристик функціонування ринку, а також прогнозування його поведінки на різних часових інтервалах.

1.3 Огляд моделей та методів аналізу та прогнозування динаміки ціни на нерухомість

Останнім часом розробка та удосконалення методології прогнозування динаміки цін на нерухомість є особливо актуальними у зв'язку з тим, що нерухоме майно стало не тільки товаром соціального значення, але й фінансовим інструментом.

Як відомо [71], під *прогнозуванням* розуміють процес розробки прогнозів.

Більш детально, *прогнозування* — це вид пізнавальної діяльності людини, спрямованої на формування прогнозів розвитку об'єкта чи процесу на основі аналізу тенденцій і закономірностей їх розвитку, з метою ефективного управління економічним об'єктом [83].

Під поняттям «*прогноз*» будемо розуміти науково обґрунтоване судження про можливі стани об'єкта в майбутньому, про альтернативні шляхи і терміни його здійснення [71].

У [83] поняття *прогноз* (від греч. Prognosis, розглядається в такому уточненні — передбачення, провіщення, знання, інформація наперед) — це імовірне, науково аргументоване (тобто на підставі системи фактів, спостережень, доказів) оприлюднене судження про стан об'єктів (процесів) у

майбутньому або альтернативних шляхів і строків досягнення певних результатів.

Заключним етапом процесу прогнозування обов'язково має бути його *верифікація*, тобто оцінка ймовірності й точності або обґрунтованості прогнозу [71]. Під *періодом заснування прогнозу (період ретроспекції або база прогнозу)* розуміють проміжок часу, впродовж якого існує початкова інформація. Виділяють *період упередження* — проміжок часу, для якого будується прогноз (період проспекції).

У процесі побудови прогнозу особливого значення набуває *горизонт прогнозування* — максимально можливий період упередження прогнозу заданої точності [71].

Виділяють три основні етапи прогнозування як наукового аналізу [71]:

1. Ретроспекція — виявлення джерел, необхідних для прогнозування, методів виміру і надання ретроспективної інформації, уточнення характеристик об'єкта прогнозування.

2. Діагноз — етап визначення тенденцій розвитку об'єкта прогнозування, моделей і методів прогнозування.

3. Проспекція — етап розробки прогнозу розвитку об'єкта прогнозування, оцінки вірогідності, точності прогнозу.

Найпоширенішою класифікацією методів прогнозування є та, в основу якої покладена ступінь формалізації методів прогнозування, представлена в [71]. Відповідно прогнози можуть бути засновані на експертних висновках і на формалізованих моделях. Експертні прогнози мають суб'єктивний характер, ґрунтуються на здогадках, досвіді та інтуїції, не підпорядковуються строгим правилам, спираються, як правило, на неформальні міркування експерта. Прогнози, які засновано на моделях, є наслідками розроблених формалізованих правил або моделей (рис. 1.10).

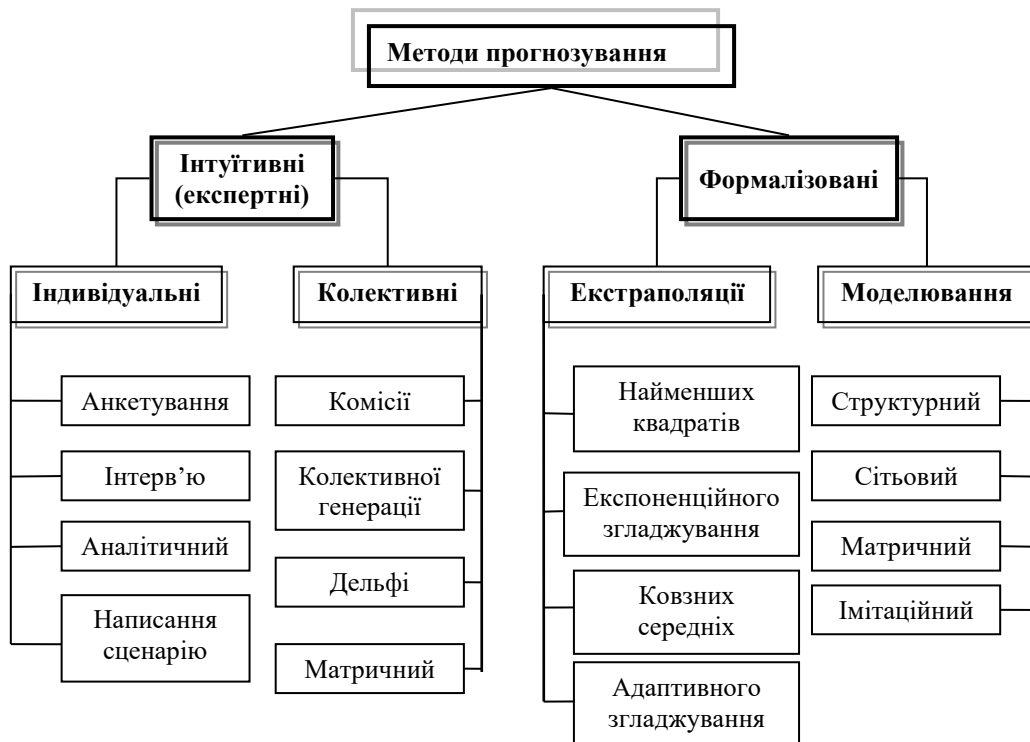


Рис. 1.10. Класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації [71]

Сутність формалізованих методів прогнозування за [104] полягає в розробці прогнозу на основі використання математичних формул та економіко-математичних моделей. Згідно з теорією прогнозування [104], прогнозування поведінки економічної системи за допомогою формалізованих моделей може бути здійснено за допомогою моделі, що належить до однієї з двох великих груп: каузальних та некаузальних моделей. Кожна з груп моделей має і переваги, і недоліки. Так, перевагою каузальних моделей є врахування фундаментальних факторів, проте їх застосування вимагає великого обсягу даних та витрат праці. Некаузальні моделі, в основу яких покладено технічний аналіз часового ряду, є більш легкими для застосування, оскільки не містять значного евристичного навантаження.

Для створення прогнозу поведінки економічної системи найчастіше використовують не один метод, а систему методів та моделей. Під *системою прогнозування* (прогнозуючою системою) розуміють упорядковану сукупність методик, технічних засобів, призначених для прогнозування складних явищ чи процесів [83].

Безпосередньо перед побудовою прогнозу динаміки ціни на нерухоме майно необхідно дослідити природу часового ряду. Для цього використовуються вже зазначені в пункті 1.1 гіпотези фрактального та когерентного ринку.

Одним з інструментів перевірки гіпотези фрактального ринку є аналіз часових рядів на основі обчислення показника Херста [141], який отримав назву — R/S -аналіз (rescaled range analysis). Метод був запропонований англійським дослідником Гарольдом Херстом. Херст виявив, що для багатьох часових рядів спостережуваний нормований розмах добре описується емпіричним співвідношенням [78]:

$$R/S = (a \cdot \tau)^H, \quad (1.1)$$

де a — певна константа,

τ — поточне значення обсягу вибірки,

H — показник Херста (приймає значення от 0 до 1).

Розмах R випадкової величини визначається як різниця максимального та мінімального накопиченого відхилення:

$$R(\tau) = \max_t X(t, \tau) - \min_t X(t, \tau), \quad t = \overline{1, \tau}, \quad (1.2)$$

$\tau = \overline{3, T}$, T — загальний обсяг вибірки.

Накопичене відхилення значень випадкової величини $x(t)$ від її середнього значення $\langle x(\tau) \rangle = \frac{1}{\tau} \cdot \sum_{i=1}^{\tau} x(i)$ за час t розраховується таким чином:

$$X(t, \tau) = \sum_{i=1}^t (x(i) - \langle x(\tau) \rangle) \quad (1.3)$$

Для порівняння різних типів часових рядів Херст поділив розмах варіації на середнє відхилення вихідних спостережень за формулами:

$$S(\tau) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \cdot \sum_{i=1}^{\tau} (x(i) - \langle x(\tau) \rangle)^2} \quad (1.4)$$

Прологарифмуючи співвідношення (1.1), отримаємо:

$$H(\tau) = \frac{\log(R/S)}{\log(a \cdot \tau)}. \quad (1.5)$$

Поведінку часового ряду, що характеризує динаміку ціни на фінансовому ринку, можна охарактеризувати ефектом Йосифа [78] за умов, що за додатними змінами скоріше відбудуться додатні, за від'ємними — від'ємні. Проте існує й ефект Ноя [78], сутність якого полягає в різкому зламі динаміки.

У роботах [99, 131] було розглянуто використання гіпотези когерентних ринків у роботі трейдерів, портфельних менеджерів, інвесторів, тобто тих фахівців, яким для формування портфеля активів необхідний інструментарій, що дозволяє враховувати поточний стан ринку, ступінь передбачуваності і ступінь волатильності окремих акцій і ринку в цілому. Основна перевага застосування гіпотези когерентних ринків для фондового ринку полягає в тому, що вона дозволяє враховувати певні настрої, інакше кажучи «групову свідомість» ринку. Проте, в роботі [131] для її обчислення використовується імовірнісний розподіл змін дохідностей ринку в часі, який розраховується таким чином:

$$f(q) = c * Q^{-1}(q) * \exp\left(2 * \int_{-1/2}^q (K(y)/Q(y)dy)\right), \quad (1.6)$$

$$K(q) = sh(k * q + h) - 2 * q * ch(k * q + h), \quad (1.7)$$

$$Q(q) = (1/N) * (ch(k * q + h) - 2 * q * h), \quad (1.8)$$

$$c = \int_{-1/2}^{1/2} Q(q) * \exp\left(2 * \int_{-1/2}^q (K(y)/Q(y)dy)\right) dq, \quad (1.9)$$

де $f(q)$ — щільність ймовірності щоденного прибутку q .

Параметрами порядку системи (1.6) є:

h — фундаментальний зсув (результат впливу зовнішніх економічних умов). Параметр варіюється від $-0,02$, що відповідає ведмежому ринку, до $+0,02$ — бичачий ринок. Значення, які знаходяться близько до $0,0$, відповідають нейтральній економічній ситуації.

k — показник поведінки натовпу. Параметр може приймати значення від $1,8$ до $2,2$. При цьому $k = 1,8$ відповідає повністю випадковому часовому ряду.

N — число ступенів свободи, або кількість учасників ринку. Будемо називати учасником ринку групу інвесторів із подібними інвестиційними діями і очікуваннями щодо подальшого напрямку ринку. Даний параметр було введено ще Томасом Веґе [131], він передбачається фіксованим і рівним 186 (кількість промислових груп).

У роботі [99] була зроблена спроба подолати складнощі обчислення щільності щоденної дохідності (прибутку), за рахунок кількісного оцінювання настроїв учасників ринку. Для цього за допомогою показника Херста було розроблено регресійне рівняння, яке дозволило встановити інтервал значень для параметрів порядку системи (рис. 1.11).

R= ,85676209 R^2= ,73404128 Adjusted R^2= ,66016386 F(10,36)=9,9359 p<,00000 Std.Error of estimate: ,00293						
N=46	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(36)	p-level
MO	-17,1411	6,73938	-0,00000023648	0,000000	-2,54343	0,015416
CU	-26,3226	10,97135	-0,00166869318	0,000696	-2,39922	0,021732
Цеп. ин. PI	108,2923	15,90365	0,53930429832	0,079201	6,80927	0,000000
Цеп. ин. PPI	-23,9421	10,58328	-0,11958131390	0,052859	-2,26226	0,029814
Цеп. ин. HS	-6,0496	2,23887	-0,03021698679	0,011183	-2,70208	0,010444
UR^2	10,7162	5,14780	0,00000000025	0,000000	2,08170	0,044540
CPI^2	-35,4460	13,23165	-0,00000576533	0,000002	-2,67888	0,011064
UR*MO	26,7427	6,38410	0,00000000187	0,000000	4,18895	0,000173
UR*PI	24,9752	7,34690	0,00000000002	0,000000	3,39943	0,001664
GDP*M2MS	-61,4600	11,23506	-0,00000019373	0,000000	-5,47038	0,000004

Рис. 1.11. Регресійна модель визначення константи фундаментального зсуву h [99]

Проте, подібна методологія розрахунку є дієвою тільки для фондового ринку, оскільки потребує великої кількості спостережень (переважно, поденних). Статистика ринку нерухомості ж має потижневий чи помісячний характер, тому чуттєвість параметрів системи є значно нижчою, аніж для фондового ринку. Відповідно, результати аналізу щільності ймовірності щоденного прибутку не надають змогу висловитися щодо стану ринку нерухомого майна. Отже, постає питання ідентифікації фаз стану ринку нерухомого майна, та після цього – застосування релевантного інструментарію прогнозування для кожної з фаз.

Існуючі дослідження динаміки ціни на нерухоме майно стосуються здебільшого аналітичного та експертного аналізу циклічності цінових коливань. Зокрема, за [52] цикли ринку нерухомості являють собою певні схеми встановлення цін протягом довготривалих періодів часу, як правило, від двох чи трьох до 20-ти років. Цикли визначають часовий рух (підйоми і падіння) ринку нерухомого майна. Кожен цикл відрізняється від попередніх циклів причинами, тривалістю, глибиною і впливом на різні типи власності і регіони. Крім того, цикли ринку нерухомості не так різко виражені, як інші економічні цикли, що пояснюється унікальними характеристиками нерухомості. Сам цикл розвитку ринку нерухомості включає 4 основні фази: відновлення, активне зростання, надлишок пропозиції та спад.

Згідно з [95] цикли на ринку нерухомості є іманентною властивістю ринку як складної кібернетичної соціально-економічної системи. Ці цикли (періоди і амплітуди їхнього протікання) являють собою результат суперпозиції декількох циклів коливання темпів зростання цін, які протікають різними темпами а іноді й різнонаправлено. На етапі стійкого зростання макросистеми — економіки регіону, країни — дослідження циклів проводять шляхом послідовного виділення «старших», повільно протікаючих циклів, визначення приросту цін відносно отриманого базового тренду і наступних трендів «молодших», середньо- та швидкоплинних циклів і виявлення причин (факторів), які спричинили таку ситуацію на ринку.

Звичайний розвиток ринку нерухомості, за [95], є циклічним. Цикл, рівний 20-25 рокам, носить назву «будівельного циклу». Він пов'язаний із відповіддю ринку на демографічну ситуацію в країні. Новостворені родини визначають попит на нове житло. Під впливом високого попиту будівельники зводять багато нового житла. Темпи освоєння нових територій забудови, врешті-решт, перевищують темпи утворення нових родин. Попит різко спадає, що знаходить свій вираз в обвальному падінні цін.

Аналізуючи динаміку ціни на ринку нерухомості, а також циклічність ринку як важливу його характеристику, вчені [52, 95, 33, 146, 149] намагаються простежити взаємозв'язок між циклами на ринку нерухомості та циклами в національній економіці. Абсолютна більшість вчених робить висновок про те, що ці цикли не збігаються в часі, але є взаємопов'язаними. Однак єдиного підходу до причинно-наслідкового зв'язку взаємовпливу ринку нерухомості та національної економіки ще не виведено.

За [2, 33] спад на ринку нерухомості передуює спаду економіки в цілому, відповідно підйом на ринку настає раніше, ніж в економіці. Це означає, що стан ринку нерухомості є своєрідним індикатором тенденцій в економіці, і навпаки — за поліпшенням ситуації на ринку нерухомості настане підйом у національній економіці.

Зміна ситуації на ринку нерухомості, на думку монетаристів [33], у зв'язку з його важливістю як джерела зайнятості для населення і об'єкту інвестицій для підприємців, приводить до серйозних наслідків для всієї економіки. У теорії реальних циклів ділової активності [146] цикли на ринку нерухомості виступають як зрушення, які відбуваються в інших сферах і галузях економіки і розповсюджуються на сферу нерухомості. Зміна активності на ринку нерухомості може за часом передувати загальній зміні економічної активності, хоча активність на ринку нерухомого майна є наслідком у причинно-наслідковій залежності. Це пов'язано з проявом раціональних очікувань суб'єктів ринку нерухомості.

За [149] буми та депресії різної інтенсивності на ринку нерухомості відбуваються кожні 15-20 років, а самі цикли знаходяться в прямій залежності від циклічності економіки в цілому. Як правило, спад на ринку нерухомості передує спаду в економіці, але його підйом відстає від загального підйому.

Існуючі моделі та методи прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно, хоча і є різними, мають спільні передумови — наявність, окрім циклічної та сезонної складової, тренду в часовому ряду ціни на нерухомість. *Трендом* часового ряду $Z: z_t = z(t), t = 1, 2, \dots, n$ називають нециклічний (неперіодичний) компонент, що плавно змінюється та описує чистий вплив довготривалого фактору [104]. Для прогнозування поведінки часових рядів, які містять тренд, у двадцятому столітті був розроблений клас методів, який враховує автокореляційні властивості часового ряду, а саме модель авторегресії-ковзного середнього (АРКС або, англ. — ARMA-модель). Оскільки більша частина цих досліджень була здійснена статистиками Г.Е.П. Боксом (G.E.P. Box) та Г.М. Дженкінсом (G.M. Jenkins), використання моделей цього класу зазвичай називають «методами Бокса-Дженкінса».

Модель АРКС (p, q) визначається таким чином:

$$x_t = \varphi_1 x_{t-1} + \dots + \varphi_p x_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (1.10)$$

де $x_t = x_t - m_k$ — відхилення від середньої;

ε_t — випадкова компонента, що інтерпретується як помилка прогнозування на крок вперед, із середнім значенням (математичним очікуванням) нуль і дисперсією s^2 ;

p — порядок авторегресії;

q — порядок ковзної середньої.

Для розширення можливостей моделей прогнозування з цього класу, а саме врахування наявності нелінійного тренду, розроблено нові класи моделей, наприклад: моделі авторегресійної умовної гетероскедастичності (ARCH),

GARCH-моделі (моделі зі змінною дисперсією), TGARCH-моделі, MGARCH-моделі, SGARCH-моделі та інші [104].

Моделі прогнозування поділяють на каузальні та некаузальні. До некаузальних моделей прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно, зокрема, відноситься дослідження [6], в якому для прогнозування цін на нерухоме майно використано нейромережеву систему, що поєднує прямозв'язну мережу зустрічного поширення (МЗП) і мережу з алгоритмом оберненого поширення помилки (АОПП) за умови застосування в них стохастичного (больцманівського) методу навчання з використанням як активаційних функцій щільностей розподілів Коші, Лапласа і Гауса.

За інформаційну базу розв'язання цієї задачі обрано пропозицію ринку нерухомості у м. Черкасах (база даних обсягом 840 записів). Похибка отриманої моделі складала близько 4%, проте недоліком даної методології є надмірна складність налаштування нейромережі. Крім цього, модель є недостатньо універсальною і потребує значного часу при переналаштування на інший регіон.

У [18] було здійснено статистичний аналіз тенденцій розвитку і сучасної кон'юнктури національного ринку житлової нерухомості, а також доведено адекватність статистичної моделі ARIMA з параметрами (1,1,0) для описування цінової динаміки на вторинному ринку житлової нерухомості і доцільність її використання в короткостроковому прогнозуванні кон'юнктури ринку. Проте, побудована модель не враховує вплив фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно, що робить її недостатньо універсальною.

Досвід використання каузальних методів прогнозування динаміки ціни на нерухомість представлено роботою [14], що містить математичну модель, яка базується на математичному апараті регресійного аналізу. Динаміка ціни на нерухоме майно розглядається, виходячи з таких передумов. Ринок нерухомості є інертною системою, якій не притаманні різкі коливання цін зі змінною тенденцією від місяця до місяця. Термін інерційності складає, за думкою дослідника, два-три місяці. Тому підхід прямого розрахунку зміни середньої

ціни по місяцях (особливо по тижнях) призводить до об'єктивно хибних висновків, якщо статистичний «шум» приймається як коливання цін. Інструментарієм для розрахунків є нейронна мережа, на вхід якої подавався набір агрегованих значень фінансових рядів прогнозованих макроекономічних показників. У відповідності до запланованих сценаріїв, на виході були отримані прогнозні криві зміни динаміки фінансового ряду цінового індексу житлової нерухомості. За думкою автора [14] запропонована методологія має і переваги, і недоліки. До переваг побудови прогнозу динаміки ціни на нерухомість відносять унікальну властивість відслідковувати ледь уловимі взаємозв'язки в доступних даних, що не може забезпечити жоден з інших методів. Крім того, експерт не є заручником визначення математичної моделі поведінки часового ряду. Побудова нейромережевої моделі відбувається адаптовано під час «навчання», без втручання експерта. Недоліком нейронних мереж є їх недетермінованість. Мається на увазі те, що після «навчання» виникає так званий «чорний ящик», який створює прогноз таким чином, що логіка прийняття нейромережею рішень залишається абсолютно прихованою від експерта.

У [82] розроблена імітаційна економіко-математична модель прогнозування цін на нерухоме майно та здійснено розрахунок динаміки цін об'єктів регіонального ринку житлової нерухомості. Підхід базується на збалансуванні цінової асиметрії житлових об'єктів та спрямований на підвищення рівня їх доступності для населення. Із метою визначення майбутнього значення рівня цін на житлові об'єкти розроблено та адаптовано до існуючих умов функціонування регіонального ринку житлової нерухомості імітаційну економіко-математичну модель прогнозування цінової динаміки у вигляді нейронної мережі. Проте, запропонована модель не є достатньо мобільною та потребує переналаштування при зміні зовнішнього середовища ринку нерухомого майна.

У роботі [98] запропоновано поняття ефективної ціни на ринку житлової нерухомості та принципи її розрахунку. Аналіз цін на ринку нерухомості та прогнозування рівня цін на наступні періоди здійснюється в залежності від

значень певних макроекономічних показників (ВВП, заробітна плата, індекс споживчих цін тощо). Для вивчення динаміки розвитку ринку нерухомості було застосовано моделі авторегресії з корекцією похибки, які найповніше описують механізм реагування ринку на зміну макроекономічних показників. Водночас, запропонована модель вимагає використання бази статистичних даних, а саме макроекономічних показників, що ускладнює процес прогнозування.

На думку [55] часовим рядам, які відображають стан ринків, властива не тільки складова нелінійного тренду. Ці ряди є, перш за все, рядами з довгостроковою пам'яттю, мають цикли, якісні переходи, дробову розмірність і можуть описуватися в категоріях детермінованого хаосу, теорії самоорганізації, але не за принципами статистичного упорядкування.

1.4 Еволюція концепцій аналізу фінансових ринків

Аналіз наукових праць вітчизняних і зарубіжних науковців виявив, що теоретичні концепції кількісного аналізу та прогнозування фінансових ринків зазнали певної еволюції в часі, і процес їх формування ще не завершився. Класична теорія ринку (Ф. Кене, А. Сміт, О. Курно та ін.) базувалася на *гіпотезі ліберального та рівноважного ринку* (LEMH), яка, попри широке визнання, в результаті неспроможності пояснити реальні процеси панувала недовгий час. На зміну їй висунуто *гіпотезу ефективного ринку* (EMH), елементи якої було сформульовано вже на початку XX ст. (Л. Башельє, П. Кутнером [138], А. Коулсом та ін.) [78]. В основу цієї концепції покладено припущення про раціональність учасників (тому синонімічна назва — теорія раціонального інвестора) і подання ділової активності на ринках як «випадкового блукання» («справедливої» ціни). Залежно від кількості інформації виділяють три форми ринку: *слабку*, за якої вартість фінансового активу повністю відображає всю інформацію за певну кількість попередніх періодів; *середню* — вартість фінансового активу відображає також всю

публічну інформацію на поточний момент часу; *сильну* — вартість відображає всю інформацію, в тому числі закриту (інсайдерську). Ця концепція представляла лінійну парадигму, але змінила існуючий на той час детермінізм в описі ринків на стохастичність та обґрунтовувала використання імовірнісних розрахунків, стимулювала розробку статистичного інструментарію аналізу. Проте вже в сімдесяті роки ХХ ст. було виявлено, що статистичні залежності на ринках не підпорядковуються закону нормального розподілу Гауса, а моделювання традиційними методами призводить до значних похибок.

Тому з 1990 р. сформувалася *гіпотеза фрактального ринку* (ФМН) (Б. Мандельброт [146], А. Херст [141], Е. Петерс [78] та ін.), в якій обґрунтовується твердження, що ринки кінця ХХ ст. є фрактальними. Ця гіпотеза створювалася як альтернатива до ЕМН, яка більш адекватно відображає процеси, що відбуваються на фінансових ринках: для інвестора важливим є не ефективність ринку, і навіть не «справедлива» ціна, а ліквідність ринку (сама можливість купити або продати товар). Якщо інвестор хоче продати актив, то він готовий продати його за ціною, що не дорівнює «справедливій» [78]. ФМН надає особливого значення впливу інформації та інвестиційних горизонтів в поведінці інвесторів. На думку А. Херста [78], часові ряди, що відображають стан ринків, є рядами з довгостроковою пам'яттю, мають цикли, тренди, якісні переходи, дробову розмірність і можуть описуватися в категоріях детермінованого хаосу, теорії самоорганізації, але не за принципами статистичного упорядкування. Застосування методів нелінійної динаміки до питань вивчення фінансових ринків із погляду ФМН здійснювалося Б. Мандельбротом [146], Б. Лебероном, А. Броком, Д. Сьє, Д. Сорнетте [94], Е. Петерсом [78], М. М. Дубовіковим, Г. Г. Малинецьким [68], Н. К. Максишко [64], В. О. Перепелицею [60], А. Б. Потаповим, Л. Н. Сергєєвою [85], В. М. Соловйовим [89], Н. В. Старченко та ін.

Проте в 1991 році Т. Веґе [157] була запропонована інша концепція — *гіпотеза когерентного ринку* (СМН), в якій статистична динамічна модель поєднується з гіпотезою фрактальності. Основне положення гіпотези

когерентного ринку [78] — функція щільності ймовірності ринку визначається груповими настройками та фундаментальним зміщенням. Ця гіпотеза стверджує [78], що реальні процеси на ринках — це результат співвідношення нелінійного зв'язку зовнішнього середовища з внутрішньою організацією та дії групової свідомості. При цьому ці співвідношення динамічні, нелінійні і мають якісні переходи. Тому, як правило, ринок знаходиться в одному зі своїх чотирьох станів: випадкове блукання, нестійкий перехід, хаос, когерентність. Зауважимо також, що гіпотеза когерентного ринку, як правило, пояснює емпіричні дані, кількість яких недостатня для того, щоб ствердно висловитися відносно фрактальності. Проблемам дослідження властивостей та прогнозування ринків на основі застосування СМН присвячено наукові роботи Н. К. Максишко, С. С. Чеверди [108], Д. Л. Філатова [99], Л. П. Яновського [132].

У роботах [132] була запропонована *гіпотеза синергетичного ринку* (СМН), яка має за мету об'єднати гіпотези класичного, ефективного, когерентного та фрактального ринків у систему несуперечливих тверджень за рахунок встановлення меж, обмежень і допущень для кожної з них. Тому для побудови базової моделі СМН використовуються: феноменологічна теорія фазових переходів (для пояснення нестійкості статистичних систем), положення теорії великих та складних систем, теорія біфуркацій, катастроф, теорія самоорганізації (І.Р. Пригожина [79]) та теорія синергетики (Г. Хакена [101]).

Прийняття будь-якого теоретичного базису для розробки методології аналізу, моделювання та прогнозування ринкових процесів потребує глибокого дослідження конкретного ринку з метою виявлення передумов застосування відповідного інструментарію.

Зазначені часові ряди може бути досліджено методами дискретної нелінійної динаміки [58]. *Дискретна нелінійна динаміка (ДНД)* — розділ математичного моделювання, який присвячено дослідженню властивостей динамічних систем із використанням нелінійних моделей дискретного типу.

До інструментарію дискретної нелінійної динаміки належать фрактальний аналіз, фазовий аналіз, моделі клітинних автоматів та однорідних структур, генетичні алгоритми тощо.

Розроблена авторами на основі концепції дискретної нелінійної динаміки система моделей і методів аналізу та прогнозування реалізує такі загально визнані та прийняті положення.

Положення 1. Більшості ЧР, що відображають динаміку розвитку економічних систем, властива довгострокова пам'ять і вони мають фрактальну структуру (узагальнення гіпотези фрактального ринку).

Це означає, що кожний рівень ЧР (спостереження) має пам'ять про події, що йому передують, причому це не короткострокова (або, інакше, «марківська») пам'ять, а довгострокова (або, точніше, довготривала). Недавні події мають більший вплив, ніж події віддалені, проте залишковий вплив останніх завжди відчутний. Наявність довготривалої пам'яті означає порушення вимоги незалежності рівнів ЧР (щодо застосування статистичних методів) та є свідченням фрактальної природи ряду, тобто структури, для якої характерними є глобальний порядок та локальна випадковість. З алгоритмічної точки зору фрактальна структура є атрактором (граничною множиною) правила (алгоритму), що її породжує.

Сформульоване положення 1 визначає границі застосовності розробленої системи моделей та методів прогнозування.

Положення 2. Вибір методу прогнозування визначається властивостями динаміки економічного показника (ЧР).

Точність прогнозування визначається двома чинниками: прогностичними можливостями інструментарію прогнозування та властивостями об'єкту прогнозування, для виявлення яких на етапі аналізу використовуються комплексний фрактальний аналіз (який містить метод нормованого розмаху Херста, метод послідовного R/S -аналізу, метод оцінки глибини пам'яті ЧР) та фазовий аналіз.

Положення 3. Параметри моделей й методів прогнозування враховують кількісні характеристики властивостей динаміки, що виявлено на етапах передпрогнозного аналізу.

Знання, які отримано на етапі передпрогнозного аналізу (прогнозної ретроспекції) використовуються на етапі прогнозування (прогнозної проспекції). Для побудови прогнозної моделі, яка враховує фрактальну структуру ЧР і виявлені на етапі аналізу оцінки глибини пам'яті, використовується модель однорідної структури (МОС).

Положення 4. Розроблена система моделей та методів аналізу та прогнозування розвитку економічних систем повинні бути програмно реалізовані для забезпечення їх використання в економіці.

Властивості таких часових рядів можуть бути описані за допомогою *системних характеристик динаміки* [62]. До складу множини системних характеристик динаміки належать такі характеристики (властивості): інерційність (або трендостійкість), локальна стійкість (L -стійкість), локальна мінливість (L -мінливість) та L -невизначеність. Ці характеристики відображають властивості ряду динаміки відносно змін: якісних (напряму руху) або кількісних (стрибків значень рівнів), проте кожна має свою специфікацію.

Інерційність (або трендостійкість) — властивість динаміки зберігати напрям руху, тобто схильність рухатися за напрямом тренду: якщо рівні ряду динаміки зростали в попередній період, то ймовірніше, що вони будуть зростати і в наступний період. Ця властивість, згідно фрактальної теорії, зумовлена довготривалою пам'яттю ряду динаміки.

Локальна стійкість (L -стійкість) — характеризує ступінь інерційності — властивість динаміки за деякі проміжки часу зберігати значення з обмеженого околу (відсутність значних відхилень від значення показника та (або) напряму руху).

Локальна мінливість (L -мінливість) — властивість ряду динаміки, що відображає його схильність до значних змін значень у малому околі часу.

Очевидно, що властивості L -стійкості та L -мінливості ряду динаміки взаємно протилежні, тому, характеризуючи динаміку, доречно використовувати те, що більш виражено (тобто має більший ступінь прояву).

L-невизначеність — характеристика динаміки щодо передбачуваності — відображає співвідношення між визначеністю характеру інформації відносно напрямку і швидкості руху та невизначеністю.

У роботі [62] проаналізована ступінь прояву визначених системних характеристик (властивостей) динаміки (економічних часових рядів), яку характеризує система показників $P = \{P_p^k(X), p = \overline{1, p_k}, k = \overline{1, 4}\}$, а також досліджені можливості кількісного оцінювання системних характеристик ряду економічної динаміки на основі показників, що отримуються засобами комплексного фрактального та фазового аналізів.

Розрахунок системних характеристик динаміки дозволяє точніше аналізувати фінансові ряди з урахуванням часу, або «передісторії» прогнозованої події. При цьому передпрогнозний аналіз на базі статистичних методів є також необхідним, використання комплексного фрактального аналізу з урахуванням системних характеристик динаміки доповнює його інформацією про властивості пам'яті часового ряду.

Розглянута множина показників застосовується для методу прогнозування динаміки ЧР на базі моделі однорідної структури (МОС) [58], який здійснюється за такими етапами:

- 1) передпрогнозний аналіз ЧР;
- 2) ідентифікація параметрів МОС за ЧР $X = \langle x_i \rangle, i = \overline{1, n}$, що розглядається (ретроспекція), яка містить підетапи:

– визначення множини $T = \{u^r, r = \overline{1, R}\}$ — алфавіту внутрішніх станів елементів однорідної структури;

– формування поточного стану МОС на базі перетворення вихідного числового ЧР X у лінгвістичний часовий ряд $U = \langle u_i \rangle, i = \overline{1, n}$, тобто заміни кожного рівня $x_i \in X$ певним термом $u_i = u^r \in T$;

– формування глобальної функції переходів на базі ідентифікації локальних функцій переходів, конкретизація індексу сусідства Q та шаблонів сусідства;

3) верифікація моделі — обчислення оцінок точності та обґрунтованості моделі;

4) прогнозування (проспекція).

МОС надає можливість отримати прогноз двох видів: нечіткий лінгвістичний прогноз та нечітке числове прогнозне значення. Проте числовий прогноз є недостатньо точним через неточну визначеність верхніх та нижніх огинаючих ламаних. Крім того, модель однорідної структури не враховує вплив фундаментальних факторів на динаміку часового ряду. Саме поліпшення цієї властивості моделі було покладено в основу удосконалення цього методу прогнозування.

Поєднання позитивних рис моделі однорідної структури та методології, що здатна врахувати вплив фундаментальних факторів, може бути здійснено на базі гібридного підходу.

Гібридизація [15] представляє собою інтеграцію методів та технологій на глибинному рівні, коли різні блоки системи реалізують деякий один метод розв’язання інтелектуальних задач та взаємодіють між собою. Глибинний рівень об’єднання передбачає створення нових методів, які використовують поняття поєднаних базових методів. У дослідженні [59] створено гібридну модель на базі інструментарію дискретної нелінійної динаміки. Гібридна прогнозна модель ГМ1 базується на інтеграції моделі однорідної структури, що реалізує функції та призначення, аналогічні функціям штучної нейронної мережі та генетичного алгоритму. Узагальнена схема гібридної прогносної моделі ГМ1 представлена на рис. 1.12.

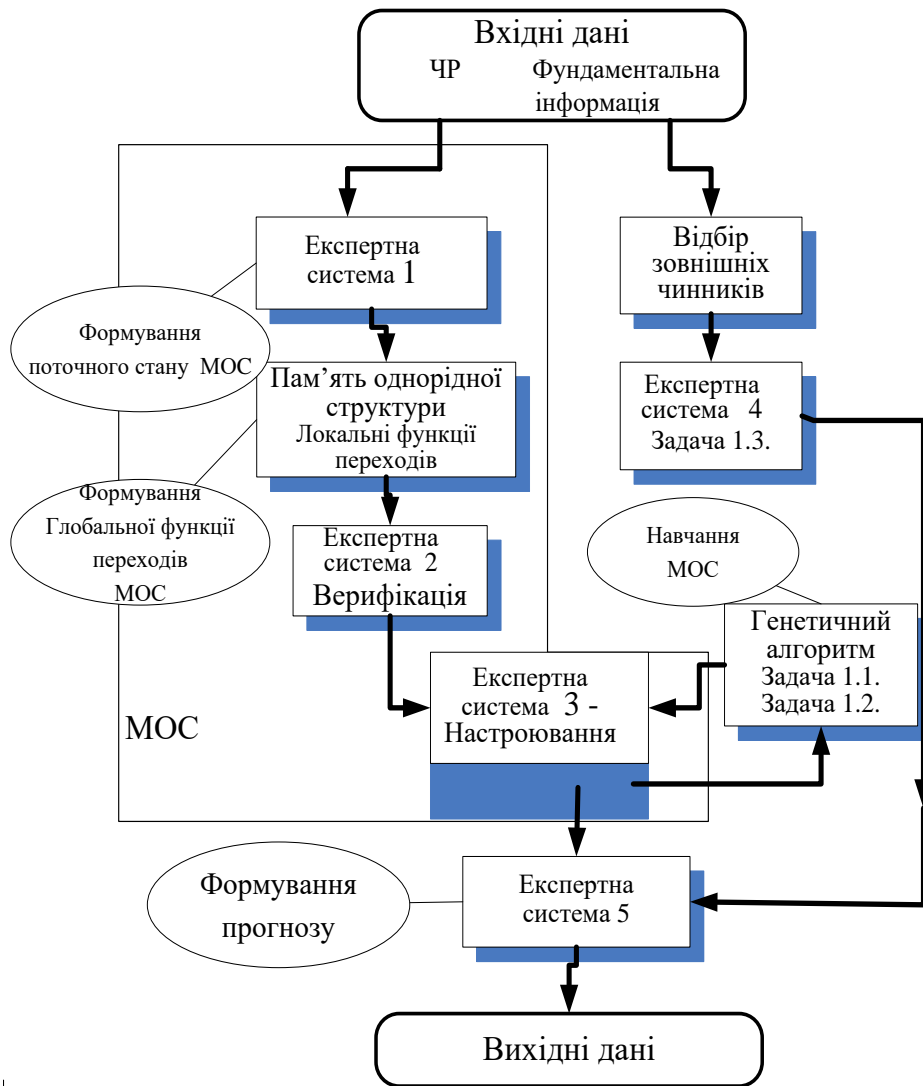


Рис. 1.12. Узагальнена схема гібридної прогнозової моделі ГМ1 [58]

Ядром моделі є модель однорідної структури. На відміну від базової моделі однорідної структури, що відображає внутрішні властивості розвитку економічної системи, гібридна модель ГМ1 дозволяє налаштування параметрів моделі таким чином, щоб урахувати вплив випадкових (внутрішніх і зовнішніх) факторів, завдяки чому досягається значне зменшення можливих похибок прогнозу. Розроблена гібридна модель ГМ була ефективно застосована для аналізу і прогнозування ряду динаміки базових індексів обсягів промислового виробництва на рівні країни і регіону (Запорізької області), проведення порівняльного аналізу.

Гібридна модель може успішно вирішити проблему прогнозування динаміки ціни на нерухомість, якщо посилити одну з її складових — експертну систему, що оптимізує отримані результати прогнозу.

Посилити гібридну модель можливо за допомогою інструментарію когнітивного моделювання. На цей час когнітивне моделювання використовується з метою управління економічним розвитком складних соціально-економічних об'єктів в нестабільному зовнішньому середовищі [42, 62, 37], а саме:

- для визначення стратегічної позиції соціально-економічного об'єкту (підприємства), тобто як розвиватися, в якому напрямі рухатися об'єкту в його макрооточенні — зовнішньому середовищі (політичному, соціальному, економічному тощо);

- для забезпечення керівництвом своєчасної реакції на події, що виникають з боку зовнішнього середовища, тобто дати відповідь на швидкі і несподівані зміни в макрооточенні.

Когнітивний аналіз і моделювання є принципово новими елементами в структурі систем підтримки прийняття рішень. Сьогодні наявна достатня кількість розроблених проектів у різних сферах практичної діяльності, які базуються на когнітивних технологіях. Так, застосування когнітивних технологій в економічній сфері дозволяє в стислі строки розробити і обґрунтувати стратегію розвитку економічної системи із врахуванням змін у зовнішньому середовищі. Використання технології когнітивного моделювання дає змогу здійснювати випереджальне управління, не доводити потенційно небезпечні ситуації до загрожуючих і конфліктних, а у випадку їх виникнення — приймати раціональні управлінські рішення.

У процесі формування структури когнітивної моделі необхідно виділити множину властивостей, які характеризують об'єкт дослідження з точки зору визначеного аспекту, кожний вид властивостей представити набором елементарних властивостей, а кожен елементарну властивість об'єкта дослідження необхідно подати у вигляді вектора параметрів. Після цього

визначаються елементарні параметри, що входять в основу кожного вектора параметрів. До основних етапів створення когнітивної моделі проблемної ситуації можна віднести такі: виявлення найбільш суттєвих факторів, які достатньо повно описують проблемну ситуацію; встановлення причинно-наслідкових відношень між виявленими факторами; формування на основі експертного висновку матриці ваг для встановлення зв'язків; безпосередня побудова когнітивної моделі досліджуваної ситуації у вигляді зв'язаного зваженого орієнтованого графа [34].

Когнітивне моделювання дозволяє в короткі терміни, зокрема на якісному рівні, оцінити проблемну ситуацію та провести аналіз взаємовпливу діючих факторів, що визначають можливі сценарії розвитку даної ситуації, виявити тенденції її розвитку, визначити можливі механізми взаємодії економічних суб'єктів у господарській системі для досягнення її цілеспрямованого розвитку, розробити та обґрунтувати напрями управління проблемною ситуацією, визначити можливі варіанти впливу на ситуацію з урахуванням наслідків прийняття управлінських рішень і порівняти їх. Перевагою когнітивної моделі є той факт, що за допомогою орграфів можна поєднати в єдине ціле різні показники, причому індикатори можуть оцінюватися і кількісно, і якісно. За допомогою когнітивної моделі можна прослідкувати тенденцію розвитку системи в тому чи іншому напрямку і вибрати кращий варіант. Варто відмітити також, що апарат орграфів особливо корисний для аналізу взаємодії важкоформалізованих факторів [39].

За допомогою когнітивного моделювання успішно вирішуються завдання визначення ризиків банкрутств підприємства, створення його оптимальної структури [39, 56, 34], проте для дослідження ринку нерухомості такий інструментарій ще не використовувався. Водночас, за допомогою когнітивного моделювання може бути враховано вплив фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно.

Вирішення завдання прогнозування є неможливим без аналізу ризиків, пов'язаних з невизначеністю майбутнього. Оцінка ризиків за допомогою тільки

ймовірного підходу можлива лише при прогнозуванні найближчого майбутнього, коли існуючі в даний момент тенденції ще мають місце. Для більш віддалених горизонтів планування зазвичай використовують експертну інформацію, що характеризується невизначеністю суб'єктивної природи. Аналогом використання експертних оцінок може бути застосування результатів нечітких моделей, особливо в таких випадках. По-перше, у випадку недостатності та невизначеності знань про систему, що досліджується, коли отримання потрібної інформації є складним, трудомістким, витратним або взагалі неможливим завданням. По-друге, у разі необхідності адекватної обробки невизначеної інформації, якщо параметри та вхідні дані не є точними і коректно наданими. По-третє, у випадку застосування «прозорого» моделювання та ідентифікації реальних систем, які є нелінійними в своїй основі та не можуть бути представлені моделями, що використовують існуючі методи ідентифікації [76, 46, 129].

Проблемам нечіткого моделювання присвячено праці таких дослідників у галузі моделювання — А. Н. Борисова, Н. В. Дилигенського, Л. Заде [162], Н. К. Касабова, Е. Мамдані, А. В. Матвійчука [129], О. О. Недосєкіна [76], А. П. Ротштейна, М. Сугено, Х. Циммермана та ін.

Залежно від призначення постулати і положення теорії нечітких множин та нечіткої логіки в нечітких моделях можуть використовуватися в таких випадках: безпосередньо при описі системи, при завданні параметрів, входів, виходів та станів системи.

Таким чином, для прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно використовується достатньо обмежений набір інструментів, зокрема, факторний аналіз, методи нейромережевого моделювання, регресійний аналіз. Але поза увагою залишається такий сучасний та досить потужний інструментарій, як математичні методи та моделі нелінійної динаміки, когнітивне моделювання, гібридний підхід. Саме їх системне використання дає змогу отримати точний прогноз динаміки ціни на нерухоме майно.

1.5 Засади прогнозування динаміки ціни на нерухомість з урахуванням гіпотези когерентного ринку

Інформаційною базою для дослідження динаміки ринку нерухомого майна є статистична інформація щодо ціни на нерухомість, яку надає, зокрема, Консалтингова компанія SV Development [41]. Об'єктом дослідження є динаміка ціни на нерухоме майно на житловому ринку нерухомого майна (у зв'язку з лівовою часткою цього сегменту ринку нерухомості) представлена помісячними часовими рядами (ЧР) :

$P = \langle p_t \rangle, t = \overline{1, n}$ – ЧР середньої ціни квадратного метру (\$/кв. метр);

$RP = \langle rp_t \rangle, rp_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, t = \overline{2, n}$ — ЧР дохідностей нерухомого майна

(НМ) та ін.

Побудуємо концептуальні положення прогнозування динаміки ціни на нерухомість як системну єдність трьох складових:

1) теоретичного підґрунтя — тверджень (гіпотез), що адекватно відображають реальний стан ринку нерухомого майна;

2) методологічного забезпечення — обґрунтування вибору класу моделей та методів для здійснення передпрогнозного аналізу та прогнозування динаміки ціни на нерухомість;

3) інструментального забезпечення — розробка та формування комплексу математичних методів та моделей, реалізованих в інформаційній технології, для прогнозування динаміки ціни на нерухомість).

Розглянемо зміст складових більш детально. В основу концептуальних положень прогнозування динаміки цін на нерухомість покладено *теорію фінансових ринків* та *теорію прогнозування часових рядів*.

Згідно *теорії фінансових ринків* ринок нерухомості України, що є складною економічною системою, може підпорядковуватися одній з так званих

«гіпотез», запропонованих та досліджених у роботах Е. Петерса [78] та Т. Веге [157]: ефективного, фрактального, когерентного або синергетичного ринків. Дослідження [78] дозволяють сформулювати такі концептуальні положення у формі тверджень.

Твердження 1. Для ринку нерухомого майна в сегменті вторинного житла має місце гіпотеза когерентного ринку (СМН).

В основу цього твердження покладено аналіз структури ринку (множини агентів, інвесторів) та виявлення в динаміці ринку нерухомості (ЧР P та RP) фаз, наявність яких сформульована у СМН:

1. Фаза випадкового блукання — змістовно відповідає ситуації, коли всі (у тому числі і представники різних груп) інвестори розгублені, приймають рішення випадковим чином, незважаючи на колективну думку. Така ситуація, зазвичай, має місце безпосередньо під час рецесійних процесів, одразу після гострого спаду.

2. Фаза нестійкого переходу — змістовно відповідає ситуації, коли поступово починає формуватися суспільна раціональна думка.

3. Фаза хаотичного ринку — ринок складається (розширюється) з груп інвесторів з різними горизонтами.

4. Фаза когерентності — відповідає ситуації, коли відбувається поєднання надзвичайно сильних проявів суспільної свідомості та фундаментальних передумов, що в результаті дає структурні зрушення тренду динаміки цін.

Отже, для вибору релевантної прогностичної моделі та побудови системи прогнозування ціни на ринку нерухомості необхідно спочатку ідентифікувати фазу, в якій перебуває ринок, а потім застосувати адекватний для цієї фази метод прогнозування.

Звідси випливає, що для прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомості надзвичайно важливим є етап передпрогнозного аналізу, головною метою якого є ідентифікація виділених вище фаз когерентного ринку. З цією метою до методологічного забезпечення передпрогнозного аналізу включено такий інструментарій:

1) методи статистичного аналізу (для перевірки відповідності рівнів часового ряду ціни нормальному закону розподілу або визначення відхилень від нього на основі обчислення точкових статистичних характеристик);

2) існуючі метричні тести на детермінований хаос;

3) методи фрактального аналізу (для визначення наявності детермінованої складової — довготривалої пам'яті часового ряду): метод нормованого розмаху Херста — стандартний R/S -аналіз, метод послідовного R/S -аналізу. Результатом застосування цих методів є визначення показника Херста H та нечіткої глибини пам'яті часового ряду $L(X) = \{ (l_i, \mu_L(l_i)), l_i \in L_0 \subset N \}$;

4) метод ідентифікації фази когерентного ринку, що базується на нечіткому виводі та застосуванні параметрів-характеристик динаміки, отриманих у результаті попередніх досліджень (методи 1 – 3).

Зауважимо, що етапи (методи) 1 — 3 можуть виконуватися в будь-якому порядку або паралельно. Проте етап (метод) 4 є завершальним для етапу передпрогнозного аналізу.

Для розробки методу ідентифікації (етап 4) в результаті застосування статистичного, комплексного фрактального та кореляційного аналізу (етапи 1 — 3) виділено систему показників, що можуть бути використані як критерії належності ринку до однієї з фаз, а саме A — коефіцієнт асиметрії вікна часового ряду ціни; H — значення показника Херста; l_{Hz} — величина глибини пам'яті часового ряду, що зустрічається найчастіше; H_{entrop_L} — показник інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті [83].

Оскільки згідно з гіпотезою когерентного ринку поточний стан ринку нерухомого майна може відноситися до однієї з чотирьох фаз, розглянемо можливу множину фаз ринку нерухомості як повний простір подій $T = \{E_q, q \in Q\}$, де E_1 — фаза випадкового блукання, E_2 — фаза нестійкого переходу, E_3 — фаза хаотичного ринку, E_4 — фаза когерентності. При переході ринку від фази E_1 до фази E_4 спостерігається підвищення рівня порядку на

ринку: зростає суспільна свідомість інвесторів, їх дії стають більш впорядкованими та усвідомленими.

Тому для того, щоб ідентифікувати фазу ринку, оберемо як вихідну нечітку змінну «рівень порядку на ринку», що опосередковано визначає належність рівня $rp_t \in RP$ до певної фази ринку. Введемо позначення:

$$LOM(rp_t) = \{(E_q, \mu_{E_q}(rp_t)), q = \overline{1,4}\}, \quad (1.11)$$

де $E_q \in T^{LOM}$ — лінгвістичне значення змінної $LOM(rp_t)$,

T^{LOM} — терм-множина, $T^{LOM} = \{ДН, Н, С, В\}$.

Зміст терм-множини T^{LOM} визначається завданням виділення фаз на ринку нерухомості та їх зв'язком із рівнем «порядку» (тобто детермінованості) на ринку. Так, «дуже низький рівень» (ДН) порядку на ринку відповідає фазі випадкового блукання; «низький рівень» (Н) порядку — фазі нестійкого переходу; «середній рівень» (С) порядку відповідає фазі хаотичного ринку; «високий рівень» (В) порядку — фазі когерентності.

Твердження 2. Кожна фаза когерентного ринку потребує застосування відповідної системи прогнозування.

Після визначення фази ринку нерухомого майна постає питання застосування релевантного інструментарію прогнозування динаміки ціни на нерухомість. Для фаз випадкового блукання та нестійкого переходу є доцільним використання методів екстраполяції, для фази хаотичного (фрактального) ринку та фази когерентності — методології прогнозування нелінійної динаміки).

Таким чином, вибір інструментарію прогнозування пов'язаний із певною інтелектуальною діяльністю. Тому теоретичне підґрунтя вибору методології моделювання та відповідного інструментарію може бути визначено з таких міркувань.

З початку розвитку обчислювальної техніки провідним завданням є побудова інтелектуальних систем, що мають сприяти більш ефективному використанню інтелектуальних здібностей людини за допомогою систем підтримки прийняття рішень. Із метою відображення роботи людського мозку засобами математичного моделювання в математичній кібернетиці розвиваються логічний та нейрокібернетичний підходи [15]. У межах нейрокібернетичного підходу в одній інтелектуальній системі концептуально поєднуються різні методи для обробки знань. У результаті утворюється так звана гібридна інтелектуальна система [40, 133]. Перевага цього напрямку полягає в урахуванні на глибокому рівні зв'язків між властивостями та процесами, що відбуваються в інтелектуальній системі. Тому саме гібридний підхід обраний для вирішення проблем передбачення динаміки ціни на нерухомість з урахуванням гіпотези когерентного ринку. У табл. 1.2. виділено проблемні (щодо прогнозування) характеристики динаміки ціни на ринку нерухомості, їх змістовні передумови та відповідний математичний апарат, що дає змогу відобразити ці властивості та може бути покладеним у розробку гібридної прогнозної системи, яка дасть змогу інтегрувати в єдиній системі функції аналізу та логічної обробки.

Таким чином, можна сформулювати таке твердження.

Твердження 3. Система прогнозування для ринку НМ повинна бути реалізована на засадах гібридного підходу.

Гібридний підхід дає змогу поєднати переваги обох груп моделей прогнозування часових рядів. Некаузальні моделі — моделі часових рядів — мають бути побудовані на основі застосування моделей та методів дискретної нелінійної динаміки [62], до складу якої (відповідно до табл. 1.4) може бути включена модель однорідної структури, в роботі якої використано правила нечіткого логічного виводу, результати передпрогнозного аналізу методом комплексного фрактального аналізу, а також генетичні алгоритми — для налаштування параметрів моделі (за критерієм мінімізації відхилень).

**Проблемні щодо прогнозування властивості динаміки ціни на нерухомість
та відповідні засоби їх відображення**

	Проблемні властивості динаміки щодо прогнозування			
	Невизначеність	Асиметричність	Нелінійність	Нестійкість
Джерело проблеми на ринку нерухомості	Інформаційна недосконалість ринку нерухомості; неформалізованість чинників впливу на динаміку ціни; нечіткість у висновках та оцінках експертів	Відмінності у реакціях учасників ринку на події, що відбуваються на ринку за силою реакції та часовим лагом	Опосередкований вплив певних факторів на динаміку ціни на нерухомість	Динамічність умов та цілей внутрішнього та зовнішнього середовища
Математичний інструментарій, що здатний відобразити особливості динаміки ціни	Нечітка математика	Нейронні мережі, клітинні автомати, модель однорідної структури	Когнітивне моделювання	Генетичний алгоритм

Для використання переваг каузальних моделей у межах застосування гібридного підходу для розбудови системи прогнозування пропонується побудова когнітивної моделі ціноутворення на ринку нерухомості. Варіантні розрахунки за такою моделлю дадуть змогу враховувати дію чинників фундаментального характеру на зміну ціни. Необхідність цього виявляється особливо при прогнозуванні ціни, у ситуації, коли ринок перебуває у фазі когерентного ринку. Фундаментальні фактори діють через інструмент «ціна» – «вартість», тобто викликають зміну ціни фінансового інструмента через зміну його вартості.

Загальне схематичне представлення концепції прогнозування динаміки ціни на нерухомість на базі гібридного підходу як єдності трьох складових:

1) теоретичного підґрунтя; 2) методологічного забезпечення та 3) інструментального забезпечення як комплексу моделей і методів, наведено на рис. 1.13.

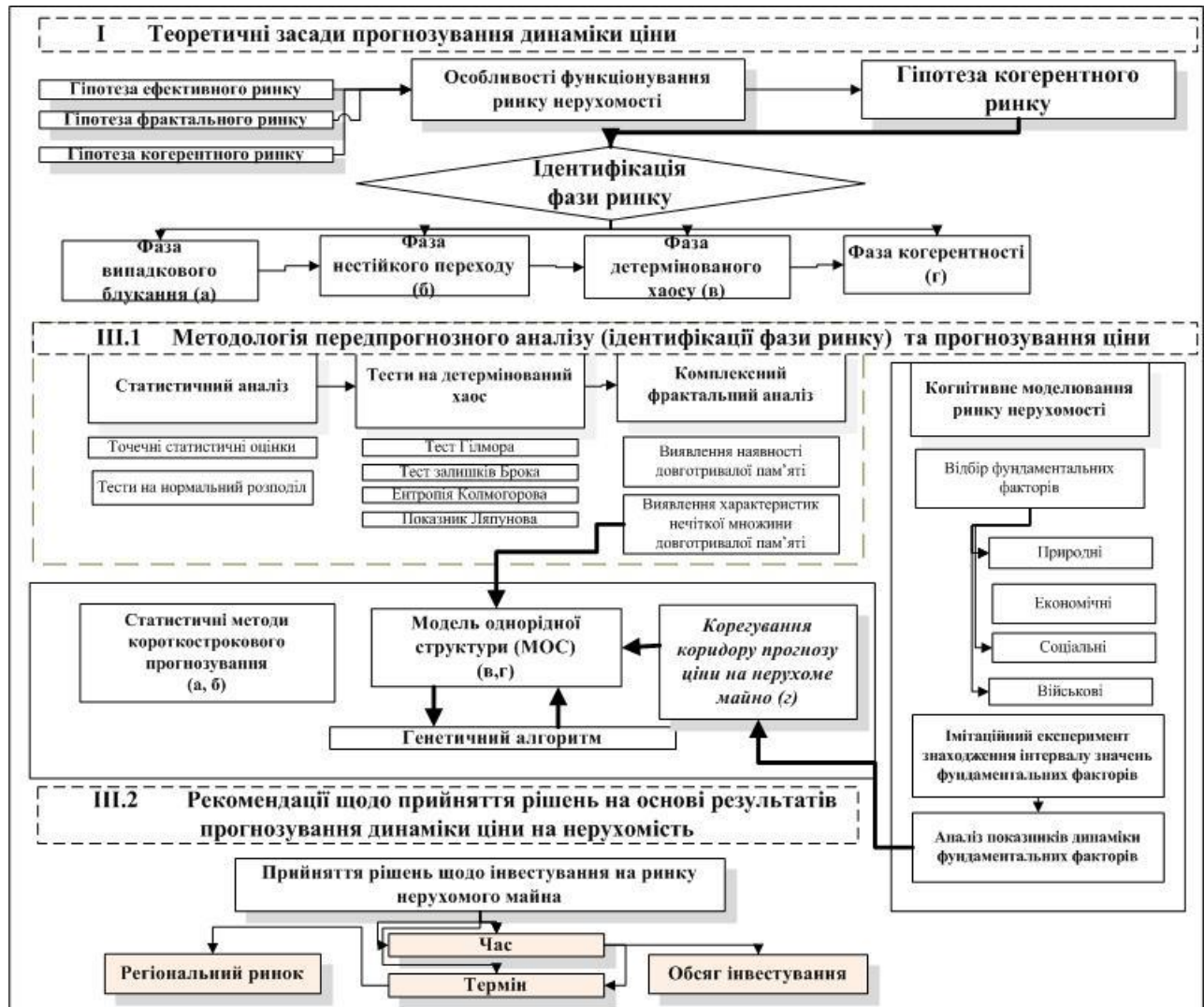


Рис. 1.13. Концептуальна схема прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку

Зауважимо, що гібридна система прогнозування розбудована за допомогою використання такого варіанту гібридизації, як інтеграція [95]. Гібридизація є певною мірою проявом синергетичності, оскільки до переваг, що притаманні гібридній моделі прогнозування, відносять позитивні риси кожної з її складових. Зокрема:

1. Запропонована гібридна система прогнозування передбачає врахування суттєвих фундаментальних факторів. На цей час ринок нерухомого майна України потребує саме якісних досліджень [42]. Урахування чинників якісного характеру, які важко формалізувати, дозволить вирішити такі проблеми:

- передбачити розвиток ринку нерухомого майна, поведінки ціни на нерухомість тощо під впливом політичних, соціальних та екологічних чинників;

- визначення необхідності будівництва нерухомості того чи іншого типу, що приведе до уникнення перенасичення міст одноманітними забудовами;

- ефективне будівництво масштабних проєктів;

- прогнозування кризи ринку нерухомого майна;

- передбачення економічної кризи в країні.

2. Застосування моделі однорідної структури у фазах хаотичного ринку та фазі когерентного ринку дає змогу побудувати більш точний прогноз динаміки ціни на нерухоме майно. При використанні для прогнозування моделі однорідної структури основний наголос робиться на врахуванні базових властивостей динаміки, яка ідентифікована як фрактальна, тобто така, що породжується деяким детермінованим механізмом (алгоритмом), притаманним саме цій економічній системі. Наявність дії такого механізму виявляється в ефекті довготривалої пам'яті в часовому ряді економічного показника [58], що відрізняє його від динаміки, породжуваної стохастичними процесами та потребує (для більш точного прогнозування) врахування.

Прийняті теоретичні та методологічні положення щодо прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно, сутність яких полягає в прийнятті для ринку нерухомого майна гіпотези когерентного ринку, дають змогу окреслити зміст та напрям розбудови системи економіко-математичних методів та моделей, які призначені для прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомого майна.

Арсенал інструментального забезпечення концепції визначається змістом ідентифікованих у результаті застосування розробленого методу фаз. Для прогнозування динаміки ціни за умови перебування ринку у фазі випадкового

блукання та нестійкого переходу для прогнозування до складу інструментарію включаються будь-які відомі методи короткострокового прогнозування часових рядів (методи екстраполяції, адаптивні методи, методи прогнозування нестационарних часових рядів – ARIMA, GARCH та інші); за умови перебування ринку у фазі фрактального та когерентного ринку з метою врахування властивості персистентності або наявності довготривалої пам'яті, а також можливих зміщень у груповій свідомості на ринку, до інструментального забезпечення концепції пропонується включити побудовану гібридну систему прогнозування, що інтегрує інструментарій дискретної нелінійної динаміки та когнітивного моделювання.

Використання концептуальних положень та розроблених методів і моделей дає змогу підвищити економічну ефективність діяльності на ринку нерухомості при підготовці та прийнятті управлінських рішень: більш точний прогноз динаміки ціни на нерухомість дозволяє обґрунтувати рішення щодо доцільності інвестування в нерухоме майно, вибору регіонального ринку, часу та горизонту інвестування.

2 ПЕРЕДПРОГНОЗНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ЦІНИ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО

2.1 Статистичний аналіз ринку нерухомого майна (точка зору гіпотези ефективного ринку)

У розділі 1 монографії виявлено, що динаміка ціни на нерухомість є важливим кількісним показником аналізу змін на ринку нерухомого майна. Для кількісної оцінки динаміки будемо застосовувати такі статистичні показники, як абсолютні прирости, темпи зростання, темпи приросту. В основі розрахунку цих показників динаміки лежить порівняння рівнів часового ряду (ЧР).

Інформаційною базою для дослідження динаміки ринку нерухомого майна є статистична інформація щодо середньої ціни квадратного метру нерухомого майна на вторинному ринку житлової нерухомості, яку надає Консалтингова компанія SV Development [41]. До статистичної інформації включають так звану «ціну угоди», тобто ту ціну, за якою була здійснена угода. Саме ця інформація найбільш точно описує стан ринку нерухомого майна, на відміну від «ціни пропозиції», тобто першої ціни, за якою власник нерухомості погодився б на угоду.

Базу даних компанії утворюють більш, ніж 30 тис. угод щорічно в кожному з обласних центрів країни, інформація про які надходить з усіх великих ріелторських фірм. До розрахунку не включають ціну нерухомості, яка була об'єктом угоди, здійсненої без посередника.

Введемо необхідні позначення.

$P^U = \langle p_i^U, i = \overline{1, n} \rangle$ — часовий ряд середньої ціни квадратного метру нерухомого майна на вторинному ринку житлової нерухомості (Price of Ukraine) в Україні в помісячному вираженні. Представимо візуально ці часові ряди на рис. 2.1.

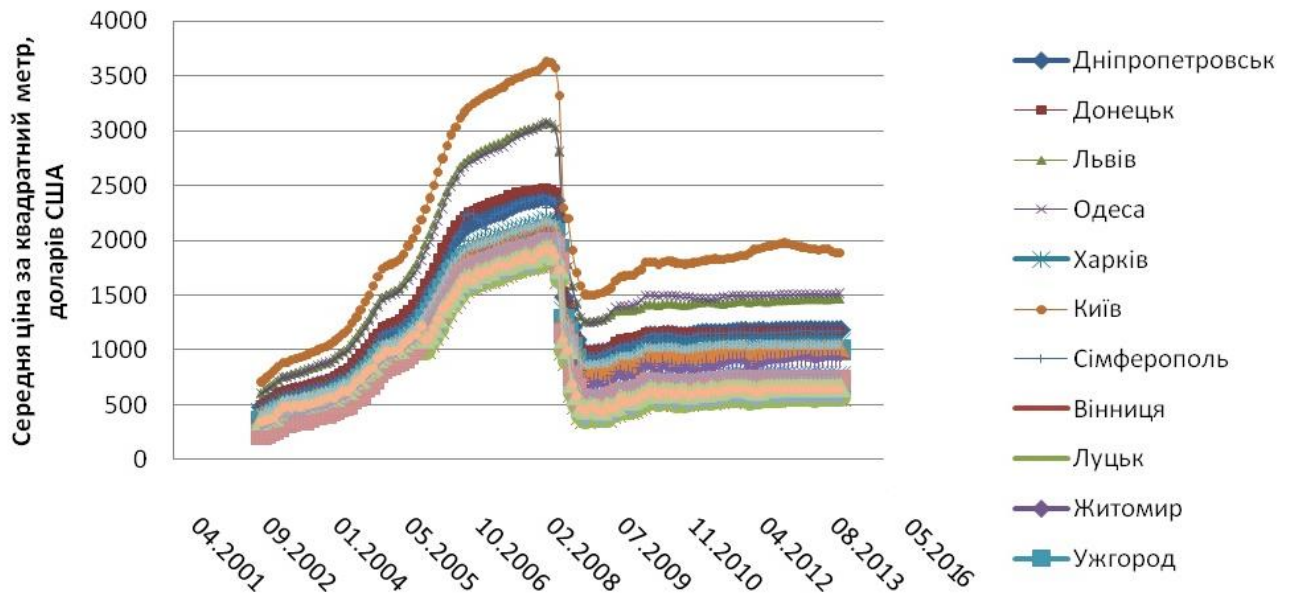


Рис. 2.1. Динаміка ціни на нерухомість (ЧР P^k) в помісячному вираженні по обласних центрах за період із січня 2003 р. по травень 2016 р. [44]

$P^k = \langle p_i^k \rangle, i = \overline{1, n}, k \in \{U, 1, 2, \dots, K\}$ — часовий ряд середньої ціни на нерухомість у k -му обласному центрі України. Для уніфікації надалі будемо позначати ЧР як $P^k, k \in \{U, 1, 2, \dots, k, \dots, K\} = M$. Оскільки часовим рядам ціни на нерухоме майно в усіх обласних центрах притаманний високий коефіцієнт кореляції, та їхня динаміка є схожою, в подальшому будемо розглядати ЧР P^6 — ціни на нерухомість у м. Києві.

До інформаційної бази аналізу, окрім абсолютних значень ціни за квадратний метр нерухомого майна, включимо такі типи часових рядів: показники відносних приростів зростання (дохідності нерухомого майна), а також ланцюгові прирости ціни (у відношенні до того ж місяця попереднього року). Ці показники характеризують зміни, що відбуваються на ринку нерухомості.

$$RP^k = \langle r_i^k \rangle, rp_i^k = \left\langle \frac{P_i^k - P_{i-1}^k}{P_{i-1}^k} \right\rangle, i = \overline{1, n}, k \in M$$
 — ЧР доходностей нерухомості,

\$/кв. метр (RP – Revenue of Price). Візуалізацію ЧР RP^6 представлено на рис. 2.2.

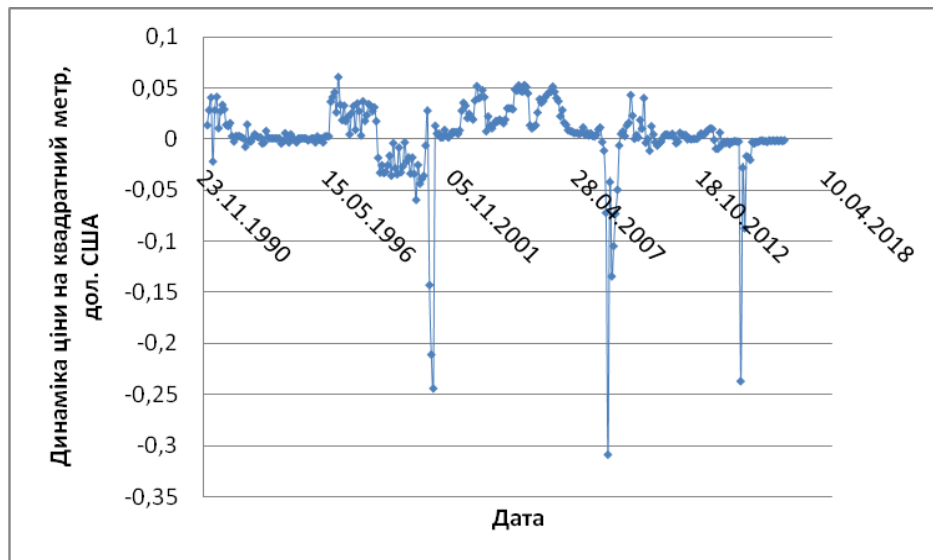


Рис. 2.2. Графічне представлення ЧР RP^6 дохідності нерухомості в м. Києві за період із січня 2003 р. по травень 2016 р. [41]

$$MP^k = \langle mp_i^k \rangle, mp_i^k = \left\langle \frac{P_i}{P_{i-12}} \right\rangle, i = \overline{13, n} \quad \text{— ЧР ланцюгових приростів цін на}$$

нерухомість, відношення до відповідного місяця попереднього року, \$/кв. метр (Month Price). Порівняльний аналіз динаміки ЧР P^6 , RP^6 та MP^6 представлено на рис. 2.3.

Абсолютні значення цін у помісячному вираженні надають змогу дійти висновку про доцільність комерційного та соціально-побутового інвестування фізичних осіб в нерухоме майно. Аналіз рядів динаміки дохідності є корисним для юридичних осіб, зокрема, інвестиційних фондів.

Для врахування інтересів інвесторів на ринку нерухомого майна з різними інвестиційними горизонтами включимо до бази аналізу дохідності з різними часовими інтервалами (термінами) оцінки:

$$R^k = \langle r_i^k \rangle, r_i^k = \left\langle \frac{P_i^k - P_{i-l}^k}{P_{i-l}^k} \right\rangle, i = \overline{l+1, n}, l \in \{3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36\} \quad \text{— кварталної,}$$

піврічної, річної, півторарічної, дворічної, двох із половиною річної та трирічної дохідності нерухомого майна.

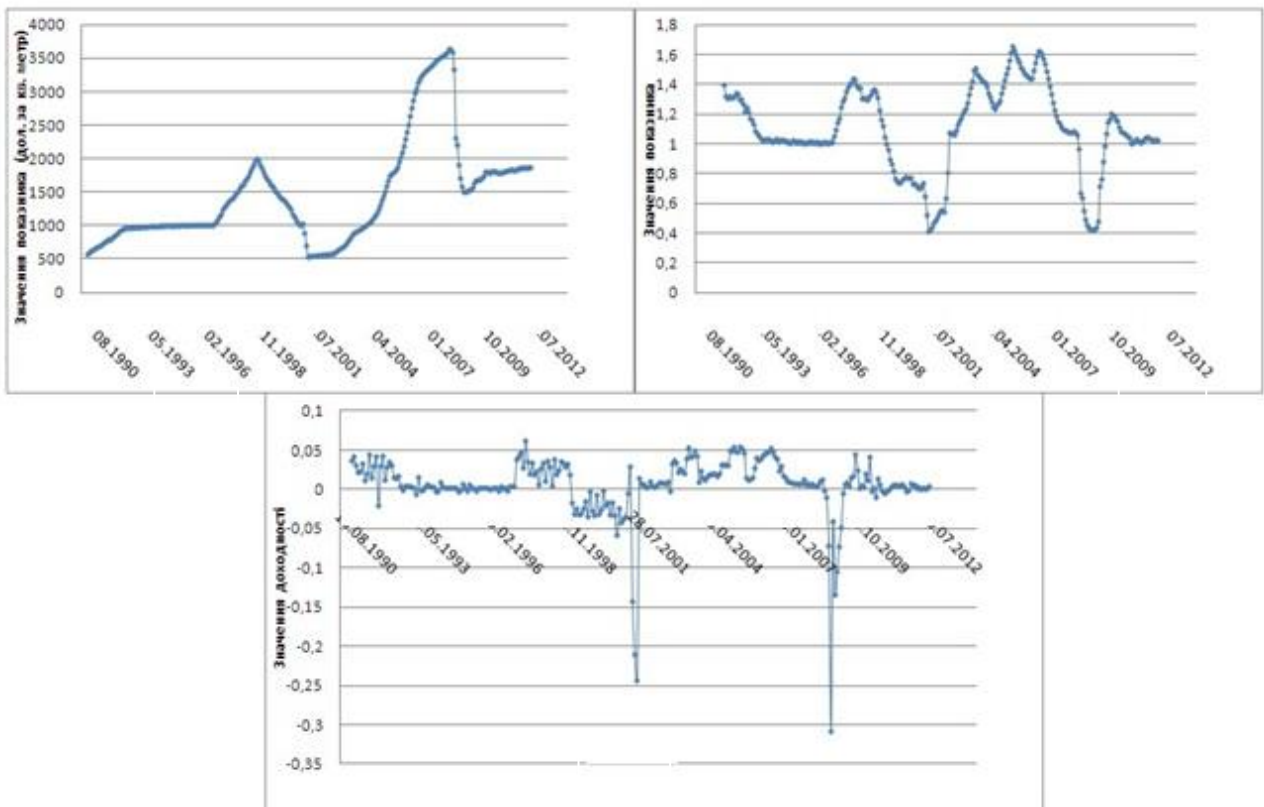


Рис. 2.3. Візуальне представлення ЧР а) P^6 ; б) MP^6 ; в) RP^6
із січня 1991 року по травень 2016 року [41]

Візуалізацію ЧР RP^k , $l = 0, 1, 3, 6, 12, 18, 24, 30, 36$ представлено на рис. 2.4. При цьому вище значення індексу дохідності свідчить про більшу прибутковість інвестицій при заданому терміні. Аналіз рис. 2.4 дає змогу підтвердити факт, що довгострокові інвестиції в нерухомість зазвичай є прибутковішими, ніж короткострокові. Наприклад, у період із серпня 2001 року по серпень 2007 року відбувається декілька поступових збільшень квартальної, піврічної та річної дохідності, в той час як дворічна прибутковість згладжує гострі кризові моменти.

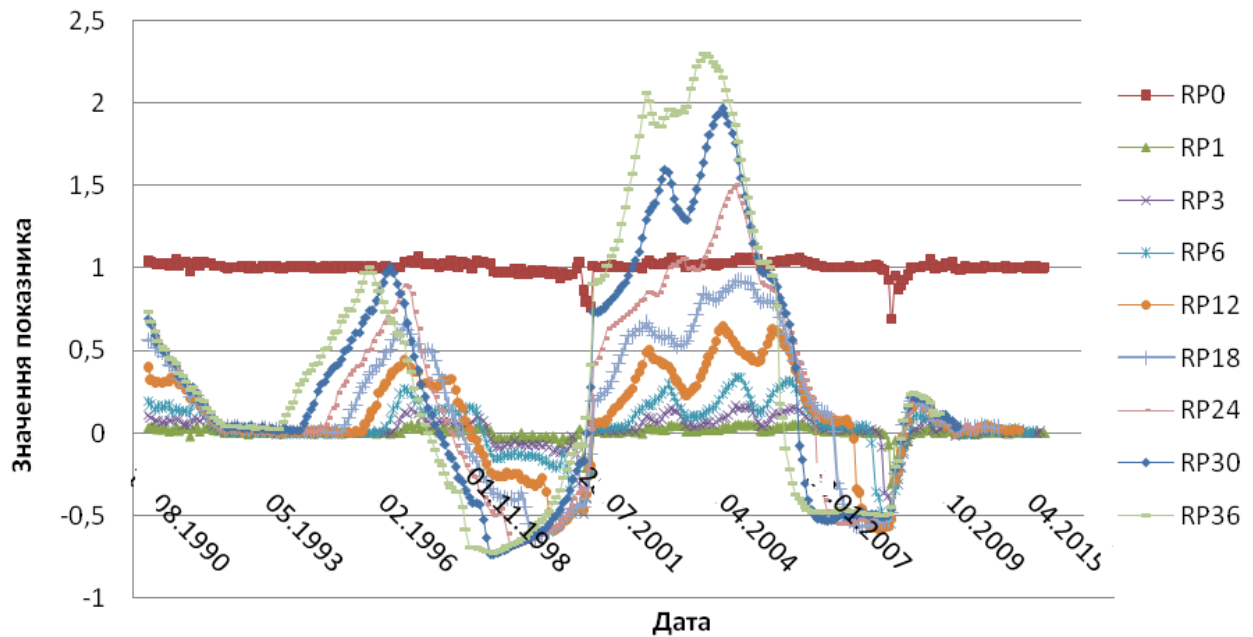


Рис. 2.4. Візуальне представлення часових рядів дохідностей нерухомості з різними інвестиційними горизонтами [41]

Крім інформації про потенційну прибутковість за умов інвестицій упродовж заданого часового інтервалу, дохідність цін може бути використана як інструмент опису стану ринку нерухомості з потрібною чутливістю. Для цього побудуємо кореляційну матрицю часових рядів дохідностей цін із різними інвестиційними горизонтами (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Кореляційна матриця часових рядів дохідностей цін
з різними інвестиційними горизонтами**

	<i>RP0</i>	<i>RP1</i>	<i>RP3</i>	<i>RP6</i>	<i>RP12</i>	<i>RP18</i>	<i>RP24</i>	<i>RP30</i>	<i>RP36</i>
<i>RP0</i>	1								
<i>RP1</i>	1	1							
<i>RP3</i>	0,832605	0,832605	1						
<i>RP6</i>	0,69306	0,69306	0,892307	1					
<i>RP12</i>	0,557832	0,557832	0,733032	0,878931	1				
<i>RP18</i>	0,484181	0,484181	0,637483	0,772389	0,933679	1			
<i>RP24</i>	0,426354	0,426354	0,568136	0,695099	0,853523	0,954701	1		
<i>RP30</i>	0,334094	0,334094	0,463419	0,592749	0,768247	0,882103	0,961453	1	
<i>RP36</i>	0,261324	0,261324	0,362689	0,467341	0,647462	0,786777	0,886175	0,961209	1

Аналіз табл. 2.1 дає змогу зробити висновок, що коефіцієнт кореляції поступово знижується під час зростання інтервалу дохідності. Тобто трирічна дохідність лише в загальних рисах описує економічну ситуацію на ринку нерухомості за цей період, більш детальний опис дає змогу зробити квартална чи річна дохідність.

Оскільки ринок нерухомості України, як будь-яка економічна система, взаємодіє із зовнішнім середовищем, для дослідження динаміки ціни на нерухоме майно в Україні встановимо вплив на неї світового ринку нерухомості. Для дослідження світового ринку нерухомості було обрано індекс S&P Case/Shiller [154], що представляє собою індекс цін на житло по 20-ти найбільших містах США. Індекс розраховується за методикою Карла Кейса і Боба Шиллера і є щоквартальною оцінкою зміни цін на окремі односімейні будинки в США. Рейтинг публікується рейтинговим агентством Standard & Poor's (Harold McGraw III). Візуальне представлення індексу Case-Shiller США представлено на рис. 2.5.

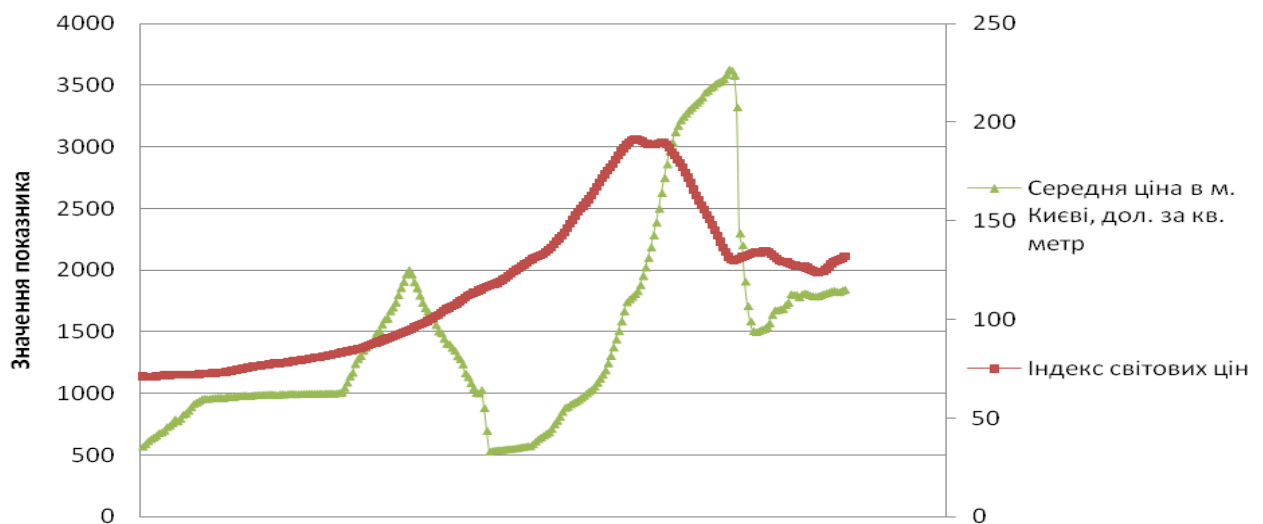


Рис. 2.5. Середня ціна на нерухомість в місті Києві та індекс світових цін (за даними [157])

Як видно з рис. 2.5, зв'язок між цінами на нерухомість в місті Києві та індексом Кейса-Шиллера існує з певним часовим лагом. Це підтверджується

показником кореляції, який без часового лагу складає 0,41, а з запізненням у 18 місяців дорівнює 0,82.

Проаналізуємо властивості динаміки ціни на нерухомість в Україні, зокрема, статистичний аналіз динаміки цін. У табл. 2.2 представлені точкові оцінки статистичних характеристик часових рядів P^k , $k \in M$ цін на нерухомість за обласними центрами.

Таблиця 2.2

Статистичні показники регіональних ЧР P^k , $k \in M$

Міста	Показники	Середнє	СКВ	Мода	Медіана	Варіація	Екссес	Асиметрія
Вінниця		1075,0	550,8	302,0	959,0	0,51	-0,54	0,68
Дніпропетровськ		1267,0	612,2	1132,0	1132,0	0,48	-0,55	0,68
Донецьк		1319,0	638,4	1165,0	1161,0	0,48	-0,57	0,70
Житомир		1059,0	550,2	944,0	944,0	0,52	-0,53	0,69
Запоріжжя		1083,0	552,4	956,0	955,0	0,51	-0,52	0,71
Івано-Франківськ		950,1	566,6	743,0	743,0	0,6	-0,52	0,87
Київ		1928,0	911,4	1804,0	1788,0	0,47	-0,58	0,57
Кіровоград		824,0	519,2	387,0	544,0	0,63	-0,57	0,95
Луганськ		821,6	519,2	540,0	543,0	0,63	-0,57	0,95
Луцьк		1065,0	552,3	815,0	947,0	0,52	-0,53	0,68
Львів		1620,0	784,1	1416,0	1418,0	0,48	-0,55	0,70
Миколаїв		967,6	549,7	371,0	824,0	0,57	-0,50	0,72
Одеса		1615,0	769,3	1500,0	1478,0	0,48	-0,52	0,64
Полтава		872,6	518,7	324,0	599,0	0,59	-0,56	0,95
Рівне		934,6	567,0	728,0	728,0	0,61	-0,52	0,87
Сімферополь		1250,0	613,5	1145,0	1130,0	0,49	-0,50	0,71
Суми		862,2	518,6	447,0	588,0	0,6	-0,56	0,96
Тернопіль		894,7	567,0	547,0	688,0	0,63	-0,52	0,87
Ужгород		1065,0	550,5	967,0	947,0	0,52	-0,54	0,65
Харків		1139,0	550,3	1024,0	1024,0	0,48	-0,53	0,67
Херсон		912,0	518,0	501,0	635,0	0,57	-0,56	0,95
Хмельницький		960,6	567,1	755,0	755,0	0,59	-0,52	0,95
Черкаси		1134,0	550,3	1008,0	1017,0	0,49	-0,53	0,68
Чернігів		896,0	518,1	314,0	620,0	0,58	-0,56	0,95
Максимальне		1928,1 (Київ)	911,4 (Київ)	1804,0 (Київ)	1788,0 (Київ)	0,63 (Кіровоград, Луганськ, Тернопіль)	-0,50 (Львів)	0,96 (Суми)
Мінімальне		821,6 (Луганськ)	518,0 (Херсон)	302,0 (Вінниця)	543,0 (Луганськ)	0,47 (Київ)	-0,58 (Київ)	0,57 (Київ)

Як видно з табл. 2.2, м. Київ утримує лідерство за рівнем ціни (середнє значення ціни є найвищим), але амплітуда відхилень часового ряду середньої ціни на житлову нерухомість для столиці є найменшою. Найбільше значення варіації, тобто цінових коливань, притаманне таким містам, як Кіровоград, Луганськ та Тернопіль.

Коефіцієнт асиметрії для всіх рядів від'ємний — це свідчить про те, що «довша частина» кривої знаходиться ліворуч від математичного сподівання, тобто достатньо велика кількість рівнів ряду має значення, що є меншим ніж середнє значення. Це пояснюється тим, що тривале зростання цін було властиве до початку світової фінансової кризи восени 2008 року.

Значення коефіцієнтів ексцесу, додатніх для всіх рядів, свідчать про те, що для всіх ЧР є характерним значення (мода), яке зустрічається частіше, ніж при нормальному розподілі.

Аналогічними є значення статистичних показників для ЧР RP (табл. 2.3).

Для ЧР RP^k , $k \in M$ точкові оцінки також свідчать про відмінність розподілу значень ЧР від нормального закону. На рис. 2.6 представлено гістограми розподілу даних динаміки ціни на нерухомість у м. Київ.

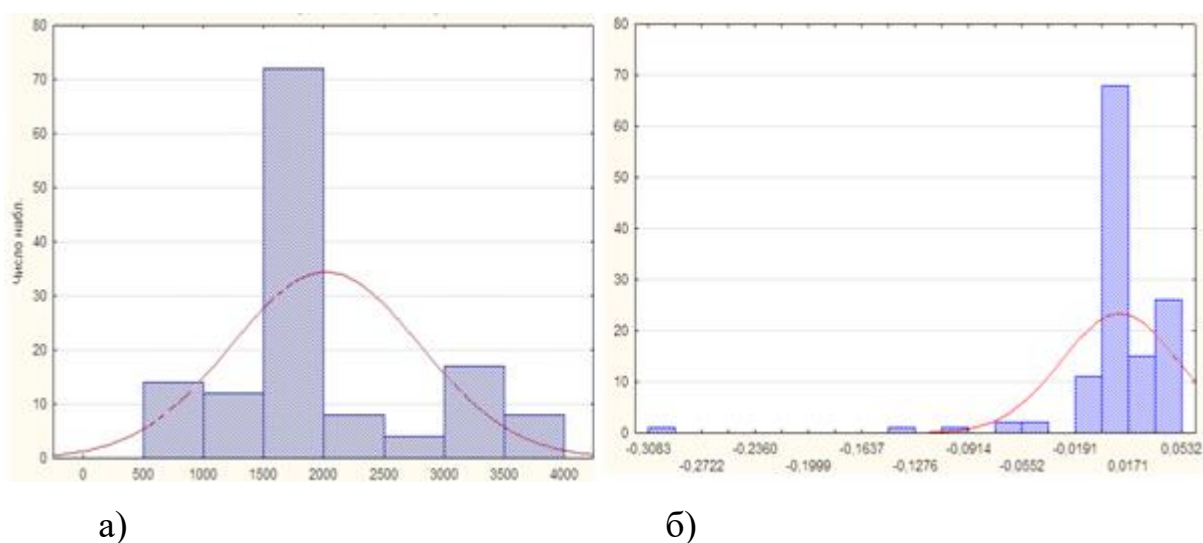


Рис. 2.6. Гістограми розподілу рівнів ЧР цін на нерухомість:

а) ЧР P^6 ; б) ЧР RP^6

Статистичні показники регіональних ЧР RP^k , $k \in M$

Місто / Показник	Середнє	СКВ	Медіана	Ексцес	Асиметрія
Дніпропетровськ	0,00814	0,040252	0,007239	38,06028	-5,05894
Донецьк	0,007666	0,040343	0,006211	36,23209	-4,89807
Львів	0,007847	0,039556	0,006742	36,86905	-4,93908
Одеса	0,008249	0,039995	0,007314	38,83128	-5,07664
Харків	0,008081	0,040347	0,007136	36,4392	-4,91549
Київ	0,009187	0,039315	0,007949	34,92899	-4,85065
Сімферополь	0,009329	0,056132	0,007067	40,45903	-3,87541
Вінниця	0,008999	0,044476	0,007704	26,14982	-3,84209
Луцьк	0,009438	0,04655	0,006376	25,92637	-3,68024
Житомир	0,009438	0,043771	0,008466	32,71931	-4,52826
Ужгород	0,073437	0,808145	0,009174	26,14982	-3,84209
Запоріжжя	0,008833	0,043205	0,008138	30,65383	-4,39003
Івано-Франківськ	0,009397	0,05147	0,009524	24,36605	-4,17829
Кіровоград	0,007969	0,061983	0,011323	20,34025	-3,91236
Луганськ	0,008158	0,062409	0,010462	20,21273	-3,88038
Миколаїв	0,01158	0,06241	0,01077	8,539524	-1,32516
Полтава	0,007614	0,066402	0,007216	13,22586	-2,6425
Рівне	0,009912	0,052492	0,010171	23,14342	-4,02521
Суми	0,0079	0,067391	0,005917	12,49216	-2,53052
Тернопіль	0,010997	0,055697	0,010219	20,25891	-3,64735
Херсон	0,007197	0,063617	0,008333	13,61431	-2,7234
Хмельницький	0,009476	0,051743	0,010171	23,38568	-4,02806
Черкаси	0,00821	0,041047	0,007599	34,0874	-4,68249
Чернігів	0,007464	0,065677	0,008432	12,90488	-2,55008

Остаточно спростуємо гіпотезу про нормальний розподіл часового ряду ціни на нерухомість за допомогою критерію Пірсона. Для ЧР P^6 $\chi^2 = 396,43$; для RP^6 $\chi^2 = 402,05$. При цьому критичне значення параметру $\chi^2 = 302,09$. Оскільки вибіркове значення критеріальної статистики перевищує критичне значення, гіпотеза про нормальний розподіл ЧР цін на нерухомість та дохідностей цін спростовуються.

Розглянемо таку властивість рядів динаміки ціни на нерухомість, як стаціонарність. Дослідження ЧР P^6 та RP^6 на стаціонарність (за методом перевірки різниць середніх рівнів і методом Форстера-Стьюарта) виявили, що

обидва ряди є стаціонарними. У цьому також можна перекопати на основі аналізу графіків відповідних автокореляційних функцій для кожного з ЧР, що отримано за допомогою стандартного статистичного пакету *STATISTICA* (рис. 2.7).

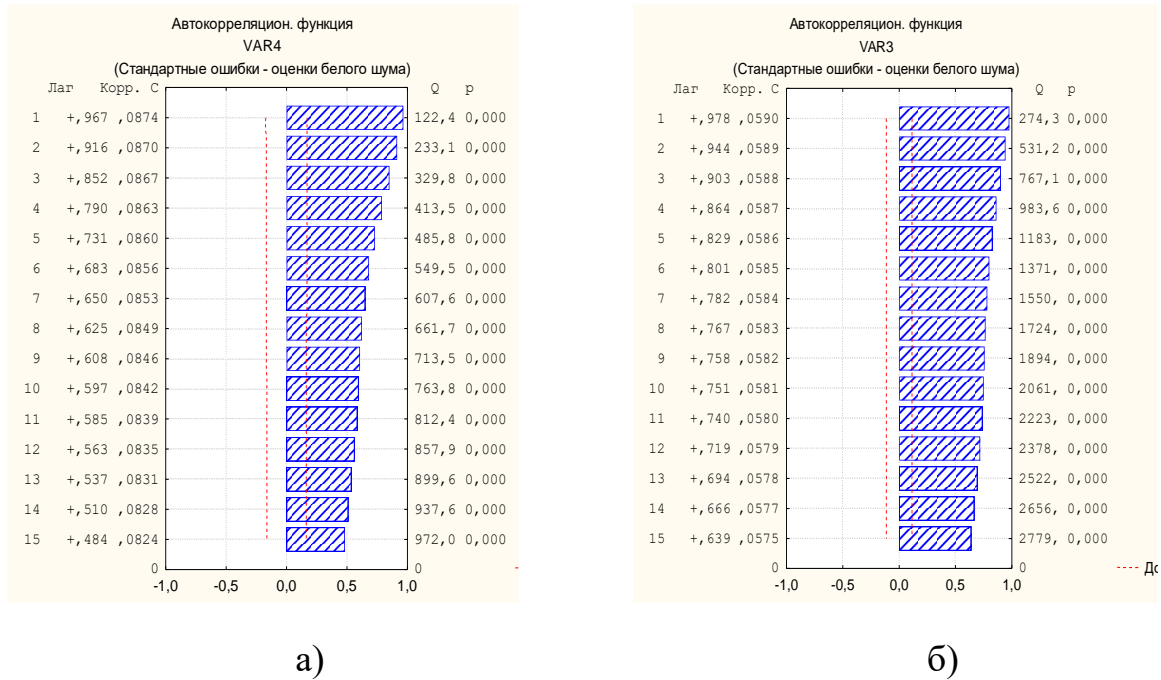


Рис. 2.7. Графіки автокореляційних функцій, отримані за допомогою стандартного статистичного пакету *STATISTICA*: а) ЧР P^6 ; б) ЧР RP^6 .

Аналіз статистичних властивостей ЧР P^6 та RP^6 дає змогу дійти висновку, що для рівнів ціни на нерухомість в Україні стохастична природа не відображена нормальним законом, а тому прогнозування динаміки ціни на нерухомість на базі класичних статистичних методів не може забезпечити достатню точність.

Проаналізуємо часові ряди, що досліджуються, на наявність нелінійних динамічних процесів. Для цього скористаємося такими методами діагностики: побудова псевдофазового простору розмірності 2, проведення тесту на дрейфуючий атрактор, проведення графічного тесту Гілмора.

Для виконання тестів на детермінований хаос використаємо ряд дохідності цін з інтервалом 1 для міста Києва, а саме RP^6 .

На рис. 2.8 наведено графічне представлення псевдофазового простору ЧР RP^6 цін на нерухомість м. Київ, яке свідчить про існування залежності поточного значення ЧР від попередніх.

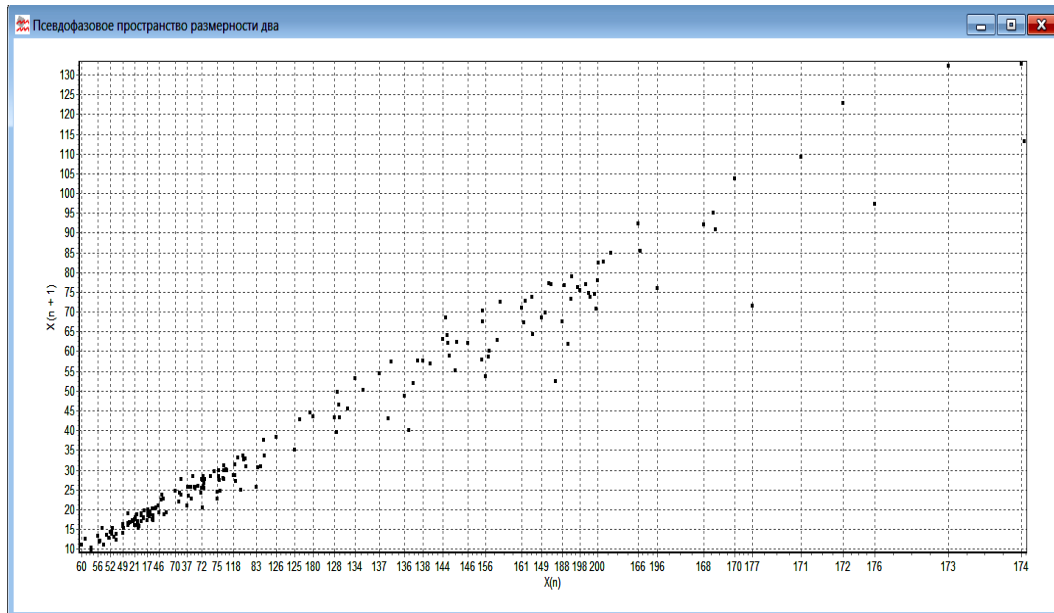


Рис. 2.8. Псевдофазовий простір ЧР RP^6 ціни на нерухомість у м. Київ

Результати застосування графічного тесту на дрейфуючий аттрактор (для дослідження наявності залежності параметрів системи від часу) для ціни ЧР RP^6 представлено на рис. 2.9.

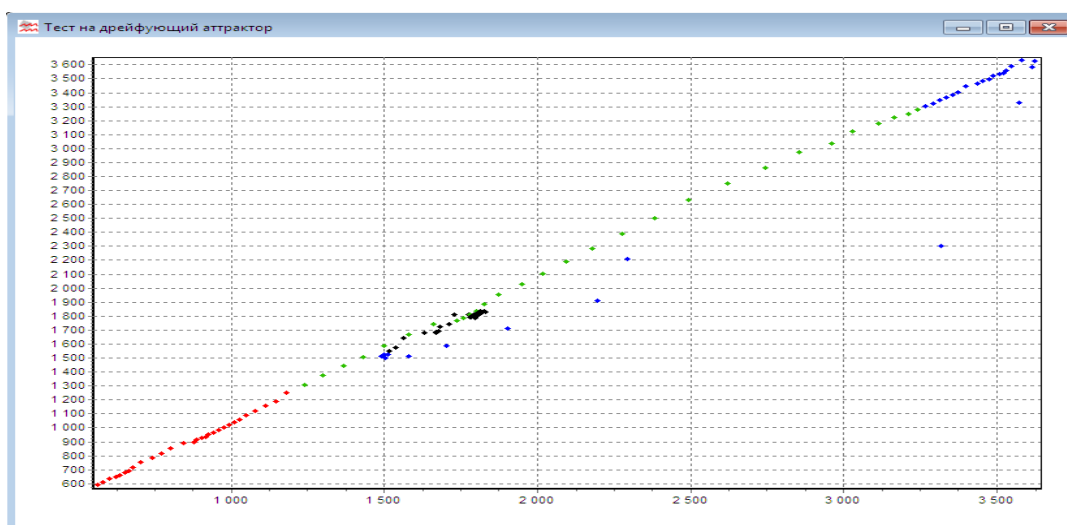


Рис. 2.9. Результати застосування тесту на дрейфуючий аттрактор для динаміки ціни на нерухомість міста Києва (ЧР RP^6)

Графічний тест Гілмора дозволив виявити ознаки хаотичної поведінки — нестійкі траєкторії, а також наявність у системі джокера. На рис. 2.10 наведено результат проведення тесту Гілмора для ЧР RP^6 , що досліджується.

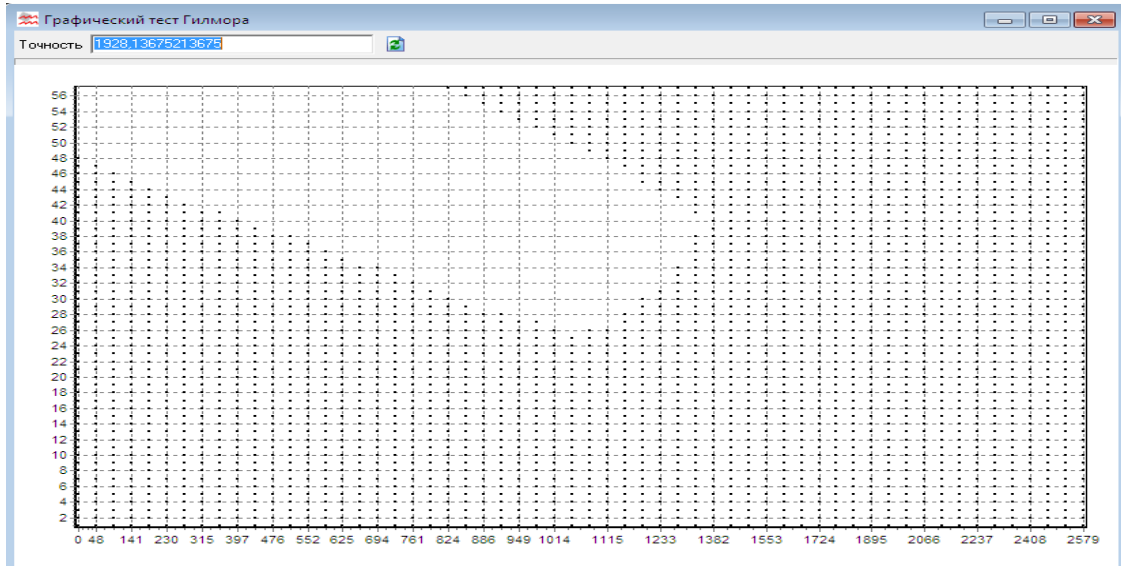


Рис. 2.10. Результати графічного тесту Гілмора для ЧР RP^6

Аналіз рис. 2.10 дає змогу зробити висновок про наявність хаосу: на графіку присутні відрізки горизонтальних прямих, що свідчать про наявність близьких траєкторій. Крім того, на графіку нагальні похилі смуги й порожні області, характерні для інтервального джокера, але вони не настільки яскраво виражені, щоб зробити висновок про наявність джокера. Відомо, що джокер є неоднорідністю фазового простору. Для динаміки часового ряду цін на нерухомість є певні обмеження ряду, яких він не може досягати. В іншому випадку держава скорегує поведінку ринку нерухомого майна.

Визначення кореляційної розмірності (рис. 2.11) свідчить про наявність дивного атрактора в системі (не перекриття лінійного приросту та приросту цін нерухомого майна).

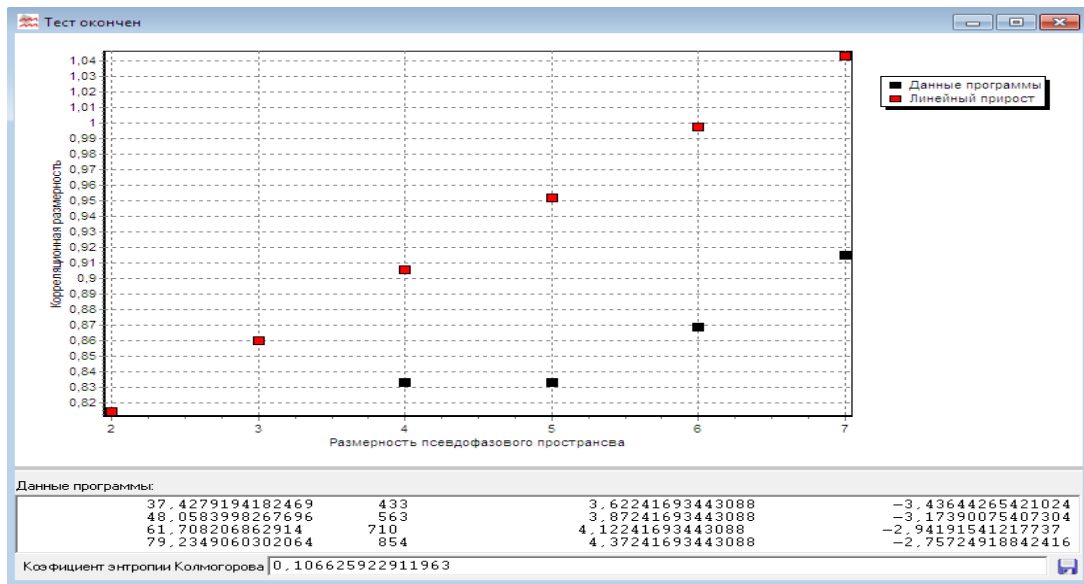


Рис. 2.11. Результати визначення кореляційної розмірності для ЧР RP^6

Розмірність псевдофазового простору дорівнює 2. Також у системі присутнім є шум, оскільки динаміка ціни на нерухомість відхиляється від лінійного приросту. На графіку чітко виокремлюється перелом у даних цін на нерухоме майно, що підтверджує гіпотезу про наявність дивного атрактору в системі.

Значення ентропії Колмогорова дорівнює 0,035, що значно менше за 1. Цей факт підтверджує наявність дивного атрактора в даних.

Також для дослідження нелінійної (фрактальної) природи часового ряду було проведено R/S -аналіз. Виявилось, що отриманий у результаті застосування методу нормованого розмаху Херста показник Херста вихідного ЧР P^k тяжіє до одиниці (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Значення показника Херста для ЧР цін на нерухомість

Місто	ЧР	
	P^k	RP^k
Вінниця	0,926	0,690
Дніпропетровськ	0,899	0,819
Донецьк	0,930	0,816
Житомир	0,929	0,765

Продовження таблиці 2.4

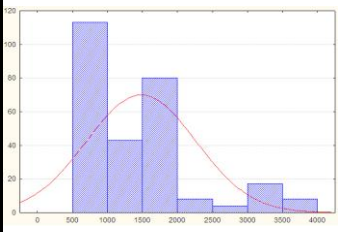
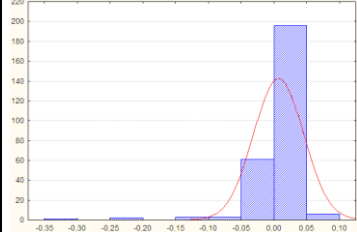
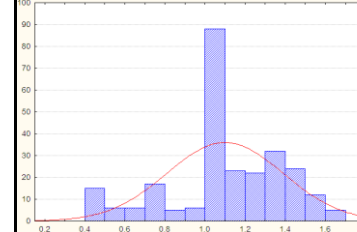
Місто	ЧР	
	P^k	RP^k
Запоріжжя	0,928	0,704
Івано-Франківськ	0,930	0,769
Київ	0,929	0,812
Кіровоград	0,934	0,714
Луганськ	0,935	0,717
Луцьк	0,931	0,701
Львів	0,908	0,823
Миколаїв	0,926	0,601
Одеса	0,919	0,823
Полтава	0,934	0,634
Рівне	0,931	0,738
Сімферополь	0,930	0,636
Суми	0,932	0,634
Тернопіль	0,933	0,757
Ужгород	0,930	0,764
Харків	0,928	0,815
Херсон	0,934	0,633
Хмельницький	0,930	0,752
Черкаси	0,929	0,790
Чернігів	0,933	0,639

Це є свідченням того, що ЧР цін на нерухомість є персистентними, тобто мають властивість трендостійкості. Такий висновок підтверджує тест на перемішування (показник Херста для перемішаних даних рядів тяжіє до 0,5). Для ЧР RP^k значення показника Херста ($H \in [0,583; 0,823]$) свідчать про те, що властивість трендостійкості є слабшою. Найбільш високими є значення показника Херста ЧР дохідності ціни на нерухомість для Дніпропетровська, Донецька, Києва, Львова, Одеси та Харкова, тобто для великих міст України, що можна пояснити високою прибутковістю від операцій із нерухомістю в цих містах.

Порівняємо вибірккові статистичні та фрактальні характеристики для ЧР, що досліджуються (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Характеристики ЧР P , RP та MP цін на нерухомість

Характеристика	ЧР		
	P (абсолютних значень)	RP (дохідностей)	MP (ланцюгових індексів з лагом 1 рік)
Кількість спостережень (довжина ЧР)	273	272	261
Середнє значення (\$ за кв. метр)	1474,01	0,01	1,1
СКВ	778,34	0,04	0,29
Коефіцієнт асиметрії	1,26	-4,25	-0,49
Екссес	1,06	27,3	-0,07
Показник Херста H	0,92	0,81	0,9
Показник Херста після перемішування	0,56	0,59	0,57
Гістограма розподілу			

Аналізуючи табл. 2.5, можна зробити висновок про значні відхилення від нормального розподілу для коефіцієнтів ексцесу та асиметрії, а також для показника Херста. Таке порушення можливо пояснити, зокрема, інформаційною недосконалістю ринку нерухомості: інформація не надходить на ринок неперервно, а, як і інша статистична інформація в країні, публікується періодично (один раз у місяць, квартал, півріччя, рік). Тому агенти ринку нерухомого майна отримують її порціями, настрої інвесторів не є випадковими, а встигають поширитися у «груповій свідомості».

Крім того, суб'єкти ринку зазвичай діють раціонально групами, а не окремо. Наприклад, раціональність у діях суб'єктів ринку нерухомості підвищується, коли рішення покупцю або продавцю допомагає прийняти професійний оцінювач майна, ріелтор, експерт із нерухомості. Також виправданість дій є вищою, коли одночасно рішення приймають декілька експертів з оцінювання, страхування, купівлі-продажу майна тощо, оскільки ринок нерухомості є досить закритою та складною системою, в якій важко зорієнтуватися поодинці.

Але ці факти не можуть дати ґрунтовне пояснення поведінки часового ряду динаміки цін, який не підпорядковується законам нормального розподілу.

Таким чином, у результаті проведення статистичного аналізу виявлено, що для часових рядів ціни на нерухомість, а також дохідності нерухомого майна не виконується гіпотеза нормального розподілу, отже застосування класичних статистичних методів прогнозування для передбачення поведінки динаміки ціни на нерухомість є неефективним.

2.2 Аналіз ринку нерухомого майна методами дискретної нелінійної динаміки в розрізі гіпотези фрактального ринку

Виконання тестів на детермінований хаос та проведення фрактального аналізу підтвердило наявність внутрішньої структури в рядах динаміки, що досліджуються. У цілому для часового ряду динаміки ціни та ряду дохідностей ціни на нерухоме майно не виконується гіпотеза ефективного ринку, а має місце гіпотеза фрактального ринку, яка ґрунтується на певних припущеннях, сформульованих Е. Петерсом. Проаналізуємо виконання ознак фрактального ринку стосовно ринку нерухомого майна України, результати аналізу представимо в табл. 2.6.

**Особливості ринку нерухомого майна України
як фрактального ринку**

Номер ознаки	Фрактальний ринок	Ринок нерухомості
1	Ринок створюють множина індивідуумів із великою кількістю різних інвестиційних горизонтів.	Існує велика кількість незалежних інвесторів. Поведінка та мета, наприклад, спекулятивного інвестора відрізняються від поведінки та мети інвестора з довгостроковими горизонтами.
2	Інформація по-різному впливає на різні інвестиційні горизонти.	Наприклад, очікування зростання цін на житлову нерухомість змусить інвестора з довгостроковими горизонтами придбати житло якомога скоріше. Покупця, що переслідує соціальну мету, це може не спонукати до активних дій.
3	Основним фактором, що впливає на стабільність ринку, є ліквідність (що врівноважує попит і пропозицію). Ліквідність досягається, коли ринок складається з множини інвесторів із множиною різних інвестиційних горизонтів.	Ринок нерухомості характеризується ліквідністю, що виникає через велику кількість інвесторів, які одночасно взаємодіють на ринку
4	Ціни відображають комбінацію короткострокового технічного аналізу і довгострокової фундаментальної оцінки.	У цінах на нерухомість відображається сукупність політичних, економічних та інших чинників.

Наступний етап комплексного фрактального аналізу полягає в розрахунку кількісної характеристики глибини пам'яті ЧР, що отримується завдяки застосуванню алгоритму послідовного R/S -аналізу на основі аналізу H -траєкторії й R/S -траєкторії (Додаток А, рис. А.1, А.2, А.3). На підставі візуалізації представлених на рис. А.1 Додатку А траєкторій можна сформулювати такий висновок: зміна тренда R/S -траєкторії ЧР абсолютних значень динаміки ціни на нерухоме майно відбувається в точці $l=17$, а для представлених на рис. А.2 та А.3 Додатку А траєкторій «глибину пам'яті» оцінимо числом $l=9$. Тобто, дохідність ціни та ланцюгові прирости ціни на нерухоме майно є більш чутливими ЧР, отже дають змогу проаналізувати зміни на ринку нерухомості.

Здійснюючи R/S -аналіз для кожного представника сімейств $S(P)$ та $S(RP)$, одержуємо відповідно послідовності значень глибини пам'яті про початок кожного ЧР. На підставі цих даних для кожного з розглянутих ЧР P і RP обчислимо «глибину пам'яті часового ряду в цілому», яка представляється нечіткою множиною.

Графічне представлення нечіткої множини глибини пам'яті для часових рядів дохідності ціни на нерухоме майно зображене на рис. А.4, А.5, А.6 Додатку А. Візуальний аналіз нечіткої множини глибини пам'яті для часових рядів дохідності ціни на нерухоме майно, розрахованої методом попереднього вікна, дає змогу зробити висновок про її неоднорідність на різних часових інтервалах (рис. 2.12).

Аналіз рис. 2.12 дає змогу стверджувати про домінування малих значень нечіткої множини глибини пам'яті ЧР дохідності ціни на нерухомість (2; 5) на рисунках а) та б) та поступовому зростанні нечіткої множини глибини пам'яті на рисунку в). На рисунку г) виокремлюється відрізок із малими значеннями глибини пам'яті ЧР дохідності ціни (що дорівнює 2), і відрізок із глибиною пам'яті 9.

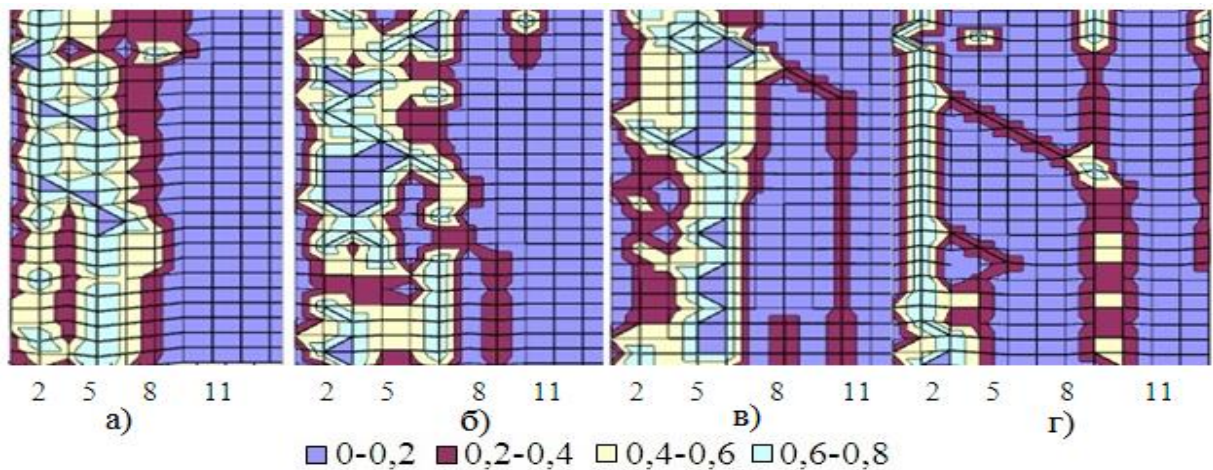


Рис. 2. 12. Карта нечіткої динаміки глибини пам'яті

ЧР дохідності ціни на нерухомість

а) з 01.01.1991 по 01.06.1993; б) з 01.10.1996 по 01.03.1999;

в) з 01.01.2000 по 01.06.2000; г) з 01.04.2004 по 01.11.2006.

Однозначно ідентифікувати за допомогою комплексного фрактального аналізу різні стани ринку нерухомого майна неможливо. Проведене дослідження характеризує розглянуті ЧР в цілому, а оцінки, які отримано, мають усереднений характер — це один із головних недоліків стандартного *R/S*-аналізу (методу нормованого розмаху Херста). Проте навіть візуальний аналіз рис. 2.2 дає змогу дійти висновку: ЧР, що розглядається, має неоднорідний характер динаміки і цілком природно приводить до припущення щодо впливу деяких зовнішніх чинників (фундаментальної інформації), які змінюють поведінку ринку.


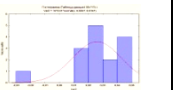
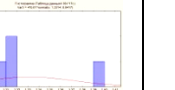
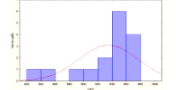
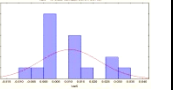
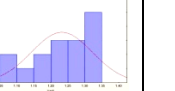
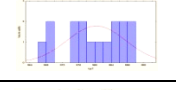
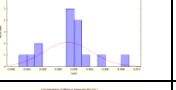
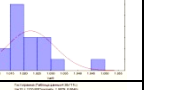
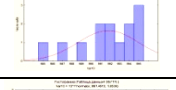
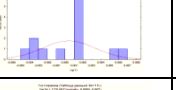
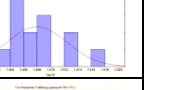
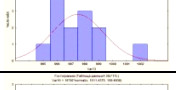
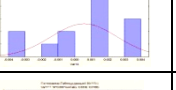
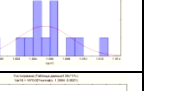
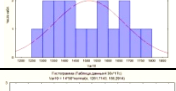
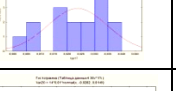
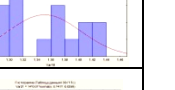
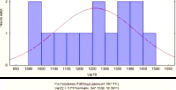
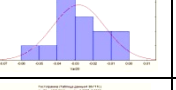
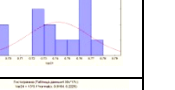
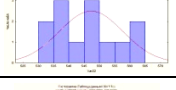
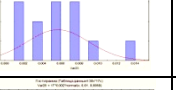
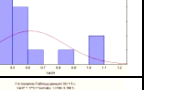
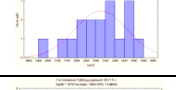
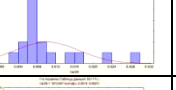
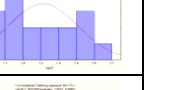
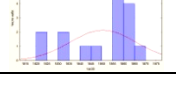
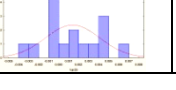
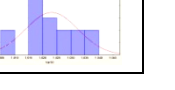
Візуальний аналіз ЧР дає змогу зробити висновок про наявність різних фаз, що може бути пояснено гіпотезою когерентного ринку. Проаналізуємо часовий ряд динаміки ціни на нерухомість з огляду гіпотези когерентного ринку за допомогою експертних даних (табл. 2.7).

У табл. 2.7 ЧР, що досліджуються, було поділено на 10 відрізків експертним шляхом. Результати аналізу кожного з відрізків розмістимо на рис. 2.13.

Розглянемо детально динаміку дохідностей на ринку нерухомості по м. Київ (ЧР *RP*). Зважаючи на отримані значення показника Херста H , дохідність ринку в більшості відрізків перебуває в стані випадкового блукання (I, III-VIII). Проте існують і періоди, коли ринок перебуває у фазі когерентності (II та IX — судячи з гістограми — «ведмежачий ринок») та у фазі хаотичного ринку (X — наявність розподілу з двома екстремумами).

Таблиця 2.7

Характеристика динаміки ціни для відрізків ЧР абсолютних значень середньої ціни, дохідності та ланцюгових індексів ціни для м. Києва

Номер відрізка	Відрізок ЧР		Показник Херста H для відрізка ЧР			Гістограми розподілу рівнів ЧР		
	Початок	Кінець	P	RP	MP	P	RP	MP
I	1	16	0,76	0,59	-			
II	17	32	0,76	0,77	0,76			
III	33	48	0,7	0,59	0,65			
IV	49	61	0,58	0,55	0,6			
V	62	74	0,78	0,56	0,64			
VI	81	96	0,73	0,48	0,77			
VII	112	125	0,72	0,59	0,76			
VIII	131	143	0,72	0,58	0,72			
IX	198	214	0,76	0,75	0,79			
X	258	273	0,79	0,75	0,79			

Отже, в результаті проведення ретроспекції часових рядів ціни та дохідностей ціни на нерухомість було визначено, що для ринку нерухомого майна виконується гіпотеза когерентного ринку, яка пояснює наявність упродовж його розвитку та функціонування різних фаз.

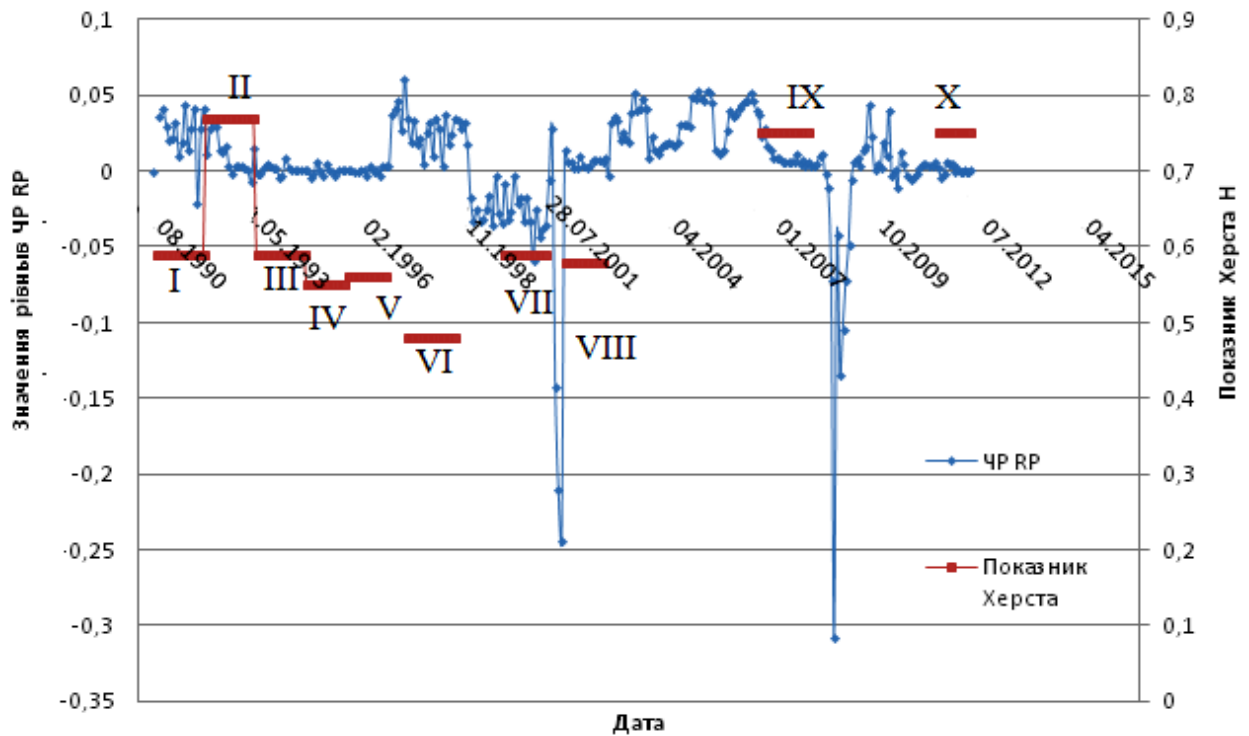


Рис. 2.13. Графічне представлення динаміки рівня дохідності на ринку нерухомості у м. Києві з січня 1991 року по грудень 2013 року з урахуванням фаз когерентного ринку експертним шляхом

Оскільки учасники ринку нерухомості діють із різними цілями, можна сформулювати відповідні рекомендації щодо їхніх стратегій під час проходження кожної з фаз когерентного ринку (табл. 2.8). Вони принципово відрізняються для власників прав на нерухоме майно, що прагнуть отримати якомога більший дохід від користування нерухомістю, та суб'єктів, що прагнуть придбати права на володіння або розпорядження нерухомим майном, щоб зекономити свої кошти.

Із метою використання наведених рекомендацій постають два взаємозалежних завдання: по-перше, забезпечення якомога більш точного передбачення динаміки ціни на основі застосування релевантної системи прогнозування, а по-друге, для забезпечення релевантності системи, розробка інструментарію розпізнавання належності (ідентифікації) поточного стану динаміки ціни на нерухомість до певної фази когерентного ринку.

Таблиця 2.8

**Релевантні стратегії учасників ринку нерухомості
щодо проходження фаз когерентного ринку**

Фаза ринку	Суб'єкт ринку нерухомості	Рекомендації щодо проходження фази ринку
Випадкового блукання	Власник прав на нерухомість (продавець, орендодавець)	Реалізувати права на нерухомість тільки в довгостроковому періоді
	Той, хто бажає придбати права на нерухомість (покупець, винаймач нерухомості)	Придбати права на нерухомість якомога скоріше, оскільки ціни є мінімальними
	Посередник (оцінювач нерухомості, ріелтор)	Реалізувати права на нерухомість тільки в довгостроковому періоді
Нестійкого переходу	Власник прав на нерухомість (продавець, орендодавець)	Реалізувати права на нерухомість, прислухаючись до суспільної думки
	Той, хто бажає придбати права на нерухомість (покупець, винаймач нерухомості)	Придбати права на нерухомість у короткостроковому періоді
	Посередник (оцінювач нерухомості, ріелтор)	Реалізувати права на нерухомість, прислухаючись до суспільної думки
Хаотичного ринку	Власник прав на нерухомість (продавець, орендодавець)	Реалізувати права на нерухомість, прислухаючись до суспільної думки
	Той, хто бажає придбати права на нерухомість (покупець, винаймач нерухомості)	Придбати права на нерухомість у короткостроковому періоді
	Посередник (оцінювач нерухомості, ріелтор)	Реалізувати права на нерухомість, прислухаючись до суспільної думки
Когерентного ринку	Власник прав на нерухомість (продавець, орендодавець)	Реалізувати права на нерухомість у короткостроковому періоді
	Той, хто бажає придбати права на нерухомість (покупець, винаймач нерухомості)	Придбати права на нерухомість у довгостроковому періоді, оскільки

Фаза ринку	Суб'єкт ринку нерухомості	Рекомендації щодо проходження фази ринку
	нерухомості)	ціни є максимальними
	Посередник (оцінювач нерухомості, ріелтор)	Реалізувати права на нерухомість у короткостроковому періоді

2.3 Гіпотеза когерентного ринку: метод ідентифікації фази ринку нерухомості

Основний зміст гіпотези СМН (когерентного ринку) полягає в тому, що функція щільності ймовірності ринку визначається груповими настроями та фундаментальним зміщенням. Для того, щоб підтвердити виконання цієї гіпотези необхідно виявити наявність у динаміці ринку нерухомості таких фаз:

1) фаза випадкового блукання — змістовно відповідає ситуації, коли всі (у тому числі і представники різних груп) інвестори розгублені, приймають рішення випадковим чином, незважаючи на колективну думку (така ситуація, зазвичай, має місце безпосередньо під час довготривалих процесів, одразу після гострого спаду);

2) фаза нестійкого переходу — змістовно відповідає ситуації, коли поступово починає формуватися суспільна раціональна думка;

3) фаза хаотичного ринку — ринок складається з груп інвесторів з різними горизонтами (розширюється);

4) фаза когерентності — відповідає ситуації, коли відбувається поєднання надзвичайно сильних проявів суспільної свідомості та фундаментальних чинників, що виявляється в значних змінах тренду динаміки цін.

Кожна з цих фаз має характерні властивості, які можуть бути підтверджено кількісними характеристиками. Це дає підстави для постановки та вирішення задачі ідентифікації фаз когерентного ринку, зокрема, для ринку нерухомості.

Під ідентифікацією будемо розуміти процес побудови моделей об'єктів, процесів, явищ за експериментальними даними. Ідентифікація є невід'ємною частиною процесу адаптивного управління, яке дозволяє на основі налаштування моделей за даними реального функціонування систем виробляти відповідні управляючі дії. З огляду на великий обсяг інформації (даних) щодо функціонування ринку нерухомості та притаманний їй високий ступінь невизначеності завдання ідентифікації дозволяє вирішувати, зокрема, методологія інтелектуального аналізу даних (*Data Mining*). Одним із методів, що реалізує цю методологію є нечітке моделювання. Нагадаємо, що особливості цих фаз пов'язані, зокрема, з видом функції щільності ймовірності та фрактальними характеристиками ЧР.

Оскільки метод експертного оцінювання фази ринку нерухомості з огляду гіпотези когерентного ринку є довготривалим та вимагає наявності певного часу для аналізу, розробимо метод діагностики (ідентифікації) стану ринку нерухомості з урахуванням гіпотези когерентного ринку за допомогою методів нечіткого моделювання.

Задача ідентифікації фаз ринку, представленого ЧР RP , полягає у розбитті вихідного ЧР RP на впорядковані підмножини (відрізки ЧР — позначимо їх $RP_i^q = (a_i, b_i)^q$), кожна з яких має порядковий номер i ($i = \overline{1, K}$) та відповідає деякій певній фазі E_q , в якій на цьому відрізку часу перебуває ринок. Тут K означає кількість відрізків, на які розбивається ЧР RP , a_i — рівень ЧР RP , який є початком, а b_i — кінцем відрізка RP_i^q , $a_i, b_i \in RP$ та $\bigcap_{i=1}^K RP_i^q = \emptyset$.

Для розв'язання задачі ідентифікації необхідно для кожного моменту часу t встановити, до якої фази E_q (а також підмножини RP_i^q) належить рівень $rp_t \in RP$. Іншими словами, задача ідентифікації полягає в побудові гомоморфного відображення упорядкованої множини рівнів дохідності нерухомості (ЧР RP) у множину фаз Q : $RP \rightarrow Q$.

У результаті відображення отримаємо символний (або лінгвістичний) ЧР $RP^Q = \langle E_{qt}, t = \overline{1, n-1}, E_{qt} \in Q \rangle$.

Зауважимо, що задача ідентифікації також тісно пов'язана з розпізнаванням образів — розділом теорії штучного інтелекту, що вивчає методи класифікації об'єктів. У межах теорії штучного інтелекту розпізнавання образів включається в більш широку наукову дисципліну — теорію машинного навчання, метою якої є розробка методів побудови алгоритмів, що здатні навчатися. Як і до розв'язання задачі ідентифікації існує два підходи до навчання: індуктивне і дедуктивне. Індуктивне навчання, або навчання за прецедентами, засноване на виявленні загальних властивостей об'єктів на підставі неповної інформації, отриманих емпіричним шляхом, зокрема, за допомогою експертів. Дедуктивне навчання передбачає формалізацію знань експертів у вигляді баз знань (експертних систем тощо).

Для розв'язання задачі ідентифікації фази ринку нерухомості поєднаємо ці два підходи та розробимо метод, загальна схема якого складається з таких етапів:

1) побудова нечіткої моделі, що містить три блоки (рис. 2.14):

блок **I** — полягає в розробці нечіткої моделі ідентифікації фази ринку нерухомості (вибір якої зумовлений високим рівнем невизначеності динаміки ціни на ринку, що підтверджується такими її властивостями як нелінійність, нестационарність тощо);

блок **II** — вирішує завдання верифікації моделі на базі співставлення результатів ідентифікації з даними, що отримано попередньо на основі експертного оцінювання;

блок **III** — призначений для навчання моделі щодо параметрів функцій належності, та, в подальшому, ваг бази знань моделі;

2) розбиття вихідного ЧР RP на впорядковані відрізки ЧР $RP_i^q = (a_i, b_i)^q$, кожний з яких відповідає деякій певній фазі E_q , в якій на цьому відрізку часу перебуває ринок;

3) аналіз околу відрізка ЧР $RP_i^q = (a_i, b_i)^q$;

4) остаточна ідентифікація фази ринку нерухомого майна, в якій на поточний момент часу перебуває ринок.

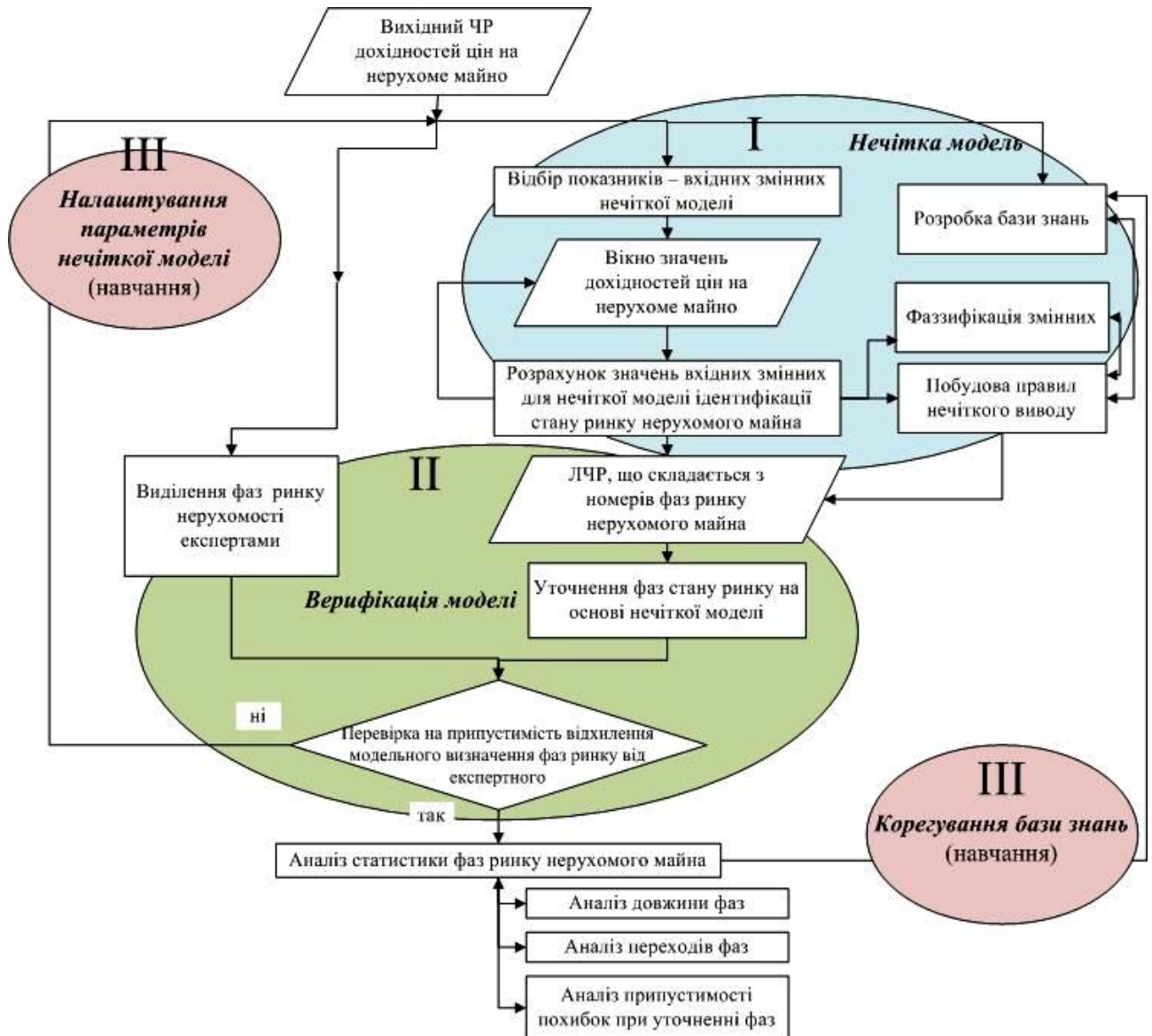


Рис. 2.14. Загальна схема методу ідентифікації фази ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку

Етап 1. Визначення змінних моделі.

Визначення вхідних (пояснюючих) факторів моделі полягає у виділенні найбільш інформативних ознак для класифікації. Розглянемо властивості, які мають відображати вхідні змінні. Класифікації підлягають чотири фази ринку нерухомого майна E_q , $q = \overline{1,4}$. Їх якісні властивості та характеристики представимо в табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Характеристика властивостей динаміки ціни у фазах когерентного ринку

Характеристика Фаза	Випадкове блукання (відсутня довготривала пам'ять в динаміці)	Випадковий процес (нестійкий перехід)	Фрактальний процес (наявна довготривала пам'ять у динаміці)	Фрактальний процес, що характеризується значним зсувом динаміки
	Стохастичний процес		Детермінований процес	
E_1	+	\mp	-	-
E_2	\pm	\pm	\mp	-
E_3	-	-	+	\mp
E_4	-	-	+	+

Таким чином, кількісні характеристики, що мають бути обраними як вхідні фактори моделі, повинні, по-перше, дати змогу відрізнити стохастичну природу динаміки від детермінованої; по-друге, відрізнити нестійкі процеси, які можуть виявлятися в ознаках наявності пам'яті в динаміці, але ще не набути ознаки довготривалості (мати незначну глибину); по-третє, виявити наявність суттєвих зсувів у динаміці.

Із цією метою будемо використовувати систему кількісних характеристик динаміки, що отримано в результаті застосування статистичного й комплексного фрактального аналізу та характеризують природу ЧР, оцінюють його глибину пам'яті, локальну стійкість динаміки та наявність зсувів. До таких

показників можна віднести статистичні характеристики (точкові оцінки) динаміки ЧР RP та його нечітку глибину пам'яті. Остання визначається як нечітке число:

$$L(RP) = \{(l_i, \mu_L(l_i)); l_i \in L_0 \subset N\}, \mu_L : N \rightarrow [0;1],$$

де $L^0 = \text{supp } L(RP) = \{l_i \in N, i = 1, 2, \dots : \mu_L(l_i) > 0\}$ — носій нечіткої множини $L(RP)$;

$\mu_L(l_i) = \mu(l_i)$ — значення функції належності, що визначає ступінь можливості натурального числа l_i («глибини l_i ») належати до нечіткого числа «глибина пам'яті ЧР RP ».

Для оцінки властивостей фаз когерентного ринку за вхідні змінні моделі оберемо такі показники:

1) показник Херста (H) — кількісна характеристика часового ряду, на основі якої можна зробити висновок про його природу (детерміновану або стохастичну), виявити наявність властивості персистентності (трендостійкості) або антиперсистентності (реверсування або частого повернення до середнього). Наближення значення показника Херста до одиниці свідчить про детерміновану (фрактальну або когерентну) динаміку, що є характерною для фаз E_3 та E_4 . Наближення показника Херста до значення 0,5 свідчить про стохастичну природу динаміки (відповідає фазам E_1 та E_2);

2) значення натурального числа $l_i \in L_0$ («глибини l_i »), якому відповідає найбільше значення функції належності в нечіткій множині $L(RP)$ — позначимо його l_{H3} : $\mu(l_{H3}) = \max_{l_i \in L^0} \mu(l_i)$). Цей скалярний показник дає змогу оцінити стійкість та передбачуваність динаміки ЧР RP при прийнятті рішення про відокремлення, зокрема, фаз E_2 , E_3 й E_4 ;

3) показник інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті ЧР $H_{\text{entrop}_L} = - \sum_{l_i \in L^0} \mu(l_i) \cdot \log_2 \mu(l_i)$, який відображає ступінь невизначеності щодо

значення глибини пам'яті ЧР, що є також важливим для відокремлення фаз E_2 , E_3 та E_4 (чим більше потужність множини L^0 — носія нечіткого числа глибини пам'яті ЧР, тим більше різноманітність (а тому і невизначеність) можливої поведінки ЧР, що відповідає більшому значенню ентропії);

4) коефіцієнт асиметрії щільності розподілу рівнів ЧР (A). Якщо коефіцієнт асиметрії A наближається до нуля, це свідчить про переміщення ринку нерухомості у фазу E_1 випадкового блукання. Збільшення абсолютного значення показника асиметрії може слугувати індикатором посилення явища когерентності (E_4).

Таким чином, сумісне врахування цих показників може дати змогу відокремити фази когерентного ринку для ринку нерухомості. Зазначимо, що саме деяка невизначеність у трактуванні значень цих показників і спонукає до використання саме нечіткої моделі ідентифікації фази ринку.

Необхідно зауважити, що всі наведені показники є характеристикою деякого ЧР (динаміки). Будемо вважати, що стан ринку в момент часу t може бути охарактеризовано на основі аналізу так званого «попереднього вікна», яке має ширину k (кількість рівнів) та закінчується на рівні rp_t , $t = \overline{k, n}$ ЧР RP , тобто для відрізка ЧР $\langle rp_{t-k+1}, rp_{t-k+2}, \dots, rp_{t-1}, rp_t \rangle$.

Ширину вікна k будемо обирати з урахуванням таких міркувань. Вікно повинно включати достатню кількість спостережень для аналізу, оскільки:

а) більше ніж 12 спостережень (кількість місяців одного року) нівелює сезонної складової часового ряду;

б) достатня кількість спостережень забезпечить адекватний результат при обчисленні показника Херста.

Оберемо ширину попереднього вікна такою, що дорівнює 30 ($k = 30$). Цей термін становить два з половиною роки, тобто містить такий часовий проміжок, у межах якого може відбуватися структурне зрушення динаміки цін.

Визначення виділених вище показників для оцінки стану ринку в момент часу t , $t = \overline{k, n}$, полягає в обчисленні кожного з них для відповідного відрізка ЧР $\langle rp_{t-k+1}, rp_{t-k+2}, \dots, rp_{t-1}, rp_t \rangle$. У результаті отримаємо такі похідні для RP часові ряди:

$$H = \langle H_t, t = \overline{k, n} \rangle \quad (2.1)$$

$$l_{H3} = \langle l_{H3_t}, t = \overline{k, n} \rangle \quad (2.2)$$

$$H_{entrop_L} = \langle H_{entrop_L_t}, t = \overline{k, n} \rangle \quad (2.3)$$

$$A = \langle A_t, t = \overline{k, n} \rangle \quad (2.4)$$

Таким чином, визначення вхідних змінних нечіткої моделі завершено.

При визначенні вихідної змінної зауважимо, що кожна з фаз відповідно до гіпотези когерентного ринку, яка поєднує нелінійну детерміністичну модель та статистичну динамічну модель, характеризується випадковою та детермінованою складовою. При переході від фази випадкового блукання до фази когерентності зростає детермінована складова, тобто більш вираженим є результат суспільної думки, а тому зростає «порядок» у діях інвесторів (агентів на ринку). Рівень цього «порядку» будемо визначати кількісно нормованою величиною, що змінюється від 0 (що відповідає повній відсутності порядку, тобто випадковому блуканню) до 1 (що відповідає повному порядку, тобто повністю детермінованому процесу). За таких умов, за вихідну оберемо нечітку змінну «рівень порядку на ринку», що опосередковано визначає належність рівня $rp_t \in RP$ до певної фази ринку. Введемо позначення:

$$LOM(rp_t) = \left\{ (E_q, \mu_{E_q}(rp_t)), q = \overline{1, 4} \right\}, \quad (2.5)$$

де $E_q \in T^{LOM}$ — лінгвістичне значення змінної $LOM(rp_i)$,

T^{LOM} — терм-множина, $T^{LOM} = \{ДН \equiv E_1, H \equiv E_2, C \equiv E_3, B \equiv E_4\}$.

Зміст терм-множини T^{LOM} визначається завданням виділення фаз на ринку нерухомості та їх зв'язком із рівнем «порядку» (тобто детермінованості) на ринку. Так, «дуже низький рівень» (ДН) порядку на ринку відповідає фазі випадкового блукання; «низький рівень» (H) порядку — фазі нестійкого переходу; «середній рівень» (C) порядку відповідає фазі хаотичного ринку; «високий рівень» (B) порядку — фазі когерентності.

Перейдемо до процедури фазифікації, за якою визначимо вхідні показники як нечіткі змінні.

Етап 2. Визначення лінгвістичних значень вхідних змінних (критеріїв класифікації).

Для формування бази знань при побудові моделі на підґрунті нечіткої логіки скористаємося трьома термами для кожної змінної. Для оцінювання показників $H, l_{H3}, H_{entrop_L}, A$, що характеризують стан ринку, сформуємо єдину шкалу з трьох якісних термів: Н — низький рівень показника, С — середній рівень показника, В — високий рівень показника.

Етап 3. Побудова функцій належності змінних.

Області визначення вхідних змінних визначаються діапазонами можливих значень відповідних показників:

$$\begin{aligned} 0 &\leq H \leq 1, \\ 3 &\leq l_{H3} \leq \infty, \\ 0 &\leq H_{entrop_L} \leq \infty, \\ -\infty &\leq A \leq \infty. \end{aligned}$$

Необхідність нечіткого опису, як зазначено вище, зумовлена невизначеністю щодо відповідності значень виділених показників певній фазі

когерентного ринку. Проте таку відповідність можна вказати для їх лінгвістичних значень. Визначення виду функцій належності для вхідних змінних було здійснено на основі прямих та непрямих методів: на базі аналізу гістограм розподілу значень відповідних показників для відрізків часового ряду RP_i^q , $i = \overline{1, K}$ та думки експертів. При виборі враховано, що трикутна функція належності дозволяє підкреслити досягнення максимального значення функції в одній точці змінної, а трапецієвидна функція — задавати ядро нечіткої множини у вигляді інтервалу. Обидві функції формуються з використанням кусково-лінійної апроксимації. До гладких функцій належності відносять квазідзвоноподібні функції належності, які аналітично представляються функцією:

$$\mu^T(X) = \frac{1}{1 + \left(\frac{X - b_T}{c_T} \right)^2}, \quad (2.7)$$

де X — значення показника,

c_T — коефіцієнт концентрації-розтягування функції,

b_T — координата максимуму функції ($\mu(b_T) = 1$),

T — лінгвістичний терм із множини $\{H, C, B\}$. Значення функцій належності термів H та B усіх змінних за межами своїх максимумів b_T дорівнюють, як і в точках максимуму, одиниці.

Необхідно зауважити, що лінгвістична оцінка показника Херста з огляду на рівень порядку на ринку є симетричною відносно значення $H = 0,5$. Тому функцію належності для показника Херста будемо представляти в системі координат з абсцисою $|H - 0,5|$. Аналогічно, коефіцієнт асиметрії є симетричним відносно 0.

Параметри квазідзвоноподібних функцій належності для вхідних змінних (коефіцієнту асиметрії A , показника Херста H , значення глибини пам'яті, що зустрічається найчастіше для даного ЧР $RP l_{H3}$, показника інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті H_{entrop_L}) представлено в табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Параметри квазідзвоноподібних функцій належності вхідних змінних

Вхідна змінна	Лінгвістичне значення показника	Коефіцієнт концентрації-розтягування функції c_T	Координата максимуму функції b_T
Коефіцієнт асиметрії $ A $	Низьке	0,8	0
	Середнє	0,8	2
	Високе	0,8	5
Відхилення показника Херста $ H - 0,5 $	Низьке	0,2	0
	Середнє	0,3	0,25
	Високе	0,3	0,5
Значення глибини пам'яті, що є найбільш можливим для даного ЧР $RP l_{H3}$	Низьке	1	3
	Середнє	1	5
	Високе	5	10
Показник інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті H_{entrop_L}	Низьке	1,5	0
	Середнє	1,5	3
	Високе	0,8	5

Чим більше значення коефіцієнту концентрації-розтягування, тим більш пологий вигляд має функція належності. Низьке значення коефіцієнта

концентрації-розтягування акцентує увагу на невеликому околі координати максимуму і притаманне вхідним змінним з невеликим розмахом (наприклад, показнику Херста).

Результат визначення функції належності для вхідних змінних із використанням прикладного програмного пакету Matlab представлено на рис. 2.15.

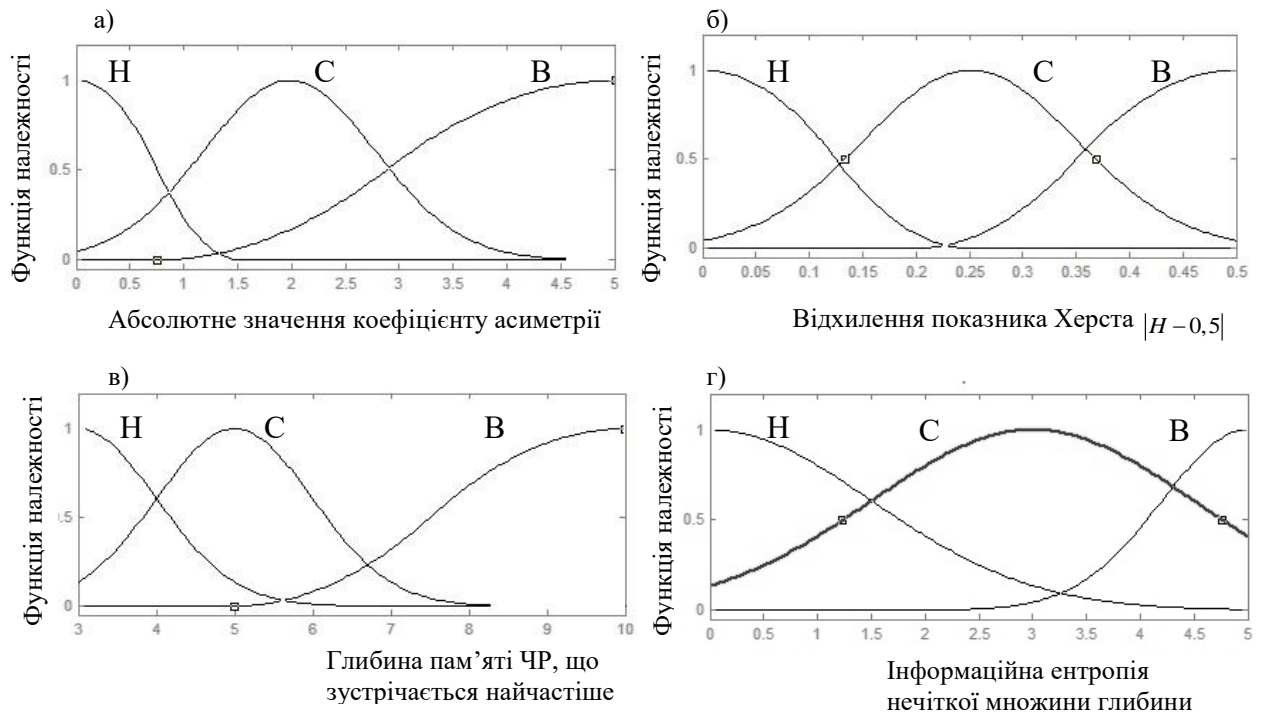


Рис. 2.15. Візуальне представлення функції належності вхідних змінних:

- а) абсолютного значення коефіцієнту асиметрії A ;
- б) показника Херста H ;
- в) глибини пам'яті ЧР l_{H3} ;
- г) інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті ЧР H_{entrop_L}

Для вихідної змінної на основі ретроспективного аналізу ЧР та експертних оцінок було обрано функції належності трапецієвидного та трикутного виду. Область визначення вихідної змінної «рівень порядку на ринку» — інтервал $[0; 1]$.

Результат визначення нормальної функції належності для вихідної змінної «рівень порядку на ринку» представлено на рис. 2.16 у вигляді

візуалізації, отриманої з використанням прикладного програмного пакету Matlab.

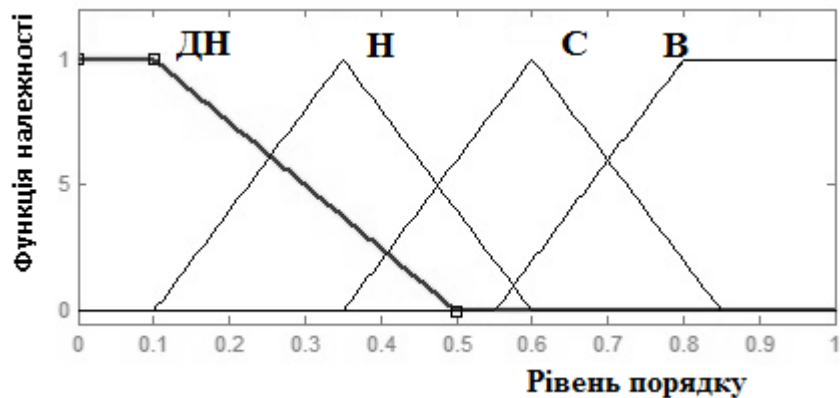


Рис. 2.16. Візуальне представлення функції належності вихідної змінної

$LOM(rp_t)$ «рівень порядку на ринку»

Етап 4. Побудова нечіткої моделі ідентифікації стану ринку нерухомості типу Мамдані.

Для отримання значення лінгвістичної змінної $LOM(rp_t)$, що опосередковано визначає фазу ринку нерухомості, застосуємо композиційне правило, запропоноване Л. Заде, яке формалізує нечіткий логічний висновок щодо різних значень показників (коефіцієнта асиметрії A , коефіцієнта Херста H , глибини пам'яті часового ряду l_{H3} , що зустрічається найчастіше, інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті H_{entrop_L}).

Для його застосування розробимо базу знань за принципом алгоритму Мамдані (табл. 2.11). Відповідно, правило переходу до фази, наприклад, когерентності (відповідає значенню «високий рівень порядку»), можна сформулювати таким чином:

Якщо (($A = \text{«Високе»}$) ТА ($H = \text{«Високе»}$) ТА ($l_{max} = \text{«Високе»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Високе»}$)) АБО (($A = \text{«Високе»}$) ТА ($H = \text{«Середнє»}$) ТА ($l_{H3} = \text{«Високе»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Високе»}$)) АБО (($A = \text{«Високе»}$) ТА ($H = \text{«Високе»}$) ТА ($l_{H3} = \text{«Середнє»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Високе»}$)) АБО (($A = \text{«Високе»}$) ТА ($H =$

«Високе») ТА ($l_{H3} = \text{«Високе»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}$) АБО (($A = \text{«Середнє»}$) ТА ($H = \text{«Високе»}$) ТА ($l_{H3} = \text{«Високе»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Високе»}$)),
 ТО ($LOM(rp_i) = \text{«Високий»}$).

Таблиця 2.11

Правила нечіткого виводу для нечіткої змінної $LOM(rp_i)$ — «рівень порядку на ринку»

№	Лінгвістичні значення показників				Лінгвістичне значення змінної $LOM(rp_i)$ - «рівень порядку на ринку»
	Коефіцієнт асиметрії A	Показник Херста H	Глибина пам'яті часового ряду l_{H3} , що зустрічається найчастіше	Показник інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті H_{entrop_L}	
1	Високе	Високе	Високе	Високе	Високий
2	Низьке	Низьке	Низьке	Низьке	Дуже низький
3	Середнє	Середнє	Середнє	Середнє	Середній
4	Високе	Середнє	Високе	Високе	Високий
5	Високе	Високе	Середнє	Високе	Високий
6	Високе	Високе	Високе	Середнє	Високий
7	Середнє	Високе	Високе	Високе	Високий
8	Середнє	Низьке	Середнє	Середнє	Середній
9	Середнє	Середнє	Низьке	Середнє	Середній
10	Середнє	Середнє	Середнє	Низьке	Середній
11	Низьке	Середнє	Середнє	Середнє	Середній
12	Середнє	Високе	Середнє	Середнє	Середній
13	Середнє	Середнє	Високе	Середнє	Середній
14	Середнє	Середнє	Середнє	Високе	Середній
15	Високе	Середнє	Середнє	Середнє	Середній
16	Низьке	Середнє	Низьке	Середнє	Низький
17	Середнє	Низьке	Середнє	Низьке	Низький
18	Низьке	Низьке	Середнє	Середнє	Низький
19	Середнє	Середнє	Низьке	Низьке	Низький
20	Низьке	Високе	Низьке	Високе	Низький
21	Високе	Низьке	Високе	Низьке	Низький
22	Низьке	Низьке	Високе	Високе	Низький
23	Високе	Високе	Низьке	Низьке	Низький
24	Низьке	Низьке	Низьке	Середнє	Дуже низький
25	Низьке	Низьке	Середнє	Низьке	Дуже низький
26	Низьке	Середнє	Низьке	Низьке	Дуже низький
27	Середнє	Низьке	Низьке	Низьке	Дуже низький

Аналізуючи табл. 2.11, правило переходу до фази хаотичного ринку формулюється таким чином:

Якщо $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Високе»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Високе»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Високе»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Високе»}))$, ТО $(LOM(rp_t) = \text{«Середній»})$.

Правило переходу до фази нестійкого переходу формулюється таким чином:

Якщо $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}))$ АБО $((A = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}))$ АБО $((A = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Середнє»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}))$ АБО $((A = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H = \text{«Високе»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Високе»}))$ АБО $((A = \text{«Високе»}) \text{ ТА } (H = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Високе»}))$ АБО $((A = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H = \text{«Високе»}) \text{ ТА } (l_{H3} = \text{«Низьке»}) \text{ ТА } (H_{entrop_L} = \text{«Високе»}))$

«Високе») ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}$) АБО (($A = \text{«Високе»}$) ТА ($H = \text{«Низьке»}$)) ТА ($l_{H3} = \text{«Високе»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}$)), ТО ($LOM(rp_t) = \text{«Низький»}$).

Правило переходу до фази випадкового блукання формулюється таким чином:

Якщо (($A = \text{«Низьке»}$) ТА ($H = \text{«Низьке»}$) ТА ($l_{H3} = \text{«Низьке»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}$)) АБО (($A = \text{«Середнє»}$) ТА ($H = \text{«Низьке»}$) ТА ($l_{H3} = \text{«Низьке»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}$)) АБО (($A = \text{«Низьке»}$) ТА ($H = \text{«Середнє»}$) ТА ($l_{H3} = \text{«Низьке»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}$)) АБО (($A = \text{«Низьке»}$) ТА ($H = \text{«Низьке»}$) ТА ($l_{H3} = \text{«Низьке»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Середнє»}$)) АБО (($A = \text{«Низьке»}$) ТА ($H = \text{«Низьке»}$) ТА ($l_{H3} = \text{«Середнє»}$) ТА ($H_{entrop_L} = \text{«Низьке»}$)), ТО ($LOM(rp_t) = \text{«Дуже низький»}$).

Етап 5. Прийняття рішення.

Остаточне рішення моделі щодо визначення належності рівня $rp_t \in RP$ певній фазі E_q ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку обирається таке, для якого функція належності вихідної змінної $LOM(rp_t)$ буде найбільшою для заданих значень вхідних показників $H, l_{H3}, H_{entrop_L}, A$:

$$LOM(rp_t) = E_q^* = \arg \max_{E_q \in T} \{ \mu_{E_q}(rp_t), q = \overline{1,4} \}. \quad (2.8)$$

Таким чином, результатом застосування побудованої моделі є лінгвістичний опис належності поточного стану ринку нерухомості до певної фази когерентного ринку $E_q, q = \overline{1,4}$. У результаті отримуємо лінгвістичний ЧР $RP^Q = \langle E_{qt}, t = \overline{1,n}, E_{qt} \in Q \rangle$.

Далі розглянемо блок **II**, який вирішує завдання верифікації моделі на базі ретроспективного аналізу шляхом співставлення результатів ідентифікації з даними, що отримано попередньо на основі експертного оцінювання.

Якщо назву фази E_q замінити на її номер $q = \overline{1,4}$, то як результат нечіткої моделі отримаємо часовий ряд RP^Q , що складається з номерів фаз ринку нерухомого майна, який можна представити як упорядковану множину підмножин: $RP^Q = \bigcup_{i=1}^K RP_i^{q'} = \bigcup_{i=1}^K (a_i', b_i')^{q'}$, де i — номер інтервалу, a_i' — перший елемент упорядкованої підмножини (відрізка $RP_i^{q'}$) із номерів q , b_i' — останній елемент підмножини $RP_i^{q'}$, K — кількість різних виділених підмножин, що відповідають різним фазам ринку. Далі з заданою похибкою δ уточнимо розбиття на ділянки відповідних фаз ринку нерухомого майна. Нехай $\delta = 10\%$. Тоді ділянкою $RP_i^{q'}$ відповідної фази E_q ринку нерухомого майна згідно з гіпотезою когерентного ринку будемо вважати сукупність рівнів, 90% яких належать до однієї й тієї ж фази E_q , оскільки статистична похибка моделі, що дорівнює 10%, вважається низькою.

Для порівняння результатів оцінювання фаз стану ринку нерухомості, отриманих за допомогою експертного методу та нечіткої моделі введемо критерії оцінювання якості моделі.

Позначимо: a_i^{ex} , b_i^{ex} — нижня та верхня границі ділянки, отриманої в результаті експертного оцінювання; a_i' , b_i' — нижня та верхня границі відповідної ділянки, отриманої в результаті застосування побудованої нечіткої моделі.

Похибку побудованої нечіткої моделі будемо оцінювати за формулою, аналогічної до стандартної середньої абсолютної похибки у відсотках:

$$MAPE = \frac{100}{K} \sum_{i=1}^K \left(\frac{|a_i^{ex} - a_i'|}{a_i^{ex}} + \frac{|b_i^{ex} - b_i'|}{b_i^{ex}} \right) \quad (2.9)$$

Якщо значення похибки $MAPE$ буде меншою за задану похибку δ (наприклад, 10%), нечітка модель буде визнана прийнятною для ідентифікації фази стану ринку нерухомого майна. Якщо $MAPE$ буде перевищувати значення δ , то необхідно перейти до блоку **III** (навчання), в межах якого скорегувати параметри моделі, зокрема, коефіцієнти концентрації-розтягування та координати максимумів функцій належності вхідних або вихідної змінних.

У результаті застосування побудованої моделі до даних ЧР RP дохідності нерухомого майна в м. Києві за період із січня 1991 року по грудень 2013 року отримано значення похибки $MAPE=5,2\%$, отже модель ідентифікації фази ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку є прийнятною.

На рис. 2.16 наведено графічне представлення ЧР RP дохідності нерухомості в м. Києві та похідні для нього ЧР значення показника Херста з попереднім вікном $k=30$ (за період із січня 1991 року по грудень 2013 року) з виділенням фаз згідно з гіпотезою когерентного ринку на основі нечіткої моделі.

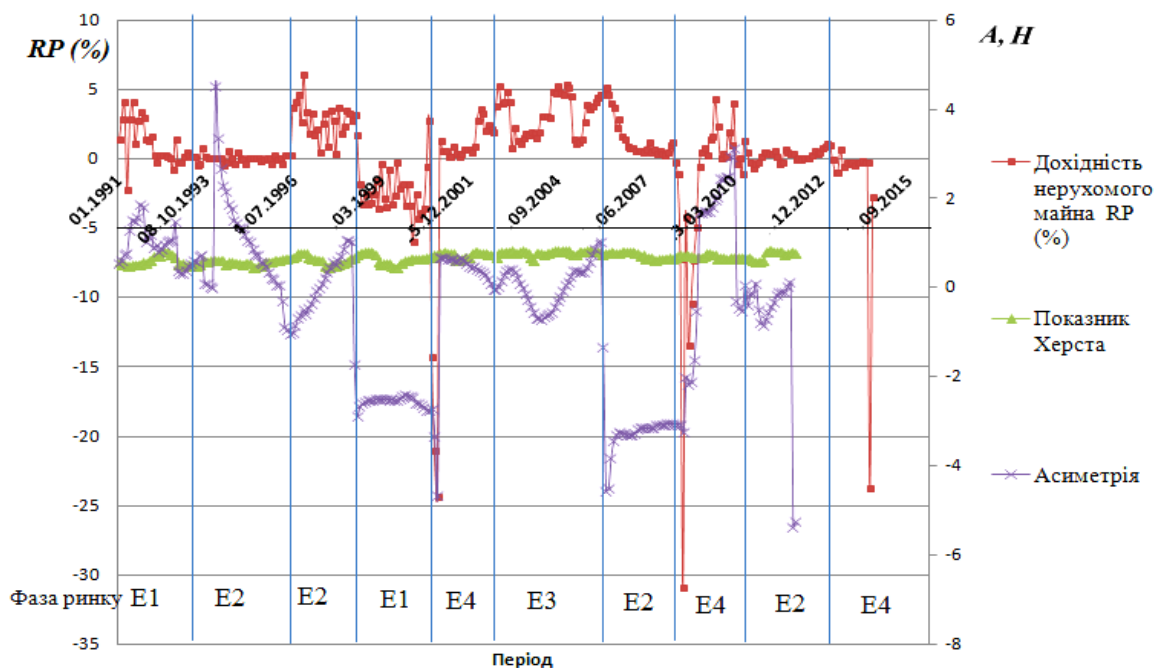


Рис. 2.16. Графічне представлення вихідного ЧР RP дохідності нерухомості в м. Києві та похідні для нього ЧР показника Херста та асиметрії

Етап 6. Аналіз статистики фаз та рекомендації щодо використання нечіткої моделі.

Рекомендації з використання нечіткої моделі ідентифікації фаз ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку можна сформулювати таким чином:

1. Метод прогнозування, релевантний до поточної фази ринку, обирається на основі ідентифікації фази. Для цього використовують кількість спостережень, що дорівнює довжині попереднього вікна, тобто 30 значенням динаміки ціни на нерухомість. Для фаз випадкового блукання та нестійкого переходу є доцільним використання методів екстраполяції, а для фаз хаотичного ринку та когерентного ринку — методології прогнозування на базі дискретної нелінійної динаміки.

2. Аналіз статистики фаз дає змогу зробити припущення щодо тривалості фаз. Виявлено, що в середньому кожна з фаз продовжується близько двох років. Тому важливе значення має не тільки належність поточного спостереження до тієї чи іншої фази когерентного ринку, але й її початок. Якщо він мав місце менше, ніж два роки назад, то є підстави очікувати, що фаза може продовжуватися (не змінитися) за умови, природно, відсутності суттєвих змін у зовнішньому середовищі та внутрішніх умовах ринку.

3. Аналіз зміни фаз підтвердив результати [78], що перехід з однієї до іншої фази відбувається за такими правилами:

- фаза випадкового блукання може переходити у фазу нестійкого переходу або фазу когерентності;
- фаза нестійкого переходу може переходити у фазу випадкового блукання, фазу хаотичного (фрактального ринку) або фазу когерентності;
- фаза хаотичного (фрактального ринку) може переходити у фазу нестійкого переходу або фазу когерентності;
- фаза когерентності може переходити у будь-яку фазу.

Зважаючи на зв'язок між рівнем порядку (детермінованості) на ринку та відповідною фазою, загальне правило переходів фаз з однієї в іншу

(чергування) можна сформулювати таким чином: кожна з фаз, окрім фази когерентності, може перейти в минулий чи наступний стан (при цьому, послідовність фаз є такою: випадкового блукання — нестійкого переходу — хаотичного (фрактального) ринку — когерентності). Фаза когерентності може спостерігатися після кожної з фаз та перейти в будь-яку, оскільки є проявом структурних зрушень у результаті дії фундаментальних факторів.

На основі проведеного дослідження була створена база знань (рис. 2.17) із переходів фаз одна в одну, що притаманна саме ринку нерухомості України. Визначення поточного стану ринку нерухомого майна на схемі відбувається як інтерпретація комбінацій чисельного кодування фази ринку та лінгвістичного комбінування значень вхідних змінних.

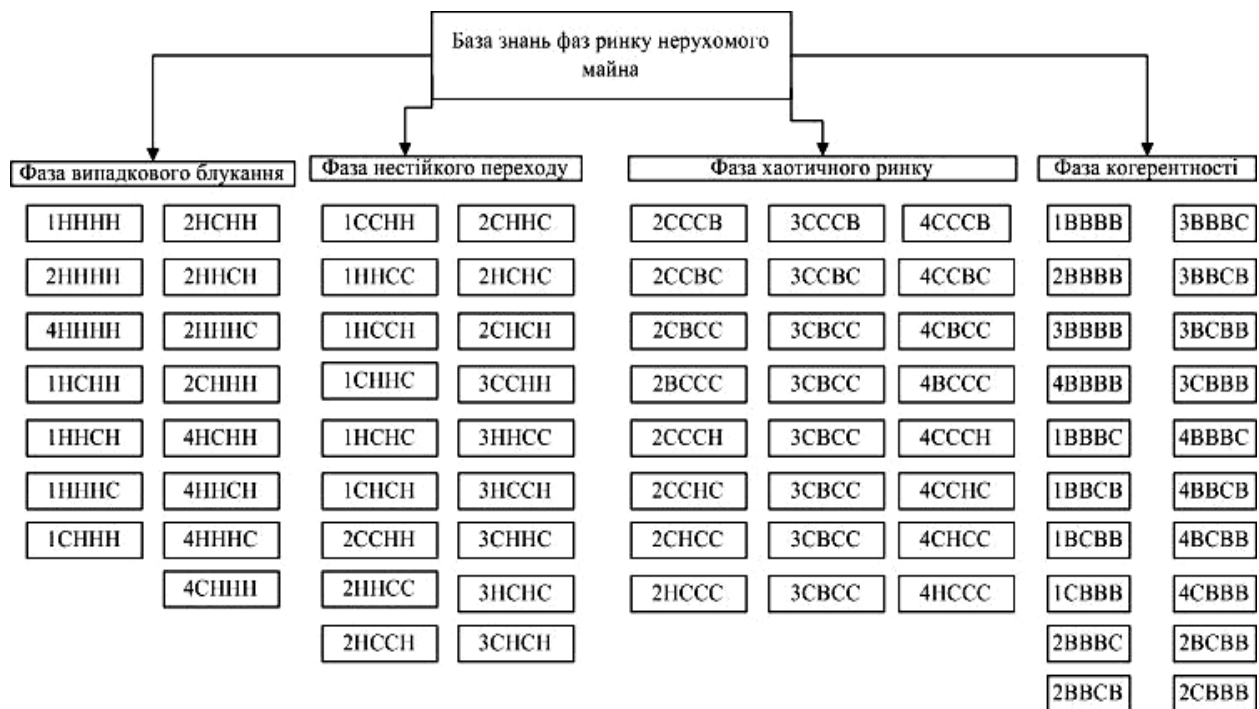


Рис. 2.17. База знань щодо переходів фаз ринку нерухомого майна

Наприклад, комбінація 1НННН означає, що у випадку, якщо попередньою фазою була фаза випадкового блукання («1»), а коефіцієнт асиметрії A , коефіцієнт Херста H , глибина пам'яті часового ряду l_{H3} , що зустрічається найчастіше, інформаційна ентропія нечіткої множини глибини

пам'яті приймають низьке значення («Н»), то наступною фазою буде також фаза випадкового блукання.

Візуальне представлення поверхні значень лінгвістичної змінної «рівень належності до фази E_q » подано на рис. 2.18.

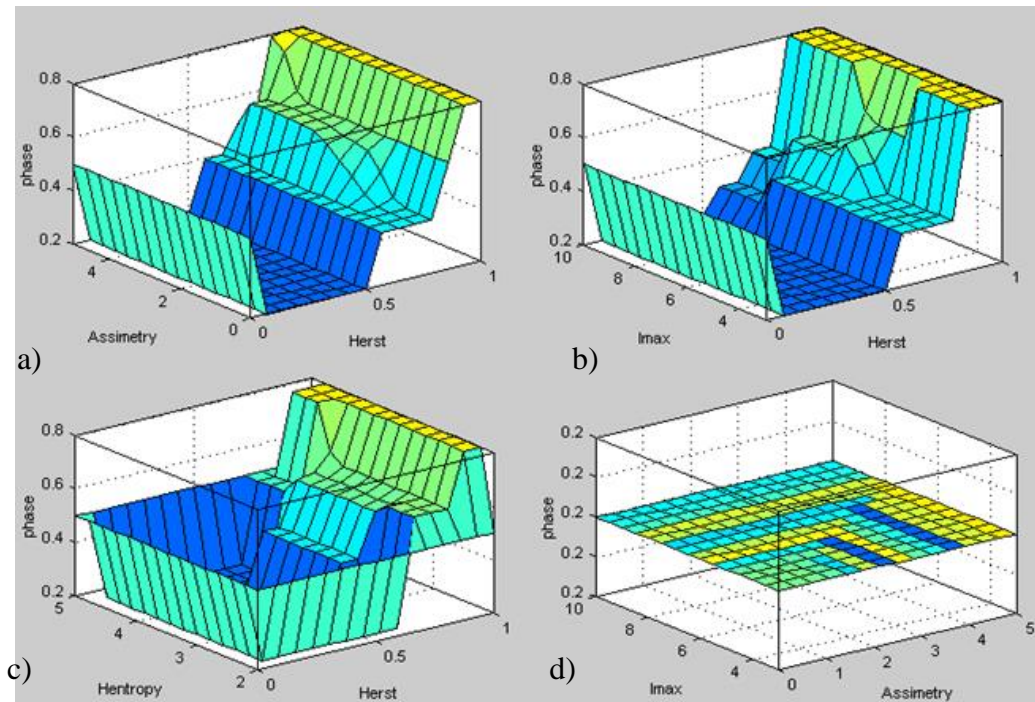


Рис. 2.18. Візуальне представлення поверхні значень лінгвістичної змінної «рівень належності до фази E_q », де координатами є: а) показник Херста, коефіцієнт асиметрії, фаза ринку; б) показник Херста, максимальна пам'ять ЧР, фаза ринку; с) показник інформаційної ентропії, показник Херста, фаза ринку; д) коефіцієнт асиметрії, максимальна пам'ять ЧР, фаза ринку.

У результаті досліджень побудована нечітка модель діагностики стану ринку нерухомості шляхом ідентифікації фази когерентного ринку. Процедура верифікації виявила її достатню адекватність у порівнянні з результатами експертного оцінювання.

Застосування побудованої моделі з метою визначення стану ринку нерухомості з урахуванням гіпотези когерентного ринку на основі апарату нечіткого моделювання дозволить провести якісний аналіз поточної ситуації на ринку нерухомого майна. Оскільки в п 1.1 було зазначено, що ринок

нерухомості є регіонально розшарованим, після ідентифікації фази ринку нерухомості постає питання отримання точного прогнозу динаміки ціни на нерухомість, незалежно від його регіональних особливостей.

2.4 Аналіз регіональних ринків нерухомого майна

Визначимо, чи є відмінною структура часових рядів динаміки ціни на нерухомість у різних регіонах України. Візуальний аналіз дає змогу зробити висновки про схожість тренду динаміки ціни на нерухомість (рис. 2.1). Водночас амплітуда коливань часових рядів ціни на нерухоме майно для кожного з обласних центрів є досить різною. Експертні висновки стосовно прогнозування ціни на нерухоме майно свідчать про те, що в певних обласних центрах побудувати точний прогноз динаміки ціни на нерухомість складніше. Зважаючи на це, припустимо, що в регіональному розрізі існують різні типи динаміки ціни на нерухомість, які відрізняються за ступенем прогнозованості. Для її підтвердження або спростування побудуємо регіональну класифікацію динаміки ціни на нерухоме майно.

Розглянемо властивості ЧР P , RP , MP з точки зору твердження про те, що більшості ЧР, які відображають динаміку розвитку економічних систем, властива довгострокова пам'ять, і вони мають фрактальну структуру. Виходячи з отриманих результатів, класифікуємо динаміку ціни на нерухомість.

Для перевірки цього твердження стосовно ЧР цін на житлову нерухомість, що розглядаються, застосуємо метод комплексного фрактального аналізу. Метою фрактального аналізу певного ЧР є виявлення наявності в ньому довготривалої пам'яті та оцінка її глибини. Передбачається, що ціни на нерухомість є трендостійкими, тобто скоріш за все вони зберігають тенденцію, яка існує, аніж повертаються до середніх значень. Отримана інформація може бути використана для оцінювання ступеню прогнозованості часових рядів.

Першим етапом комплексного фрактального аналізу є відомий метод нормованого розмаху Херста, який разом із процедурою перемішування дозволяє здійснити діагностику щодо фрактальної структури ЧР.

Розрахуємо значення показника Херста для цих часових рядів. Для часового ряду P міста Києва отримано значення показника Херста $H = 0,929$ (після перемішування рівнів ЧР $H_{\text{пер}} = 0,554$), для часового ряду RP — значення $H = 0,812$ (після перемішування $H_{\text{пер}} = 0,561$), для часового ряду MP значення $H = 0,900$ (після перемішування $H_{\text{пер}} = 0,527$). Для інших обласних центрів значення показника Херста подано в табл. 2.2. Із цього можна зробити висновок, що часові ряди ціни на житлову нерухомість, які досліджуються, є персистентними та мають довготривалу пам'ять.

Другий етап комплексного фрактального аналізу, який дозволяє отримати кількісну характеристику глибини пам'яті ЧР, полягає в реалізації алгоритму послідовного R/S -аналізу на основі побудови сімейства $S(P)$ та аналізу відповідних їм H -траєкторії й R/S -траєкторії. Розглянемо на рис. А.1 – А.3 Додатку А R/S -траєкторію та H -траєкторію відповідно для ЧР P^6 , RP^6 , MP^6 . Підставою для твердження про те, що ЧР має пам'ять про свій початок, є виконання такої умови: його H -траєкторія на протязі деякої кількості своїх початкових точок знаходиться в області чорного шуму, а для його R/S -траєкторії ці точки входження в чорний шум демонструють собою наявність тренда.

На підставі візуалізації представлених на рис. Б.1 (Додаток Б) траєкторій можна сформулювати такий висновок: зміна тренду R/S -траєкторії відбувається в точці $l = 10$, а для представлених на рис. Б.2, Б.3 траєкторій «глибину пам'яті» оцінимо числом $l = 9$. На підставі цих даних для кожного з розглянутих ЧР обчислимо «глибину пам'яті часового ряду в цілому», яка представляється нечіткою множиною:

$$L(Z) = \{(l_i, \mu_L(l_i)); l_i \in N\}, \mu_L : N \rightarrow [0;1], \quad (2.9)$$

де l_i — натуральне число, що відповідає поняттю «можлива глибина пам'яті»,

$\mu_L(l_i)$ — функція належності числа l_i («глибини l_i ») нечіткій множині $L(Z)$, приймає значення з інтервалу $[0;1]$ та відображає ступінь можливості, що число l_i є глибиною пам'яті часового ряду,

$\text{supp } L(Z) = L^0 = \{l_i \in N, i = 1, 2, \dots : \mu_L(l_i) > 0\}$ — множина натуральних чисел, для яких функція належності $\mu_L(l_i)$ набуває додатних значень ($\mu_L(l_i) > 0$). Має назву «носій нечіткої множини $L(Z)$ ».

Графічне представлення нечіткої множини глибини пам'яті для часових рядів ціни на нерухомість P^6 , RP^6 зображене на рис. 2.19. і рис. 2.20. Графічне представлення нечіткої множини глибини пам'яті для часового ряду MP^6 є аналогічним ряду RP^6 .

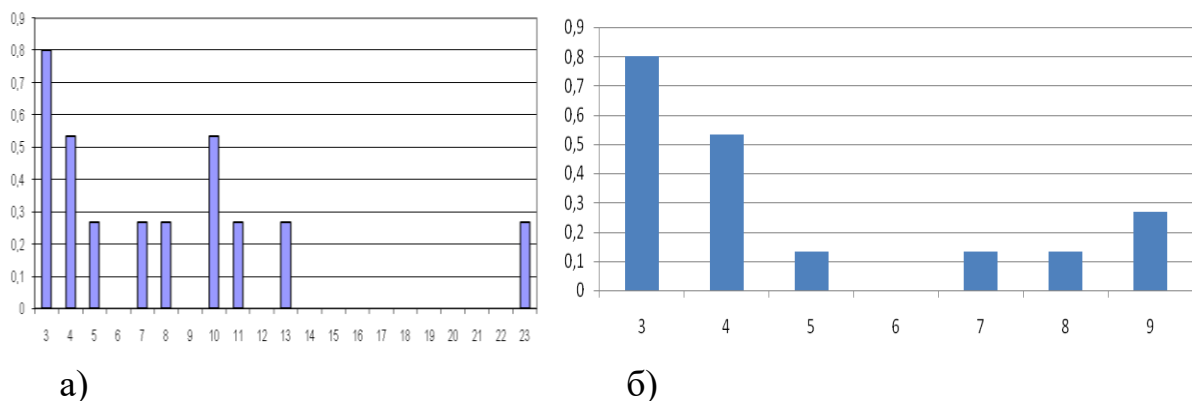


Рис. 2.19. Графічне представлення нечіткої множини глибини пам'яті для часового ряду а) P^6 ; б) RP^6

Регіональні особливості динаміки ціни на нерухоме майно виявимо шляхом застосування комплексного фрактального аналізу. Виділимо чотири системні характеристики, які відображають властивості ряду динаміки щодо змін.

Інерційність (або трендостійкість) — властивість динаміки зберігати напрям руху, тобто схильність рухатися за напрямом тренду: якщо рівні ряду динаміки зростали в попередній період, то ймовірніше, що вони зростатимуть і

в наступний період. Ця властивість, згідно фрактальної теорії, зумовлена довготривалою пам'яттю ряду динаміки.

Локальна стійкість (L-стійкість) — характеризує ступінь інерційності — властивість динаміки за деякі проміжки часу зберігати значення з обмеженого околу (відсутність значних відхилень від значення показника та (або) напрямку руху).

Локальна мінливість (L-мінливість) — властивість ряду динаміки, що відображає його схильність до значних змін значень у малому околі часу.

Очевидно, що властивості *L-стійкості* та *L-мінливості* ряду динаміки є взаємно протилежні, проте при характеристиці динаміки доречно використовувати те, що більш виражено (тобто має більшу ступінь прояву).

L-невизначеність — характеристика динаміки щодо передбачуваності — відображає співвідношення між визначеністю характеру інформації відносно напрямку і швидкості руху та невизначеністю.

Ступінь прояву визначених системних характеристик (властивостей) динаміки (економічних часових рядів) характеризує система показників $P = \{P_p^k(X), p = \overline{1, p_k}, k = \overline{1, 4}\}$, запропонована у [64]. У цій же роботі проаналізовано можливості кількісного оцінювання системних характеристик ряду економічної динаміки на основі показників, що отримуються засобами комплексного фрактального аналізу, а також фазового аналізу. Результати аналізу запропоновано представляти у вигляді табл. 2.12.

Знання розглянутих характеристик часових рядів представляє аналітику важливу передпрогнозну інформацію, а саме дозволяє йому оцінити й порівняти характер процесів, що відбуваються, а також перспективність надійного прогнозування ЧР за допомогою методів, що використовують цю інформацію.

Результати комплексного фрактального аналізу для цін на нерухоме майно в обласних центрах України представлені в табл. Б.1 Додатку Б.

**Системні характеристики динаміки розвитку економічної системи
та показники їх оцінювання**

Група системних характеристик $k \in N$	Показники оцінювання властивостей динаміки розвитку $P_p^k(x), p = \overline{1, p_k}$	
	Числові	Нечіткі
I. Інерційність	$H, l_{H3}, l_{CT}, l_{CT}^\varepsilon$	$L(X) = \{ (l, \mu(l)), l \in L^0 \}$ $L_{3H}^\varepsilon(Z)$ $D(X) = \{ (n_t, \mu_D(n_t)) \}$ $P = \{ P_k, \mu(P_k) \},$ $P(t) = \{ P_k(t), \mu(P_k(t)) \}$
II. L -стійкість	$\mu(3), \mu(4), \mu(l_{\max}), \mu(l_{H3})$ I_D, d_{\max}	
III. L -мінливість	$\mu(3), d_L (I_L, I_P, I_D)$	
IV. L -невизначеність	$UP, SH(X)$ Інформаційна ентропія $H_{ентр_L}, H_{ентр_P}, H_{ентр_D}$ $H_{ентр_L}^\varepsilon, H_{ентр_P}^\varepsilon, H_{ентр_D}^\varepsilon$	

На підставі отриманих кількісних значень показників оцінимо системні характеристики, які відображають властивості рядів динаміки цін на нерухомість. Отримано висновки:

а) властивість трендостійкості притаманна часовому ряду абсолютних значень цін на нерухомість для всіх регіонів, оскільки показник Херста наближається до 1 (табл. 2.3). Тобто існує схильність рухатися за напрямом тренду: якщо рівні ряду динаміки зростали в попередній період, то ймовірніше, що вони зростатимуть і в наступний період. Проведений тест на перемішування це підтвердив (у всіх часових рядах у результаті перемішування була зруйнована структура, а значення показника Херста не перевищувало 0,6). Трендостійкість часових рядів Києва, Донецька, Дніпропетровська, Одеси є найнижчою, а трендостійкість Луганська, Херсона, Чернігова є найвищою. Це свідчить про те, що ступінь прогнозованості ринку нерухомості Луганська,

Херсона, Чернігова є значно більшою, аніж Києва, Донецька, Дніпропетровська, Одеси.

Трендостійкість відсутня для часових рядів дохідності, ланцюгових індексів та темпів приростів ціни на нерухоме майно таких обласних центрів, як Вінниця, Запоріжжя, Кіровоград, Луганськ, Луцьк, Миколаїв, Полтава, Рівне, Сімферополь, Суми, Херсон, Чернігів, оскільки значення показника Херста для цих рядів динаміки знаходиться в околі 0,75, нижче якого інерційність ряду є недостатньою. Для цих регіонів проблема виявлення перспективи дохідності від інвестиційної діяльності на ринках нерухомого майна є складно вирішуваною.

Для решти обласних центрів (Житомир, Івано-Франківськ, Тернопіль, Хмельницький, Черкаси) питання сталої дохідності цін на нерухоме майно є спірним.

б) ступінь прояву властивості трендостійкості можна оцінити значенням глибини пам'яті, що зустрічається найчастіше (l_{nz}). Виявилось, що для ЧР P^6 значення $l_{nz} = 10$, для RP^6 , M^6 $l_{nz} = 9$. Тобто впродовж отриманої кількості часових періодів (місяців) буде зберігатися напрям тренду.

в) отримані значення для центра тяжіння (l_{cm}) часових рядів можуть бути використані для визначення верхньої межі горизонту прогнозу (рис. 2.20).

г) для оцінки ступеню невизначеності в динаміці цін використаємо показник інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті (H_{entrop_L}) щодо різноманітності варіантів поведінки ряду динаміки. Інформаційна ентропія є нижчою для відносно невеликих обласних центрів України. Для міст-мільйонерів, а також для Львова вона є помітно більшою.

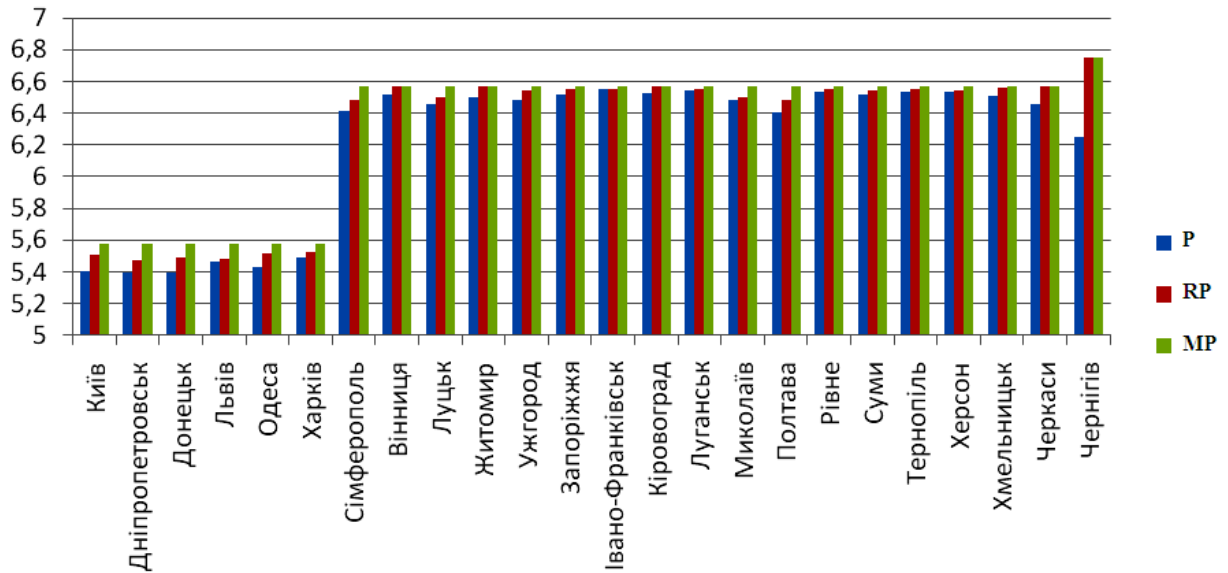


Рис. 2.20. Візуальне представлення показника l_{cm} рядів динаміки ціни на регіональних ринках нерухомості

д) на рис. 2.21 представлено значення інформаційної ентропії. Місто Київ, наприклад, характеризується високим рівнем «зашумленості» $SH(X)$ часового ряду.

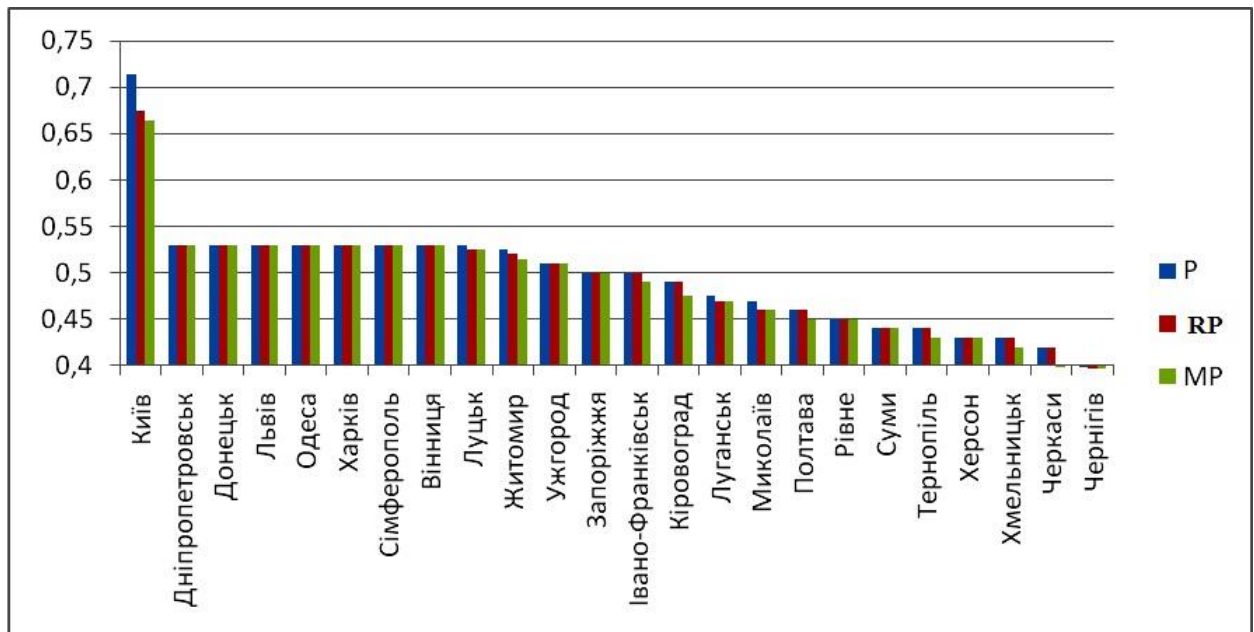


Рис. 2.21. Візуальне представлення показника $SH(X)$ рядів динаміки ціни на регіональних ринках нерухомості

е) для оцінки ступеню стійкості динаміки ціни на нерухоме майно проаналізуємо значення функції приналежності $\mu(3)$, $\mu(4)$ довжин $l=3$ та $l=4$ до нечіткої множини глибини пам'яті L . Можна зробити висновок про те, що для часових рядів, що розглядаються, з великим ступенем довіри є характерною пам'ять довжиною $l=3$ (справедливо для Києва, Дніпропетровська, Донецька, Львова, Харкова). Це є свідченням низького ступеню стійкості та дозволяє дійти висновку про низький ступінь прогнозованості цих рядів. Більш стійкими та прогнозованими є часові ряди обласних центрів, де максимальне значення функції приналежності досягається при глибині пам'яті $l=4$.

На основі проведеного комплексного фрактального аналізу для часових рядів динаміки ціни на нерухомість обласних центрів України, визначимо ступінь прогнозованості динаміки цін у кожному з регіонів країни на основі врахування чотирьох якісних характеристик динаміки:

- I. Інерційність.
- II. Стійкість.
- III. Мінливість.
- IV. Невизначеність.

Базовим припущенням є таке: чим більше інерційність динаміки, тим ступінь прогнозованості вищий. Показником оцінювання рівня інерційності обрано показник Херста (H), який отримується в результаті застосування фрактального аналізу (методу нормованого розмаху Херста). Показник Херста дає змогу дійти висновку про випадкову або фрактальну природу динаміки ціни на нерухомість, оцінити ступінь прояву детермінованої чи випадкової складової, що породжують часовий ряд цін на нерухоме майно. Виявлено, що часовим рядам ціни на нерухомість усіх регіонів притаманна властивість трендостійкості (показник Херста наближається до 1), і, як наслідок, інерційності. Наявність детермінованої складової підтвердив проведений тест на перемішування: в усіх часових рядах у результаті перемішування була зруйнована структура, а значення показника Херста не перевищувало 0,6.

Для оцінювання та порівняння рівня стійкості динаміки цін у регіонах використано значення центру тяжіння нечіткої множини глибини пам'яті часового ряду (l_{CT}), значення якого отримується в результаті методу послідовного R/S -аналізу. Більше значення l_{CT} відповідає більш стійкій динаміці і, як наслідок, більшому ступеню прогнозованості динаміки.

Мінливість динаміки будемо оцінювати статистичним показником «коефіцієнт варіації» (V). Варіація часового ряду ціни на нерухомість у регіональному розрізі визначає, наскільки рівень цін є стабільним та відмінним від середнього значення. Тому чим більшою є мінливість ряду, тим меншим є ступінь прогнозованості динаміки ціни.

Невизначеність динаміки будемо визначати на основі використання показника активності ринку (P) — кількості транзакцій із житловою нерухомістю у відношенні до загальної кількості угод на ринку нерухомого майна. Ступінь прогнозованості динаміки та показник P пов'язані прямою залежністю. Розрахунок зазначених системних характеристик ціни на нерухомість для регіонів України представлено в табл. 2.13.

Таблиця 2.13

Характеристики ринку нерухомості України в розрізі регіонів

Показники Місто (центр регіону)	Варіація (V)	Показник Херста (H)	Центр тяжіння нечіткої множини глибини пам'яті часового ряду (l_{CT})	Частка угод із житловою нерухомістю від загальної кількості транзакцій % (P)
Вінниця	0,51	0,926	6,5136842	45,4
Дніпропетровськ	0,48	0,899	5,3936842	41,9
Донецьк	0,48	0,930	5,3936842	43,5
Житомир	0,52	0,929	6,5036842	47,9
Запоріжжя	0,51	0,928	6,5136842	45,3
Івано- Франківськ	0,60	0,930	6,5536842	49,2

Продовження таблиці 2.13

Показники Місто (центр регіону)	Варіація (V)	Показник Херста (H)	Центр тяжіння нечіткої множини глибини пам'яті часового ряду (I_{cm})	Частка угод із житловою нерухомістю від загальної кількості транзакцій % (P)
Київ	0,47	0,929	5,4036842	42,2
Кіровоград	0,63	0,934	6,5236842	51,5
Луганськ	0,63	0,935	6,5436842	51,6
Луцьк	0,52	0,931	6,4536842	46,4
Львів	0,48	0,908	5,4636842	42,3
Миколаїв	0,57	0,926	6,4836842	48,5
Одеса	0,48	0,919	5,4336842	42,6
Полтава	0,59	0,934	6,4036842	51,8
Рівне	0,61	0,931	6,5336842	49,6
Сімферополь	0,49	0,930	6,4136842	45
Суми	0,60	0,932	6,5136842	51,9
Тернопіль	0,63	0,933	6,5386842	51,6
Ужгород	0,52	0,930	6,4836842	45,6
Харків	0,48	0,928	5,4936842	45,1
Херсон	0,57	0,934	6,5336842	50
Хмельницький	0,59	0,930	6,5086842	48,9
Черкаси	0,49	0,929	6,4537688	45,6
Чернігів	0,58	0,933	6,2512544	51,5

Для визначення ступеня прогнозованості динаміки ціни на регіональних ринках нерухомості застосуємо метод нечіткого моделювання. Аналогічно до п. 2.2, для перетворення числових значень системних характеристик динаміки в лінгвістичні змінні була використана квазіподібна функція належності, параметри якої вказано в табл. 2.14.

Параметри квазіподібної функції належності вхідних змінних

Системна характеристика динаміки ціни	Відповідний показник	Лінгвістичне значення показника	Коефіцієнт концентрації-розтягування функції c_T	Координата максимуму функції b_T
Інерційність	H	Низький	0,2	0,5
		Середній	0,2	0,75
		Високий	0,2	1
Стійкість	l_{cm}	Низький	0,4	3
		Високий	5	$+\infty$
Мінливість	V	Низький	0,35	0
		Високий	0,35	1
Невизначеність	P	Низький	0,35	0
		Високий	0,35	1

Результат визначення нормальної функції приналежності для системних характеристик динаміки, що є вхідними змінними нечіткої моделі визначення ступеню прогнозованості динаміки ціни на регіональних ринках нерухомості за допомогою прикладного програмного пакету Matlab, представлено на рис. 2.22.

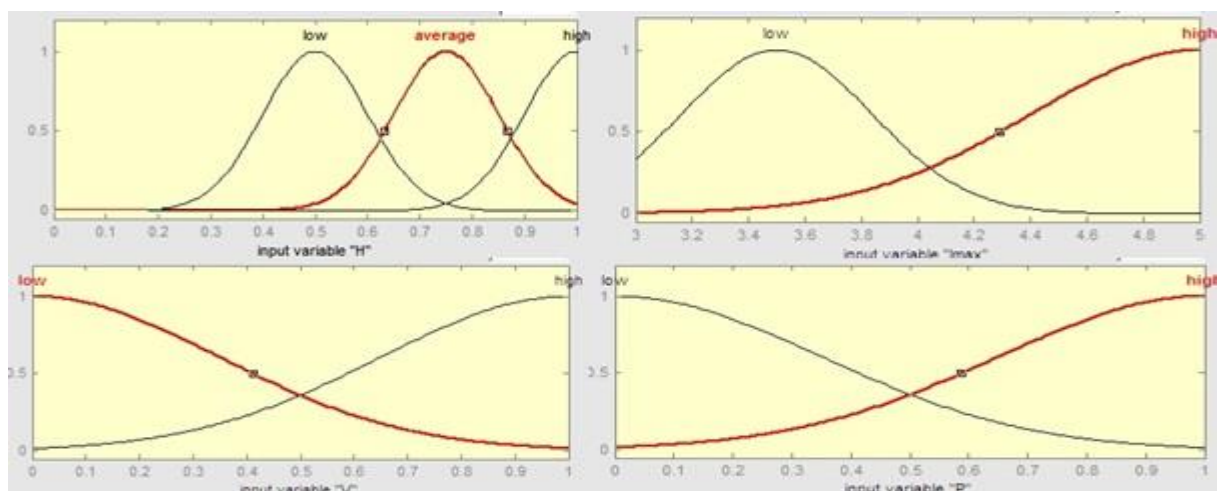


Рис. 2.22. Візуальне представлення нечіткої функції приналежності вхідних змінних: а) інерційності; б) стійкості; с) мінливості; д) невизначеності

За вихідну змінну моделі оберемо нечітку змінну «ступінь прогнозованості динаміки ціни в обласному центрі», яку позначимо U .

Правило отримання високого значення лінгвістичної змінної «рівень прогнозованості динаміки ціни на нерухомість» побудовано таким чином:

$$\mu(U^B) = [\mu^B(H) \wedge \mu^B(I) \wedge \mu^H(V) \wedge \mu^B(P)] \quad (2.9),$$

де $\mu(U^B)$ — високий рівень прогнозованості динаміки ціни на нерухомість;

$\mu^B(H)$ — високий рівень інерційності;

$\mu^B(I)$ — високий рівень стійкості;

$\mu^H(V)$ — високий рівень мінливості;

$\mu^B(P)$ — високий рівень невизначеності.

Аналогічно визначається низьке значення лінгвістичної змінної «рівень прогнозованості динаміки ціни на нерухомість»:

$$\mu(U^H) = [\mu^H(H) \wedge \mu^H(I) \wedge \mu^B(V) \wedge \mu^H(P)] \quad (2.10),$$

а також середнє значення лінгвістичної змінної «рівень прогнозованості динаміки ціни на нерухомість»:

$$\mu(U^C) = [\mu^C(H) \wedge \mu^B(I) \wedge \mu^B(V) \wedge \mu^B(P)] \vee [\mu^C(H) \wedge \mu^B(I) \wedge \mu^H(V) \wedge \mu^B(P)] \quad (2.11)$$

На основі результатів аналізу динаміки цін на нерухоме майно за регіонами (табл. 2.11), визначеною шкалою якісних оцінок її системних характеристик (табл. 2.12), правилами визначення нечітких змінних «рівень прогнозованості динаміки ціни на нерухомість», а також нечітких моделей, аналогічно нечіткій моделі ідентифікації фази ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку, що описано в пункті 2.2,

представимо наступну базу знань класифікації динаміки ціни на регіональних ринках нерухомості за ступенем прогнозованості ціни (табл. 2.15).

Таблиця 2.15

**Класифікація регіональних ринків нерухомості
за ступенем прогнозованості ціни**

Ступінь прогнозованості	Критерій	Лінгвістичне значення критерію	Регіон
Низька	<i>H</i>	<i>H</i>	Київ, Одеса, Львів, Донецьк, Дніпропетровськ
	<i>l_{cm}</i>	<i>H</i>	
	<i>V</i>	<i>B</i>	
	<i>P</i>	<i>H</i>	
Середня	<i>H</i>	<i>C</i>	Вінниця, Житомир, Запоріжжя, Івано-Франківськ, Луцьк, Миколаїв, Сімферополь, Суми, Ужгород, Харків, Хмельницький, Черкаси, Чернігів
	<i>l_{cm}</i>	<i>B</i>	
	<i>V</i>	<i>H, B</i>	
	<i>P</i>	<i>B</i>	
Висока	<i>H</i>	<i>B</i>	Луганськ, Полтава, Кіровоград, Херсон, Тернопіль, Рівне
	<i>l_{cm}</i>	<i>B</i>	
	<i>V</i>	<i>H</i>	
	<i>P</i>	<i>B</i>	

Візуальне представлення класифікації регіонів України за ступенем прогнозованості ціни на нерухомість подано на рис. 2.23.

Отримані результати свідчать про те, що вторинний ринок нерухомого майна України є достатньо розшарованим. Для деяких регіонів (Києва, Одеси, Львова, Донецька) прогнозування динаміки ціни ускладнюється, що було виявлено шляхом статистичного та комплексного фрактального аналізу. Певні обласні центри, такі, як Луганськ, Полтава, Кіровоград, Херсон, Тернопіль та Рівне, характеризуються як ті, для яких задачу точного прогнозування ціни на нерухомість виконати найпростіше.



Рис. 2.23. Класифікація регіонів України
за ступенем прогнозованості ціни на нерухомість

Необхідно відмітити, що для обласних центрів, які мають найбільший рівень конкурентоспроможності (а саме Київ, Донецьк, Львів, Одеса), є характерним низькі лінгвістичні оцінки стійкості та мінливості. Це пояснюється тим, що одночасно з конкурентоспроможністю цих міст зростає інвестиційна привабливість цілого регіону та складність передбачення ціни на фінансових ринках, зокрема, на ринку нерухомості. Незважаючи на високі ціни на нерухоме майно, таке капіталовкладення є найвигіднішим з огляду на довгостроковий термін інвестицій.

Середньострокові інвестиції є найбільш вигідними на ринках нерухомості таких регіонів, як Львів, Харків, Запоріжжя. Ціни в цих містах є нижчими, аніж в Києві, Одесі та Донецьку, разом із тим, конкурентоспроможність та інвестиційна привабливість є досить високою.

Інвестування в нерухомість із соціально-побутовою метою є найвигіднішим у таких містах, як Тернопіль, Чернігів, Житомир, Кіровоград, Херсон, оскільки інерційність та стійкість ціни на нерухоме майно в цих містах є найменшою, інвестиційна привабливість регіону невисока, отже, і вартість нерухомості є прийнятною.

РОЗДІЛ 3

ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ЦІНИ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО

3.1 Когнітивна модель оцінки впливу фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно

Когнітивне моделювання є унікальним інструментом для аналізу і управління складними системами, застосування якого є доцільним для аналізу розвитку та функціонування ринку нерухомості. Основна мета такого дослідження полягає в глибшому розумінні процесів, що відбуваються на ринку нерухомого майна, і, як наслідок, в істотно ефективнішому використанні можливостей сучасного інструментарію прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно.

Побудуємо когнітивну модель, що відображає вплив фундаментальних факторів на зміну динаміки ціни на нерухоме майно.

Етапи розробки когнітивної моделі представимо на рис. 3.1.

Етап 1. Когнітивна структуризація інформації

Проведемо когнітивну структуризацію інформації про ситуацію та процеси (соціально-економічні, зовнішньо- та внутрішньополітичні тощо), що впливають на динаміку ціни на нерухоме майно.

Етап когнітивної структуризації включає збір, аналіз і синтез (структуризацію) інформації. Когнітивна структуризація проводиться з метою формування множини базисних чинників і визначення причинно-наслідкових стосунків між ними.

Оскільки для ринку нерухомості України виконується гіпотеза когерентного ринку, то на поведінку ціни суттєвим чином впливають фундаментальні фактори.



Рис. 3.1. Етапи побудови когнітивної моделі

Цей вплив виявляється, в тому числі, у можливих суттєвих коливаннях динаміки ціни, або істотному зрушенні тренду. З метою вирішення проблеми врахування фундаментальних факторів пропонується включити до гібридної прогнозної моделі модуль адаптації їхнього впливу.

Вхідну інформацію в такому разі представляють події в зовнішньому середовищі щодо функціонування ринку нерухомості України, серед яких проводиться відбір зовнішніх чинників.

Розглянемо більш детально цю процедуру. При фундаментальному аналізі цін на ринку нерухомості України зазвичай розглядаються чотири

основні групи чинників, які позначимо як: Φ_1 — група природних чинників (повені, урагани, виверження вулканів, інші надзвичайні ситуації), Φ_2 — група економічних чинників (кризи та економічне зростання, внаслідок яких спостерігаються зміни значення ВВП, доходів, витрат економічних агентів та інфляції тощо), Φ_3 — група політичних чинників (зміна керівництва країни: вибори президентів, урядів або парламентів; прийняття законопроектів тощо), Φ_4 — група соціальних заворушень або інших дій. Таким чином, фундаментальні чинники можна представити у вигляді множини $\Phi = \Phi_1 \cup \Phi_2 \cup \Phi_3 \cup \Phi_4$.

Етап 2. Структурний аналіз когнітивної моделі

Для кожного чинника визначимо тенденцію його зміни — темп зростання показника, що характеризує об'єкт, явище або процес, який асоційований із цим чинником. Для причинно-наслідкових стосунків визначимо характер (позитивний або негативний) і силу зв'язку між базисними чинниками.

Економічні фактори (F_1): фактори, що дозволяють відобразити поточний стан та напрямок зміни економіки країни. До економічних факторів відносяться такі показники:

- валовий внутрішній продукт;
- ступінь інтегрованості в світову економіку (експорт, імпорт);
- інфляція;
- зміна валютних курсів;
- рівень безробіття;
- середня заробітна плата;
- індекс споживчих цін;
- ставка іпотечного кредитування;
- ставка депозиту;
- демографічні показники (чисельність населення, міграція).

Динаміку основних макроекономічних показників розвитку України з 2002 по 2013 рр. за даними Державної служби статистики України,

Національного банку України, Української національної іпотечної асоціації та Консалтингової компанії SV Development представимо в таблиці В.1 додатку В.

Побудуємо матрицю попарних коефіцієнтів кореляції між показниками (табл. В.2 додатку В). Коефіцієнт кореляції є симетричним $r_{xy} = r_{yx}$ та відображає ступінь зв'язку між параметрами. Значення знаходяться в діапазоні $[-1 ; 1]$. Чим вище за абсолютною величиною значення коефіцієнта кореляції, тим сильніше зв'язок між ознаками. Прийнято вважати, що коефіцієнти кореляції, які за модулем більше за 0,7, говорять про сильний зв'язок, за модулем менш ніж 0,7, але більше за 0,5 — зв'язок середньої сили, за модулем менш ніж 0,5 — слабкий зв'язок. Знак коефіцієнта кореляції вказує на напрямок зв'язку: від'ємна кореляція — збільшення однієї змінної пов'язане зі зменшенням іншої, додатна кореляція — збільшення однієї змінної пов'язане зі збільшенням іншої. У таблиці Б.3 додатку Б представлено результати лінгвістичної оцінки сили кореляції між показниками.

Політичні фактори (F_2): вплив на економічну сферу з боку держави та інших впливових політичних сил (партій, профспілок, об'єднань):

- законодавство з регулювання ринку нерухомості — фактично воно створює правила, за якими має діяти будь-який учасник ринку; стабільність законодавства;
- податкова політика;
- президентські та парламентські вибори;
- створення або руйнування політичних союзів;
- виступи глав урядів, центральних банків, міністрів фінансів та інших політичних діячів.

Здебільшого ступінь впливу політичних факторів визначається експертним шляхом (табл. В.4 Додатку В).

Соціальні заворушення (військові фактори) (F_3): несподівані події, війни, теракти, військові перевороти, революції, напруга в суспільстві тощо (табл. В.5 Додатку В).

Ці події можна поділити на такі групи:

- політичні — протести проти або на підтримку конкретних політиків/політичних партій чи уряду загалом, включаючи протести в рамках електоральних кампаній на підтримку того чи іншого кандидата;
- ідеологічні — історичні та ідеологічні питання, в більшості випадків пов'язані з регіональним поділом в Україні: український та російський націоналізм, ставлення до СРСР, ОУН-УПА та інші проблеми, які стосуються Другої світової війни, конфлікти навколо розколу Української православної церкви тощо;
- соціально-економічні — протести навколо соціально-економічних питань; найчастіше до них відносяться антизабудовні конфлікти, робітничі протести (насамперед через затримку заробітної платні), протести проти порушень житлових прав, зокрема, виселення з гуртожитків, екологічні конфлікти. Джерелом протестів може бути будь-яка соціально-економічна сфера: комунальні послуги, громадський транспорт, охорона здоров'я, освіта та багато інших;
- громадянські — захист громадянських прав і свобод (насамперед свободи слова), протести проти зловживань міліції, незаконних дій державних службовців, корупції тощо.

Природні фактори (F₄):

- кліматичні умови;
- природні катаклізми (повені, урагани тощо);
- екологічний стан.

Якісний стан навколишнього середовища істотно впливає на цінність того чи іншого об'єкта нерухомості. Від того, наскільки сприятлива екологічна обстановка на території, залежать масштаби попиту на ці об'єкти нерухомості. Здавалося, що вартість цих об'єктів прямо залежить від рівня атмосферного, шумового та іншого забруднення навколишнього середовища, а також

потенційної небезпеки виникнення НС. Проте це виконується не для всіх регіонів, бо важливими показниками також є рівень економічного розвитку регіону (кількість робочих місць, рівень заробітної плати тощо).

На рис. 3.2 зображено кількість НС у територіальному розрізі, що сталася на території України у 2013 р. Найбільшу кількість НС зафіксовано в Донецькій області (25 НС). Значну кількість НС зареєстровано в АР Крим (18 НС), Львівській (20 НС), Херсонській (15 НС), Одеській (13 НС) та Луганській (13 НС) областях [31].

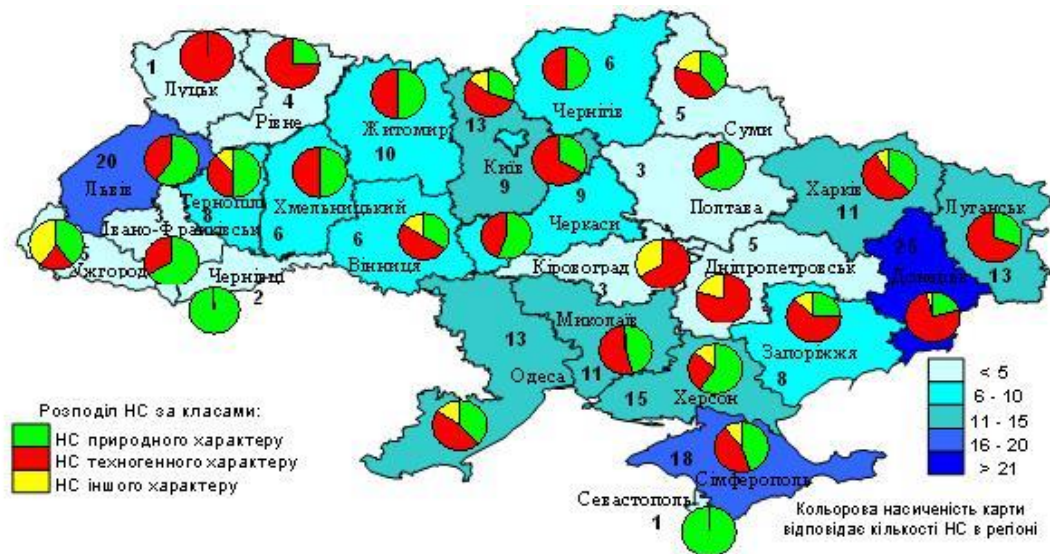


Рис. 3.2. Розподіл кількості надзвичайних ситуацій, які виникли протягом 2013 року за регіонами України [28]

Кореляційний аналіз (Додаток В) призводить до висновку, що економічними показниками, які мають найбільш тісний взаємозв'язок, є ВВП, обсяг угод та середня ціна на нерухомість. Політичні та соціальні фундаментальні фактори, що впливають на динаміку ціни на нерухоме майно, представлено на рис. 3.3.

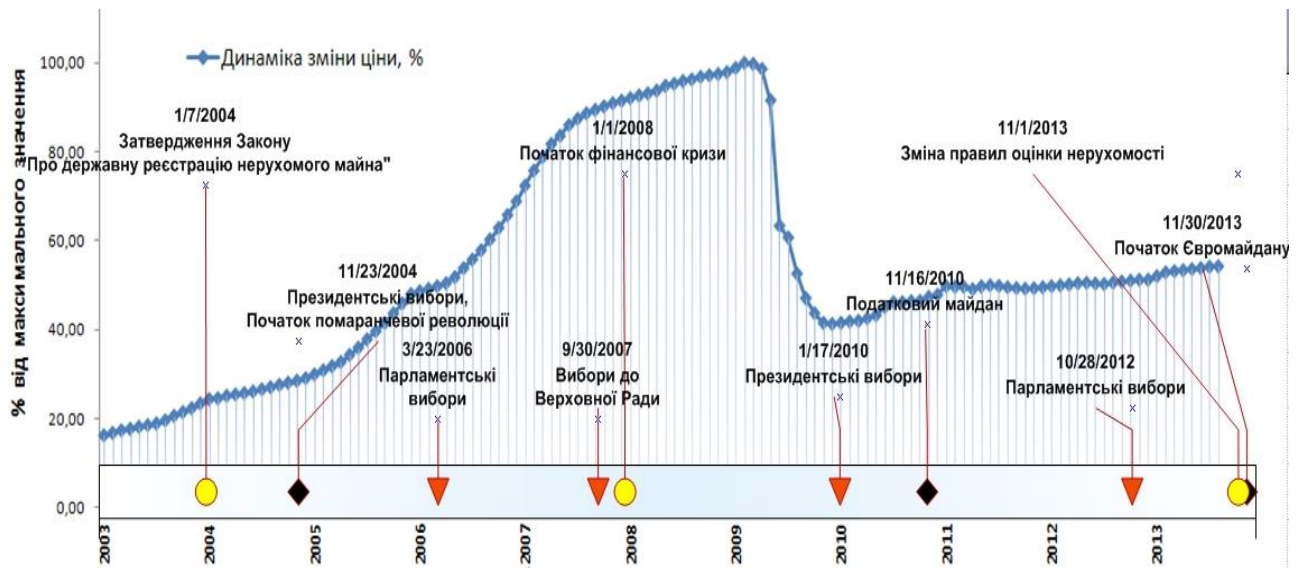


Рис. 3.3. Графічне подання ряду динаміки ціни на нерухоме майно із зазначенням часу дії та змісту фундаментальних факторів

При цьому кожна з груп факторів (економічні, соціальні, політичні, природні) має свою територіальну та часову зону дії. Наприклад, групи природних чинників та соціальних заворушень повинні розглядатися в регіональному розрізі. Наприклад, повінь, яка сталася влітку 2008 року на Західній Україні (Львівщина, Івано-Франківщина) негативно впливає на відповідні ринки нерухомості, одночасно знижуючи середню ціну за квадратний метр нерухомого майна. Заворушення в Києві з листопада 2013 року по березень 2014 року, що мають назву «Євромайдан», зменшили, перш за все, середню ціну на нерухомість у місті Києві, і тільки опосередковано негативно вплинули на ціну на нерухоме майно в інших регіонах. У подальшому будемо розглядати тільки ті фактори, які мають суттєвий вплив на ринок нерухомого майна країни в цілому, та середню ціну на нерухомість в Україні. Оскільки за часи незалежної України не траплялося надзвичайних подій природного характеру, істотних для території всієї країни, в подальшому будемо розглядати лише економічні, політичні, соціальні фактори.

Етап 3. Сценарне моделювання розвитку ситуації

Сценарне моделювання може проводитися в режимах саморозвитку і керованого розвитку. Значення тенденції чинника в кожний момент

визначається як сума значення тенденції чинника в попередній момент і всіх впливів, що прийшли від сусідніх чинників. При визначенні результуючого значення тенденції чинника враховуються власні тенденції чинників, що впливають, і сила їхнього впливу.

Основою сценарного моделювання є побудова когнітивної карти, загальна схема якої представлена на рис. 3.4.

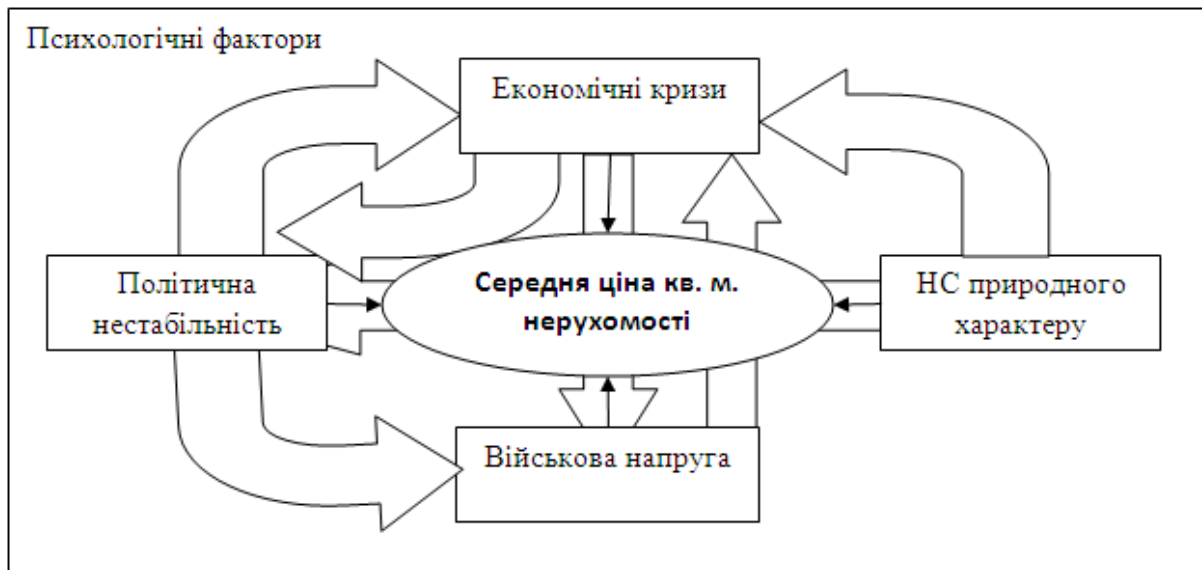


Рис. 3.4. Когнітивна карта моделювання впливу фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно

Представимо деталізацію економічної групи факторів когнітивної карти на рис. 3.5. Визначені взаємозв'язки у вигляді дуг графу різного кольору, що визначає характер впливу факторів один на одного: зелені — збільшення (зменшення) одного фактора зумовлює збільшення (зменшення) іншого, червоні (пунктир) — збільшення (зменшення) одного фактора зумовлює зменшення (збільшення) іншого. Причому, вплив може мати і змінний знак можливих додаткових умов. Взаємозв'язки когнітивної карти були визначені на основі кореляційного аналізу (Додаток Б).

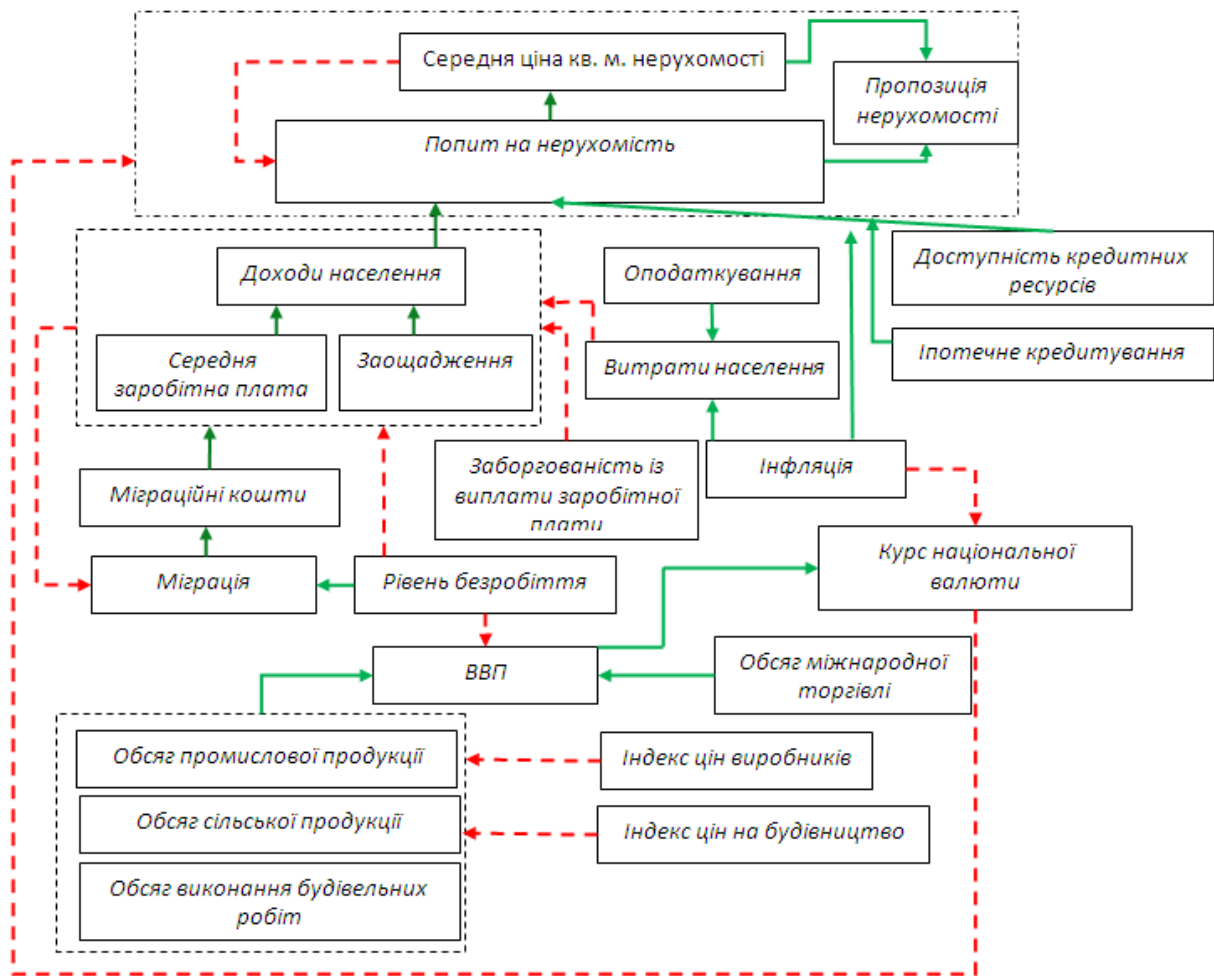


Рис. 3.5. Когнітивна карта моделювання впливу фундаментальних економічних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно

Дія закону попиту і пропозиції, впливає на ринкову вартість об'єкта нерухомості. Попит характеризується якістю об'єктів, які покупці готові або можуть купити протягом певного часу за сформованою на даний час ринковою ціною. Пропозиція характеризується кількістю об'єктів, запропонованих до продажу на ринку в даний момент за конкретною ціною. Співвідношення попиту та пропозиції визначає рівень цін на рівноважному ринку. Виділяються три можливих варіанти попиту і пропозиції:

- попит і пропозиція рівні, в результаті ринкових угод формується справедлива рівноважна ринкова ціна об'єкта нерухомості;
- попит перевищує пропозицію, ціни на ринку зростають, формуються спекулятивні ціни, виникає небезпека корупції;

- пропозиція перевищує попит, ціни падають, виникає стагнація ринку.

Доходи населення є фундаментальною основою загального рівня попиту на нерухомість. Постійний ріст доходів сприяє збільшенню платоспроможного попиту на нерухомість, наслідком чого є підвищення цінових показників в абсолютному і відносному вираженнях.

Середній рівень доходів населення в цілому визначається загальним станом національної економіки.

Купівля нерухомості при розподілі власних доходів неявно конкурує з потребами в інших споживчих товарах та послугах. Із зростанням доходів загальне споживання благ збільшується, проте в різних пропорціях. Частка доходів, що витрачається на більш дорогі блага, зокрема нерухомість, також зростає. Зменшення доходів призводить, насамперед, до скорочення рівня збережень, а не споживання першочергових потреб.

Збільшення *заборгованості із заробітної* плати зменшує доходи населення.

Міграційні процеси: постійне зростання трудової міграції, що формується за рахунок населення країн із перехідною ринковою економікою в розвинені країни з вищим рівнем оплати праці. Найбільші відсотки трудового відселення мають місце із регіонів Західної України, що зумовлено найвищим рівнем офіційного та прихованого безробіття та найнижчими розмірами оплати праці. Наслідком цих вимушених процесів є значні суми міграційних капіталів у вигляді грошових трансфертів. Тобто з одного боку причиною міграції є безробіття та зниження доходів населення, а з іншого – міграційні кошти, що надходять до країни, зумовлюють збільшення доходів населення.

Доступність кредитних ресурсів та розвиток іпотечного кредитування сприяє збільшенню платоспроможного попиту на нерухомість. За допомогою використання іпотечного кредитування відбувається стимулювання загального рівня попиту покупців та його перехід із латентного стану на платоспроможний. Можливість отримання займів приводить до підвищення

споживчого попиту на об'єкти нерухомості і, як наслідок, до підтримання цін на достатньо високому рівні.

Рівень податкового навантаження (оподаткування): наслідком є зниження попиту та тінізація ринку нерухомості.

Найчастіше при підписанні угод придбання житла з метою мінімізації оподаткування фіксується не реальна, а занижена ціна, яка є предметом домовленостей обох сторін, що не відповідає ринковим реаліям. Такий підхід спотворює визначення фактичної ринкової ціни та провокує високий рівень зловживань із метою ухилення від сплати податків. Отже збільшення податкового навантаження збільшує витрати населення, тобто зменшує доходи.

Рівень безробіття прямо впливає на рівень доходів населення, отже і на рівень споживання. Однак при зростанні зайнятості та зниженні безробіття підприємці змушені нести додаткові витрати на виплату заробітної плати, тому при досягненні критичного темпу зростання заробітних плат завжди починається зростання безробіття і зниження зайнятості. Існують певні закономірності, які пов'язують рівень безробіття в країні з темпом зростання ВВП. Скорочення рівня безробіття на один відсоток відповідає зростанню обсягу ВВП на три відсотки [17]. Дійсно, збільшення *безробіття* призведе до скорочення споживчих витрат, скорочення податкових надходжень до бюджету, скорочення обсягів інвестицій, що в результаті призведе до зменшення обсягів виробленої продукції, а отже і ВВП.

Інфляція, або індекс споживчих цін (ІСЦ) — статистичний показник, який показує динаміку вартості фіксованого набору послуг і товарів, є основним показником поточного рівня інфляції. ІСЦ характеризується зміною загального рівня цін на послуги і товари, які населення набуває для невиробничого споживання. Як правило, у середньостроковому періоді зростання споживчих цін веде до зменшення обсягу роздрібних продажів і падіння рівня реального попиту. У короткостроковому періоді відбувається інше: зростання цін відображає високу активність споживачів і може стимулювати попит на житло, як засіб інвестування з метою збереження коштів від інфляції. При

нормальному розвитку економіки зростання індексів споживчих і промислових цін може викликати підвищення процентних ставок в цілому по країні — це, своєю чергою, призведе до зростання курсу долара, оскільки відбудеться збільшення вкладень коштів у валюту з більшою процентною ставкою.

Індекс цін виробників (ІЦВ) — це показник рівня змін цін на матеріали, сировину і товари проміжного споживання по відношенню до базисного періоду. ІЦВ застосовується для перерахунку максимально деталізованих компонентів ВВП у порівнянні ціни. Індекс цін виробників має фіксований набір ваг, він відстежує зміни цін, за якими національні виробники реалізують свої товари на оптовому рівні. ІЦВ охоплює всі стадії виробництва: готову продукцію, проміжні стадії, сировину; всі сектори — сільське господарство, видобуток, промисловість. Основна відмінність індексу цін виробників від індексу споживчих цін полягає в такому: він охоплює виключно товари на рівні їх оптової реалізації. Підвищені інфляційні очікування і суттєве зростання коефіцієнта можуть негативно сприйматися інвесторами, що практично завжди негативно позначається на вартості національної валюти.

ВВП є ключовим показником стану національної економіки і включає в себе дрібніші економічні індикатори як складові. Існує пряма залежність між зміною показника ВВП і валютного курсу: зростає ВВП — зростає валютний курс. Зростання ВВП говорить про те, що загальний стан економіки задовільний, спостерігається збільшення промислового виробництва, приплив закордонних інвестицій в економіку, зростання експорту. Збільшення зарубіжних інвестицій та експорту приводить до збільшення попиту на національну валюту з боку іноземців, що проявляється в зростанні курсу.

Девальвація гривні призводить до зниження попиту на нерухомість.

Представимо деталізацію політичної та соціальної груп факторів когнітивної карти на рис. 3.6.

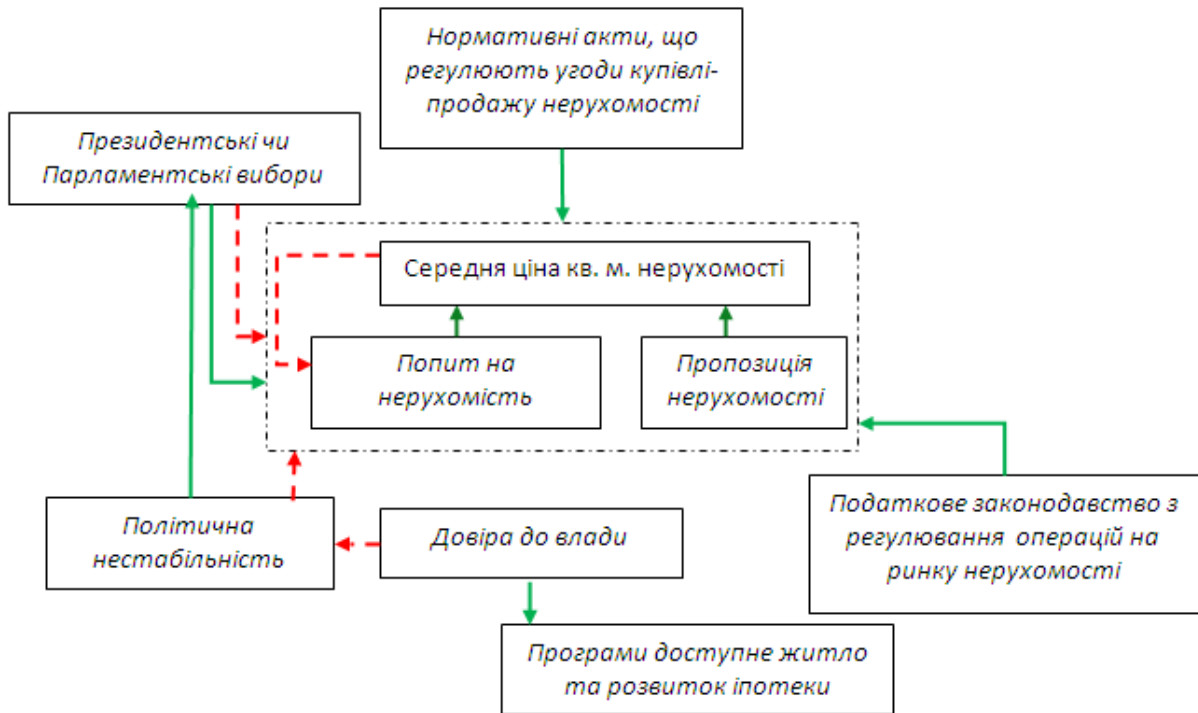


Рис. 3.6. Когнітивна карта моделювання впливу фундаментальних політичних та соціальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно

Експерти зазначають, що зазвичай вибори впливають позитивно на стан ринку нерухомості. Ринок стає більш динамічним, укладається більша кількість угод. Що стосується зміни цін на нерухомість, то вона мало ймовірна. За такий короткий проміжок часу обсяг додаткових грошових коштів не може змінити процес ціноутворення.

Також під час виборів (особливо в напружених ситуаціях політичної нестабільності) діє психологічний фактор: гравці ринку побоюються можливих змін економічної ситуації в країні після виборів, тому вони намагаються вирішити всі свої фінансові питання: покупці дешевого житла в умовах невизначеності зважаться на покупку, що може збільшити вартість нерухомості в цьому сегменті, а покупці дорогої нерухомості віддадуть перевагу вивести гроші за кордон, що спричинить зниження вартості дорогого житла. Але як зазначають експерти, ця динаміка не є значною та варіюється в діапазоні від +2% до -2%. Політична нестабільність значним чином може вплинути на економічні фактори, а ті своєю чергою на ринок нерухомості. Серед основних

перешкод, що впливають на пасивність інвесторів, — тривала політична криза, що супроводжується погіршенням економічної ситуації, і відсутність передбачуваності подальшого розвитку подій.

Як зазначають експерти, багато законів відомі наперед і досить часто терміни набуття законами чинності змінюються. Тому ринок готується до нововведень, і головними проблемами під час прийняття нового закону виступають технічні (великі черги в державні органи, недосконалість роботи структур, суперечливі трактування тощо), додаткові фінансові витрати, а також збільшення часу оформлення документів купівлі-продажу. Зменшується активність ринку. Введення Нацбанком обмежень при готівкових розрахунках до 150 тисяч гривень негативним чином вплинуло на ринок нерухомості — у вересні 2013 року він показав нульову активність. З одного боку, не знали як себе поводити нотаріуси, з іншого — сама банківська система була не готова до запровадження цих нововведень.

Фактори військової напруги призводять до погіршення добробуту громадян та економічних показників країни. Як зазначають експерти, середня ціна квадратного метра залишається практично незмінною, але збільшується показник торгу при укладанні угоди. Як наслідок, при зовнішній ціновій стабільності реальна вартість знижується.

Для сценарного розвитку когнітивної моделі може бути використано спеціальні прикладні програмні імітаційні пакети. Найбільш доступним програмним пакетом, що задовольняє потребам моделювання ринку нерухомості і сценарію зміни динаміки ціни на нерухоме майно, є Vensim (див. табл. Г.1 Додатку Г), тому використаємо цей програмний пакет для моделювання впливу фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно. У Додатку В подано сценарій імітаційного експерименту когнітивної моделі врахування впливу фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно.

Рівень середньої ціни за квадратний метр нерухомості вказано у відповідності з січня 2013 року. Загальна вартість угод із нерухомим майном у

грошовому вираженні, частка доходу та витрат з операцій з нерухомою власністю надані Державним комітетом статистики України.

Змінні когнітивної моделі в програмному середовищі Vensim можна поділити на три групи: константи, звичайні змінні та змінні рівня. Ці змінні прямо або опосередковано впливають на рівень ціни на нерухомість.

Константами є частина доходу та частина витрат щодо операцій з нерухомістю. Їхнє значення вважається сталим. За даними Державного комітету статистики України частка доходу та частка витрат, що стосується операцій із нерухомістю, є досить сталою впродовж останніх п'яти років, упродовж одного календарного року цей показник також є незмінним.

Звичайними змінними є загальні витрати та загальний дохід економічних агентів. Фактично ці значення не можуть накопичуватися і перебувають у постійному перетворенні.

Змінні рівня відрізняються суттєво тим, що модель акцентує увагу на двох їхніх станах: збільшенні або зменшенні. У моделі це рівень ціни на нерухомість та загальний обсяг угод. Змінні рівня накопичуються: ціна зберігає «пам'ять» про минулі стани, а обсяг угод змінюється з плином часу.

За умовами модель працює дванадцять часових проміжків, що імітують кількість місяців одного року.

Представимо візуалізацію когнітивної моделі в прикладному пакеті Vensim на рис. 3.7.

Проведення імітаційного експерименту за допомогою когнітивної моделі відбувається на основі покрокової зміни економічних (індекс ВВП, привабливість інвестиційного клімату та інфляція), політичних, кліматичних та військових груп фундаментальних факторів, які викликають зміну динаміки ціни на нерухомість. Результати експериментів узагальненої когнітивної моделі подано в таблиці Г.1 Додатку Г.

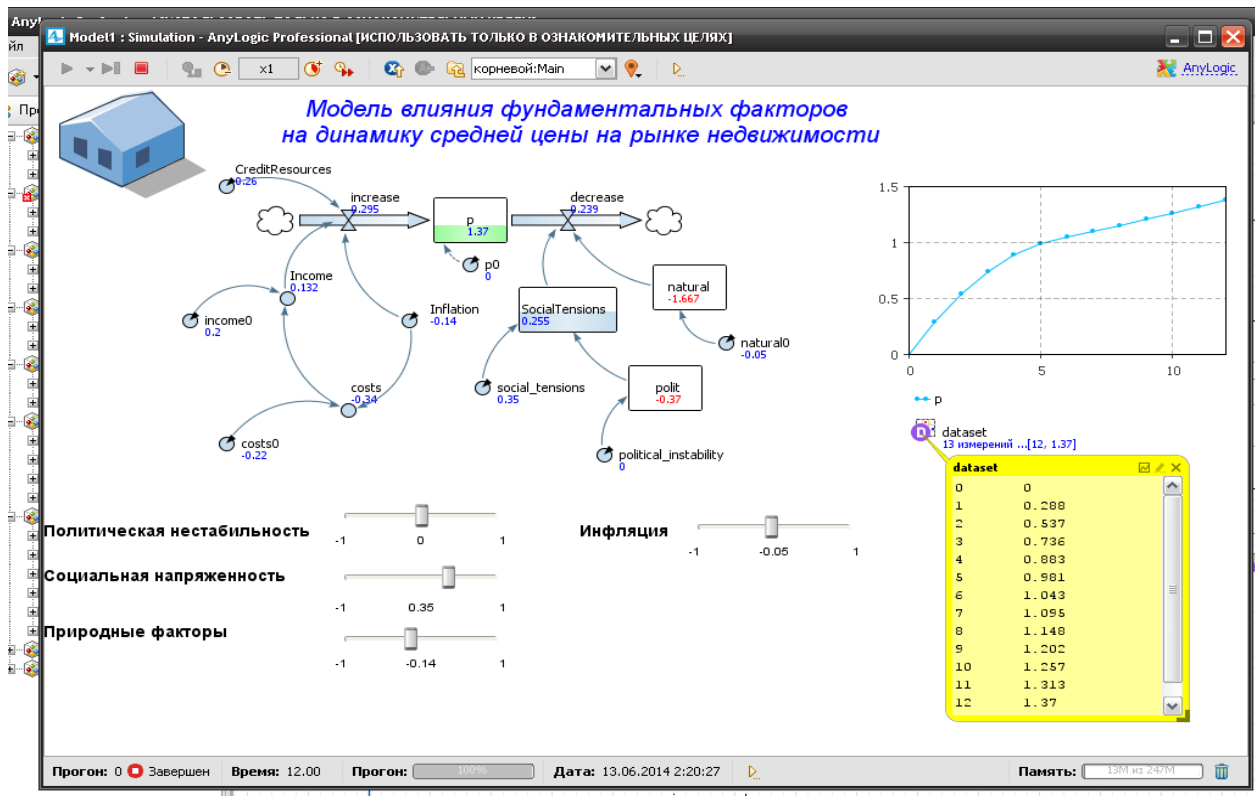


Рис. 3.7. Когнітивна модель впливу фундаментальних факторів у програмному пакеті Vensim

Проаналізуємо отримані результати когнітивної моделі.

На основі табл. Г.11 Додатку Г можна зробити висновок про нелінійне зростання ціни на нерухомість та нелінійне зменшення обсягу угод на ринку нерухомості. Аналіз результатів моделювання дозволяє дійти висновку, що на рівень ціни на нерухомість найбільше впливає темп інфляції. Найменший вплив на ціну нерухомого майна має індекс ВВП. Отже, ті суб'єкти ринку нерухомого майна, які орієнтуються виключно на стан економіки країни, а саме на темпи індексу ВВП, мають більше шансів зробити помилку, ніж ті, що приймають рішення, виходячи з аналізу змін інфляції.

При управлінні ринком нерухомості необхідно враховувати, що зниження рівня ціни на нерухоме майно завжди відбувається у 12-му періоді (тобто в грудні кожного року). Це можна інтерпретувати, як мертвий сезон на ринку нерухомого майна, що характеризується зменшенням кількості операцій з купівлі-продажу тощо.

Прикладом того, як одночасне зростання інфляції, індексу ВВП та індексу інвестиційної привабливості стимулює ціну на нерухомість є період з жовтня 2005 року по лютий 2007 року. Цей період є фазою активного зростання. Рівень економічного зростання країни також посилюється, під час фази активного зростання стає важко знайти вільні площі, швидко зростає орендна плата одночасно зі збільшенням обсягів будівництва, а ціни продовжують підвищуватися. Будівельна діяльність бурхливо зростає.

Зростання інфляції в період з серпня 2008 року до кінця квітня 2009 року було нівельовано значним зниженням індексу ВВП та індексу інвестиційної привабливості. У цей час спостерігається фаза активного спаду, під час якої активність продажів є дуже низькою, а ціни та орендна плата починають помірно знижуватися. Нове будівництво майже не ведеться. Ділова активність в країні також значно зменшується.

Результатом когнітивної моделі є кількісний вимір дії фундаментальних факторів при розробці системи прогнозування. На початку імітаційного експерименту для кожної з груп фундаментальних чинників на основі експертного оцінювання визначається коефіцієнт φ_k^Δ , $k = \overline{1,4}$ (за порядковою шкалою виміру) як міра можливості та суттєвості впливу відповідної групи чинників на зміну динаміки ціни на нерухомість. При цьому коефіцієнт φ_k^Δ , що визначається, задовольняє умові $-1 \leq \varphi_k^\Delta \leq 1, k = \overline{1,4}$. Для кращого розуміння впливу фундаментальних факторів та врахування їхнього впливу чисельні значення φ_k^Δ , $k = \overline{1,4}$ можна розбити на рівні, визначивши їх відповідну вербальну оцінку таким чином:

$$\text{Рівень впливу} = \begin{cases} |\varphi_k^\Delta| < \frac{1}{5} & - \text{ дуже _низький} \\ \frac{1}{5} \leq |\varphi_k^\Delta| < \frac{2}{5} & - \text{ низький} \\ \frac{2}{5} \leq |\varphi_k^\Delta| < \frac{3}{5} & - \text{ середній,} \\ \frac{3}{5} \leq |\varphi_k^\Delta| < \frac{4}{5} & - \text{ високий} \\ |\varphi_k^\Delta| \geq \frac{4}{5} & - \text{ дуже _високий} \end{cases} \quad k = \overline{1, n} \quad (3.1)$$

При цьому вплив фундаментальних факторів, що може бути ідентифіковано як дуже низький, практично не змінює динаміку ціни на нерухоме майно. Таким чином, у результаті аналізу когнітивної моделі визначається вектор впливу фундаментальних факторів Φ на динаміку ціни на нерухоме майно:

$$\varphi = (\varphi_1^\Delta, \varphi_2^\Delta, \varphi_3^\Delta, \varphi_4^\Delta) \quad (3.2)$$

Для визначення інтегральної оцінки впливу фундаментальних факторів у поточній ситуації на ринку нерухомого майна на динаміку ціни прийmemo таке припущення: всі групи чинників впливають на зміну ціни, та кожна з груп розглядається як така, що може змінити тенденції на ринку. При цьому одна з груп чинників може «звести на нівець» або підсилювати дію іншої групи. Це припущення приводить до формалізації функції інтегрального впливу через застосування логічної операції «або» (тобто враховується або перша група чинників, або (та) друга група, або (та) третя, або (та) четверта група чинників). При відображенні логічної операції щодо врахування груп чинників на її чисельні оцінки і переході до числової функції логічній операції «або» відповідає арифметична операція додавання («+»). Тому **інтегральний показник оцінки впливу фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно** як функцію від дії відповідних груп чинників можна

представити у вигляді адитивної функції, що є лінійною опуклою комбінацією оцінок дії окремої групи чинників:

$$I = \sum_{k=1}^4 \lambda_k \varphi_k^\Delta, \quad (3.3)$$

$$0 \leq \lambda_k \leq 1, \quad k = \overline{1,4},$$

де λ_k — ступінь важливості впливу групи чинників Φ_k на поточну ситуацію на ринку та зміну динаміки ціни.

З урахуванням умови (3.1) та визначення (3.3) робимо висновок, що значення інтегрального показника I буде знаходитися в межах

$$-1 \leq I \leq 1. \quad (3.4)$$

Відповідно, прогноз ціни на нерухоме майно набуває вигляду:

$$\overline{U}_{n+1} = (I + 1)U_{n+1}^{\text{Пр}}, \quad (3.5)$$

де $U_{n+1}^{\text{Пр}}$ — прогнозоване значення ціни на нерухоме майно в момент часу $t = n + 1$;

\overline{U}_{n+1} — скореговане значення ціни на нерухоме майно в момент часу $t = n + 1$ з урахуванням впливу фундаментальних факторів, що оцінено інтегральним показником I .

Розглянемо результати імітаційного експерименту, розробленого на основі когнітивної моделі врахування фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно. У таблиці 3.1 представлено коефіцієнти впливу президентських та парламентських виборів в Україні, починаючи з 2002 р.

Таблиця 3.1

Президентські та парламентські вибори в Україні

Рік	Сутність фактору	Коефіцієнт впливу
Березень 2002 року	Парламентські вибори	0,4
Листопад 2004 року	Президентські вибори	0,7
Березень 2006 року	Парламентські вибори	0,4
Вересень 2007 року	Парламентські вибори	0,4
Січень 2010 року	Президентські вибори	0,6
Жовтень 2012 року	Парламентські вибори	0,4

У таблиці 3.2 наведено основні закони України, що стосуються ринку нерухомого майна, а також можливий вплив на його динаміку.

Таблиця 3.2

Основні закони України, що регулюють ринок нерухомості

Рік	Закон	Характер впливу	Коефіцієнт впливу
Серпень 2004	Затвердження Закону «Про державну реєстрацію нерухомого майна»	Недосконалість та суперечки в реалізації закону	0,6
Січень 2013	Зміна порядку реєстрації прав на нерухоме майно та їх обтяжень	У зв'язку з тим, що угоди з неперереєстрованою нерухомістю здійснити неможливо, це затягує продаж житла	0,4
Вересень 2013	Обмеження готівкових розрахунків	Додаткові фінансові витрати; подовження термінів оформлення договорів купівлі-продажу; технічні питання з відкриття банківських рахунків	0,6
Січень 2014	Нові правила оподаткування нерухомості	Суперечливим залишається питання оподаткування кредитних квартир та будинків	0,5
Лютий 2014	Нові правила оцінки нерухомості	Додаткові фінансові витрати; Затягування термінів продажу; Суперечки у справедливості оцінки	0,5

У таблиці 3.3 наведено основні події, які можна віднести до соціальних заворушень із різним коефіцієнтом впливу на ринок нерухомого майна.

Таблиця 3.3

Основні події напруги суспільства в Україні за 2002 – 2013 рр.

Рік	Подія	Коефіцієнт впливу
Вересень 2003	Конфлікт між Росією та Україною за острів Тузла	0,1
Листопад 2004	«Помаранчева революція»	0,9
Грудень 2005 – січень 2006	Газовий конфлікт із Росією	0,3
Травень 2008	Вступ України до Світової Організації Торгівлі	0,4
Грудень 2008 – січень 2009	Газовий конфлікт із Росією	0,3
Листопад 2009	Акції протесту проти банківського свавілля	0,1
Листопад 2010	Угода між Україною та Росією про продовження перебування Чорноморського флоту в Україні до 2042 р. (Харківські угоди)	0,3
Листопад 2010	«Податковий майдан»	0,75
Серпень 2011	Арешт лідера опозиції, екс-прем'єр-міністра Юлії Тимошенко	0,2
Жовтень 2011	Пенсійна реформа (підвищення пенсійного віку, стажу)	0,5
Липень 2012	Акція «Україна без Януковича», Мовний протест	0,4
Березень – травень 2013	Акції опозиції «Вставай, Україно!»	0,2
Червень 2013	Врадійські події. Мітинги проти міліцейського свавілля	0,65
Листопад 2013	Початок Євромайдану	0,8
Грудень 2013	Євромайдан	1

Незважаючи на те, що події, які спричинили фундаментальні фактори, відбуваються впродовж чітко виокоремленого періоду часу (місяць, декілька

місяців, півроку), сила їхньої дії розповсюджується з певним часовим лагом (в один – два часових періоди — місяці), та є відчутною ще кілька часових періодів (кілька місяців) після безпосереднього закінчення події. Виявлено, що час дії фундаментальних факторів є прямо пропорційним коефіцієнту сили впливу.

Таким чином, удосконалена когнітивна модель урахування впливу фундаментальних факторів на динаміку ціни на нерухоме майно, яка дає змогу враховувати ефект когерентності ринку в поточній ситуації на ринку нерухомого майна. Таке удосконалення дає змогу підвищувати адаптивні властивості прогнозної моделі і, як наслідок, точність прогнозу.

3.2 Прогнозування динаміки ціни на нерухомість на базі гібридного підходу

Незважаючи на достатньо розвинутий апарат прогнозування, прогнози цін на житлову нерухомість для широкого кола осіб залишаються прерогативою експертів. Сучасні умови ринкової економіки, для яких є характерним посилення глобалізаційних зв'язків, зростання рівня невизначеності в економіці, збільшення ризику в процесах господарювання, ускладнюють задачу отримання точного прогнозу на фінансових ринках, у тому числі і на ринку нерухомості.

Для прогнозування ціни на ринку нерухомого майна існує необхідність у виявленні та врахуванні особливостей ринку, що полягають у прийнятті для нього гіпотези когерентного ринку. Ця гіпотеза передбачає, що ринок знаходиться в різних фазах, які відрізняються рівнем порядку в динаміці ціни. Цей порядок визначається переважанням стохастичної або детермінованої природи динаміки на ринку нерухомого майна. Тому одним із можливих

способів збільшення точності прогнозу динаміки ціни на нерухомість може бути використання гібридного підходу — інноваційної технології, яка дає змогу інтегрувати в єдиній системі функції аналізу та логічної обробки.

Вихідними даними для прогнозування є такі часові ряди (ЧР):

$P = \langle p_t \rangle, t = \overline{1, n}$ — ЧР середньої ціни квадратного метру нерухомого майна на вторинному ринку житлової нерухомості (\$/кв. метр), що надає Консалтингова компанія SV Development;

$$RP = \langle rp_t \rangle, \quad rp_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad t = \overline{2, n} \text{ — ЧР дохідностей нерухомості.}$$

Для прогнозування динаміки ціни та дохідності на вторинному ринку житлової нерухомості використаємо гібридну інтелектуальну систему [58] та удосконалимо її для прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомого майна. Загальна схема системи прогнозування динаміки ціни на нерухомість на базі гібридного підходу представлена на рис. 3.8.

Вибір інтелектуальної технології для прогнозування зумовлений тим, що динаміка ціни на ринку нерухомого майна обтяжена такими властивостями як нестійкість, невизначеність, нелінійність, асиметричність. Тому система прогнозування, що будується, базується на інтеграції такого інструментарію: м'яких обчислень (нечіткої моделі), моделі однорідної структури (реалізує функції та призначення, аналогічні функціям штучної нейронної мережі), генетичного алгоритму та когнітивної моделі (з функцією настроювання та корегування нечіткої моделі).

Система прогнозування складається з блоків, кожний з яких призначений для виконання певної визначеної для нього функції та містить відповідний інструментарій.

У першому блоці будується нечітка модель діагностики стану ринку нерухомості, яка дає змогу реалізувати метод ідентифікації фази когерентного ринку (див. п. 2.2). Загальна схема методу складається з трьох етапів:

I — побудова нечіткої моделі ідентифікації фази ринку нерухомості;

II — верифікація моделі на базі співставлення результатів ідентифікації з даними експертного оцінювання;

III — навчання моделі за двома напрямками — об'єктами навчання (параметрами функцій належності, на основі яких здійснюється класифікація, та вагами в базі знань моделі).

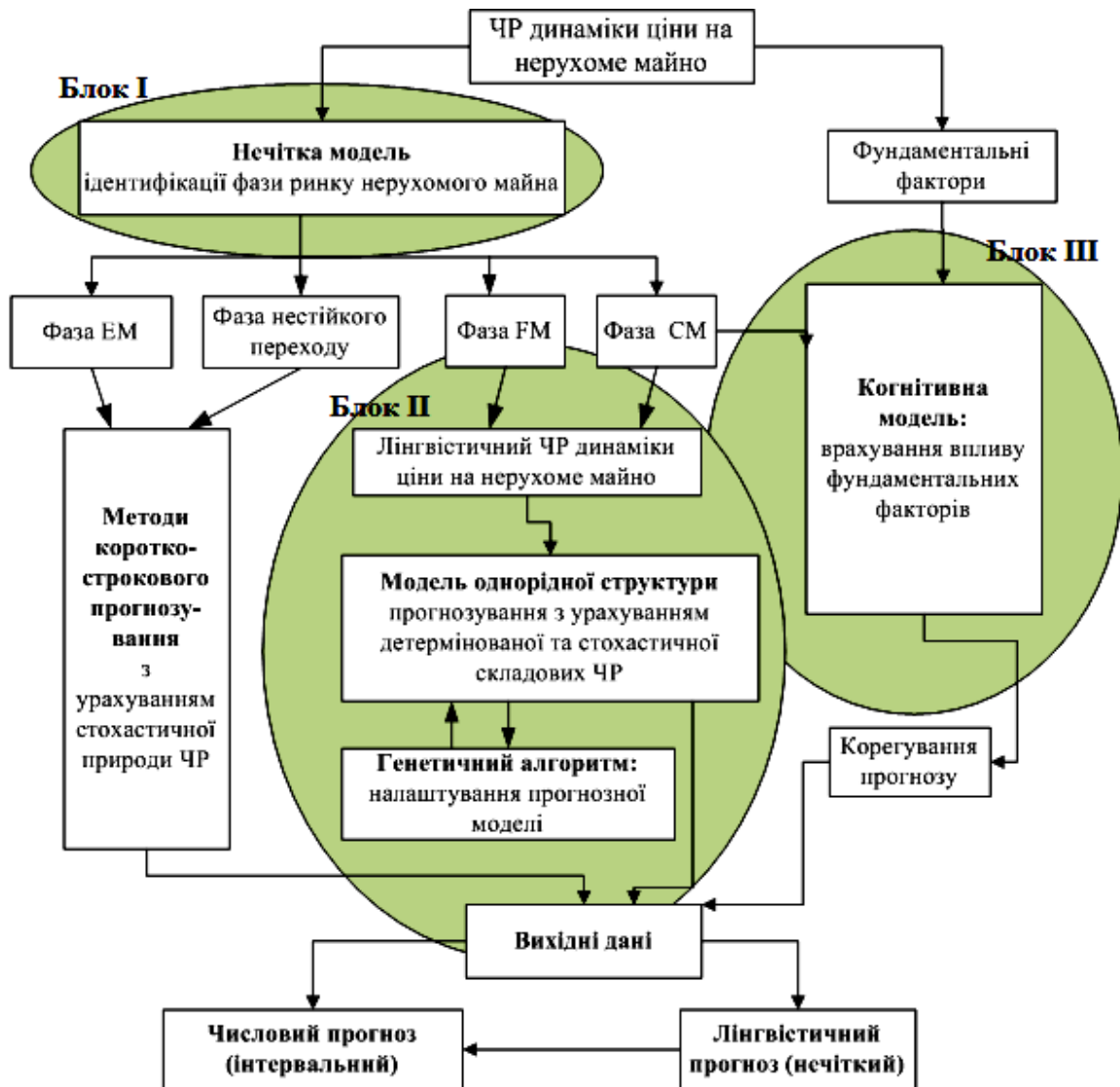


Рис. 3.8. Загальна схема системи прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно з урахуванням гіпотези когерентного ринку, що базується на гібридному підході

Для побудови моделі обґрунтовано вибір вхідних (пояснюючих) факторів моделі, який полягає у виділенні найбільш інформативних ознак для

класифікації фаз. У результаті обрано кількісні характеристики динаміки, що отримані при застосуванні статистичного й комплексного фрактального аналізу та які характеризують природу часового ряду, оцінюють його глибину пам'яті, локальну стійкість динаміки та наявність зсувів (а саме коефіцієнт асиметрії A , показник Херста H , значення глибини пам'яті, що зустрічається найчастіше для даного ЧР RP l_{Hz} , показник інформаційної ентропії нечіткої множини глибини пам'яті H_{entrop_L}).

Процедура верифікації виявляє її достатню адекватність у порівнянні з результатами експертного оцінювання (див. рис. 2.16).

Результати, отримані у блоці I дають змогу надати рекомендації щодо вибору релевантного інструментарію прогнозування.

У другому блоці залежно від виду ідентифікованої фази ринку обирається та застосовується метод прогнозування.

Для фаз випадкового блукання та нестійкого переходу є доцільним використання відповідних відомих методів короткострокового прогнозування часових рядів (методи екстраполяції, адаптивні методи, методи прогнозування нестационарних часових рядів – ARIMA, GARCH та інші). Для фаз хаотичного ринку та когерентного ринку доцільним є використання методології прогнозування, що базується на використанні моделей та методів дискретної нелінійної динаміки. Це пов'язане з тим, що свідченням фрактальної природи ряду є наявність у ньому структури (на відміну від вимоги незалежності рівнів ЧР щодо застосування статистичних методів), для якої характерними є глобальний порядок та локальна випадковість, що зумовлює наявність довготривалої пам'яті. Тобто, кожний рівень ЧР має пам'ять про події, що йому передують, причому це не короткострокова пам'ять, а довготривала: недавні події мають більший вплив, ніж події віддалені, проте залишковий вплив останніх завжди відчутний. З алгоритмічної точки зору фрактальна структура є атрактором правила (алгоритму), що її породжує.

До інструментарію дискретної нелінійної динаміки відносять методологію фрактального аналізу, фазового аналізу, моделі клітинних

автоматів та однорідних структур, генетичні алгоритми тощо. Для прогнозування ціни у випадках, коли виявлено, що ринок перебуває у фазах хаотичного ринку та когерентного ринку застосуємо модель однорідної структури (МОС), сутність якої полягає у відображенні процесу розвитку економічної системи, імітуючи крок за кроком її динаміку.

Асиметрична недетермінована МОС представляється впорядкованою четвіркою компонентів $\langle \mathbf{P}^1, T, \tau^{(n)}, Q \rangle$, де \mathbf{P}^1 — дискретний простір елементів (скінчених автоматів, клітин), $T = \{0, u^r, r = \overline{1, R}\}$ — алфавіт внутрішніх станів-термів, який містить, зокрема, нульовий стан спокою, $\tau^{(n)}$ — глобальна функція переходів, яка формується на базі локальних функцій переходів, Q — індекс сусідства, який визначає відповідні шаблони сусідства, $Q = \{-L, -(L-1), \dots, -2, -1, 0\}$. Індекс сусідства Q однорідної структури є впорядкованим кортежем елементів з \mathbf{P}^1 , який визначає елементів-сусідів будь-якого елемента структури, тобто тих її елементів, з якими даний одиничний елемент безпосередньо пов'язаний інформаційними каналами.

Побудова моделі однорідної структури полягає в ідентифікації параметрів МОС за ЧР $RP = \langle rp_t \rangle, t = \overline{1, n}$ (або $P = \langle p_t \rangle, t = \overline{1, n}$), що розглядається, яка виконується в такій послідовності [58].

Етап 1 — визначення терм-множини T . Для часових рядів, що характеризують динаміку ціни на ринку нерухомого майна, визначимо терм-множину, що містить п'ять лінгвістичних оцінок рівнів ціни або дохідності: $T = \{ДН, Н, С, В, ДВ\} = \{u^r, r = \overline{1, 5}\}$, де *ДН* — дуже низьке, *Н* — низьке, *С* — середнє, *В* — високе, *ДВ* — дуже високе значення дохідності (або ціни), u^r — загальне позначення терму, що визначає рівень ціни.

Етап 2 — формування поточного стану моделі однорідної структури на базі перетворення вихідного числового ЧР RP (або P) в лінгвістичний часовий ряд $U = \langle u_t \rangle, t = \overline{1, n}$, тобто заміни кожного рівня $rp_t \in RP$ (або $p_t \in P$) певним

термом $u_t = u^r \in T$. Для ЧР RP таке перетворення здійснено за методом огиначаючих ламаних [60, 62].

Метод огиначаючих ламаних перетворення числового часового ряду в лінгвістичний часовий ряд можна представити в графічній інтерпретації:

а) період спостереження розбивається на блоки, на кожному з яких присутні яскраво виражені точки локального максимуму та (або) локального мінімуму значень часового ряду ціни;

б) виділяються значення, що відповідають точкам локального максимуму або мінімуму, тобто значення, що представляють безумовно «дуже високу» ціну, і значення, що представляють безумовно «дуже низьку» ціну на кожному з відрізків часу;

в) виділені точки, що відповідають «дуже високій» ціні та розташовані на сусідніх відрізках часу, з'єднуються відрізками прямих, у результаті чого одержуємо верхню огиначаючу ламану (ВОЛ). Аналогічно з'єднуються виділені точки, що відповідають «дуже низькій» ціні та розташовані на сусідніх відрізках часу. У результаті одержано нижню огиначаючу ламану (НОЛ);

г) далі послідовно для кожного періоду часу t розглядаємо відрізок, що з'єднує точку на НОЛ із точкою на ВОЛ, і розбиваємо його на п'ять рівновеликих інтервалів. Після цього кожному парі відповідно сусідніх (за номером) кінців інтервалів з'єднуємо відрізком. У результаті одержуємо границі п'ятих областей гістограми часового ряду ціни P , які можна виділити кольором, що відповідає «дуже низькому», «низькому», «середньому», «високому» та «дуже високому» значенням на відповідних відрізках часу;

д) далі часовий ряд ціни P перетворюємо в лінгвістичний часовий ряд U , здійснюючи пофарбування кожного стовпчика гістограми часового ряду P у колір, що відповідає області, в якій він опинився, і замінюючи його числове значення $p_t \in P$ на відповідне лінгвістичне значення $u_t = u^r \in T$.

У табл. Д.1 Додатку Д представлено дані вхідного часового ряду ціни на нерухомість $P = \langle p_t \rangle, t = \overline{1, 279}$ та отриманий у результаті перетворення

лінгвістичний часовий ряд $U = \langle u_t \rangle$, $t = \overline{1, 279}$. На рис. Г.2 наведене графічне представлення часового ряду та огинаючих ламаних.

Етап 3 — формування глобальної функції переходів значень лінгвістичного часового ряду на базі ідентифікації локальних функцій переходів, конкретизація індексу сусідства Q та шаблонів сусідства. Цей етап полягає в моделюванні довгострокової (*внутрішньої*) пам'яті ЧР та базується на синтезі локальних функцій переходів, які отримуються в результаті аналізу станів клітин-сусідів у радіусі $l \leq L$ (l -последовностей) лінгвістичного ЧР, та врахуванні статистики переходів l -последовностей у той або інший стан, де термін «стан» означає терм із множини T , що визначено на етапі 1.

Поняття « l -последовність» означає впорядковану множину станів її елементів, що відповідає шаблону сусідства Q . Іншими словами, під l -последовністю розуміється така последовність значень лінгвістичного часового ряду U виду $p = u^{t_1} u^{t_2} \dots u^{t_l}$, що складається з l символів u^r із T .

Якщо у $(l+1)$ -последовності $u^{t_1} u^{t_2} \dots u^{t_l} u^{t_{l+1}}$ перші l символів $u^{t_1} u^{t_2} \dots u^{t_l}$ співпадають із символами l -последовності $p = u^{t_1} u^{t_2} \dots u^{t_l}$, то говорять, що l -последовність p «переходить в стан $u^{t_{l+1}}$ » і визначає локальну функцію переходу. Аналіз таких переходів дає змогу врахувати те, що l -последовність впливає на подальше значення $u^{t_{l+1}} \in T$ лінгвістичного часового ряду. Статистика таких впливів аналізується далі.

Якщо всі l -последовності виду $p = u^{t_1} u^{t_2} \dots u^{t_l}$ переходять в одне і тільки одне значення (стан) $u^{t_{l+1}}$, то говорять, що l -последовність $p = u^{t_1} u^{t_2} \dots u^{t_l}$ має пам'ять.

Локальні функції переходів для всіх l -последовностей з U , що мають пам'ять у сукупності становлять глобальну функцію переходів прогновної МОС для розглянутого лінгвістичного ЧР U . Максимальне значення L довжини l -последовності, що має пам'ять, розглядається як оцінка глибини пам'яті лінгвістичного ЧР U та визначає індекс сусідства Q .

Статистика локальних функцій переходів формується за рахунок чисельних оцінок, які визначимо далі.

Кількість всіх переходів l -послідовності p в один стан u^r називають її частотою в даному лінгвістичному часовому ряді U . Позначимо частоту через $V(p, u^r)$.

Тоді загальну кількість наявних у лінгвістичному часовому ряді U переходів l -послідовності p у будь-які стани $u^r \in T$ можна оцінити величиною

$$V(p) = \sum_{r=1}^5 V(p, u^r).$$

Частістю переходу l -послідовності p у стан u^r (позначимо її $v(p, u^r)$) називають величину, що обчислюється за формулою

$$v(p, u^r) = \frac{V(p, u^r)}{V(p)}, 1 \leq r \leq 5.$$

Очевидно, що для l -послідовності p , яка має пам'ять у даному лінгвістичному часовому ряді U , виконується рівність

$$v(p, u^r) = 1.$$

Наявність пам'яті у l -послідовності означає, що незалежно від попередніх до неї значень рівнів ЛЧР, значення наступного рівня ЛЧР визначене однозначно, тобто вплив попередніх рівнів вичерпано, що означає вичерпання пам'яті ЛЧР.

Для заданого часового ряду P ціни на нерухоме майно та визначеного на його базі лінгвістичного часового ряду U внутрішню пам'ять прогнозової моделі

на базі однорідної структури складають усі переходи для l -послідовностей та їх частоти.

Таким чином, побудову внутрішньої пам'яті однорідної структури закінчено. У табл. Д.2 Додатку Д представлена побудована внутрішня пам'ять для часового ряду P ціни на нерухомість.

Перейдемо безпосередньо до *процедури прогнозування* на базі моделі однорідної структури (МОС) – етапу 4.

Його сутність полягає в урахуванні впливу попередніх значень на майбутнє значення u_{n+1} (у момент часу $t = n + 1$) даного лінгвістичного часового ряду U , що прогнозується. При цьому цей вплив станів однорідної структури на стан елементів-сусідів є суттєвим у межах визначеної глибини пам'яті (що визначається радіусом однорідної структури L).

На основі цих міркувань опишемо процедуру прогнозування.

Підетап 4.1 полягає у визначенні чинників впливу.

Прогнозоване значення u_{n+1} даного лінгвістичного часового ряду U визначається заключними L відрізками ЛЧР U

$$u_{t+s} u_{t+s+1} \dots u_n, \quad (3.6)$$

$$s = L - 1, \dots, 2, 1, 0, \quad t = n - L + 1,$$

та частотами $\nu(p^s, u^r)$, $r = \overline{1,5}$ переходу $(L-s)$ -послідовностей

$$p^{L-s} = u_{n-L+1+s} u_{n-L+s+1} \dots u_n \subset p^L = u_{n-L+1} u_{n-L+2} \dots u_n, \quad s = L - 1, \dots, 2, 1, 0. \quad (3.7)$$

Ці послідовності отримуються шляхом послідовного $(L-1)$ -кратного нарощування (зліва) першої l -послідовності $p^1 = u_n$ до (в загальному випадку) L -послідовності $g^L = u_{n-L+1} u_{n-L+2} \dots u_n$. Якщо виявлено, що на деякому кроці s

отримана l -послідовність із пам'яттю, то її подальше нарощування припиняється.

Підетап 4.2 – кількісне оцінювання впливу.

При кількісному оцінюванні впливу на прогнозоване значення u_{n+1} необхідно відзначити таке. У зв'язку з недетермінованим характером динаміки вихідного часового ряду P і лінгвістичного часового ряду U має місце певна невизначеність у подальшому розвитку траєкторії часового ряду. У випадку лінгвістичного часового ряду ця невизначеність обмежується потужністю дискретної терм-множини $T = \{u^r\}$, $r = \overline{1,5}$, наявністю фрактальної структури (детермінованої складової), яка визначена внутрішньою пам'яттю МОС (представлена множиною всіх l -послідовностей з пам'яттю). Проте у зв'язку з наявністю випадкової складової, яка характерна для внутрішньої структури часових рядів і зумовлена зовнішніми впливами, ця невизначеність повністю не ліквідується. Тому при визначенні сценаріїв подальшого розвитку траєкторії часового ряду ціни на нерухоме майно також необхідно враховувати та оцінювати цю невизначеність.

Для опису цієї невизначеності використовується інструментарій нечіткого моделювання. Поняття «прогнозоване значення u_{n+1} » розглядається як детермінований об'єкт (лінгвістичне значення), який може приймати ті або інші значення з певним ступенем невизначеності.

Для формального опису нечіткої множини $U_{n+1}^{\Pi p}$ – «прогнозоване значення u_{n+1} » визначимося з трьома складовими: об'єктною змінною, базовими значеннями об'єктних змінних (універсальної множини) і функцією приналежності базових значень певній об'єктній змінній.

Множину базових значень представляє терм-множина $T = \{u^r\}$, $r = \overline{1,5}$.

Значення функції приналежності $m_{n+1}(u^r)$ визначає ступінь можливості, що прогнозоване значення u_{n+1} набуде значення $u^r \in T$. Функція $m_{n+1}(u^r)$ відображає базове значення u^r та нечітке значення $\overline{U_{n+1}}$ в інтервал $[0;1]$. Таким

чином, представимо поняття «прогнозоване значення u_{n+1} » у вигляді дискретної нечіткої множини

$$U_{n+1}^{Pr} = \{(u^r, m_{n+1}(u^r)); u^r \in T, r = \overline{1,5}\}, m_{n+1}: T \rightarrow [0;1] \quad (3.8)$$

Значення функції належності $m_{n+1}(u^r)$ для кожного терму $u^r \in T$ визначається на основі глобальної функції переходів побудованої МОС та відображує вплив попередніх значень лінгвістичного часового ряду у визначеному радіусі L .

Кількісний вплив будемо оцінювати на основі врахування частотей переходів, які в позначеннях (3.6) і (3.7) представимо виразами

$$\begin{aligned} v(u_{n-L+1+s} u_{n-L+s+1} \dots u_n, u^r) &= v(p^{L-s}, u^r), \\ r &= \overline{1,5}, s = L-1, \dots, 2, 1, 0. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Для кожного фіксованого індексу r (відповідного терму) знаходимо добуток по s частотям з (3.9). У результаті одержуємо значення

$$V_{n+1}(u^r) = \prod_{s=0}^{l-1} v(g^s, u^r), \quad r = \overline{1,5} \quad (3.10)$$

Отримані значення нормуються сумою $\rho(n+1) = \sum_{r=1}^5 V_{n+1}(u^r)$.

У результаті одержуємо значення функції приналежності для елементів нечіткої лінгвістичної множини, тобто міру можливості, що u^r і є значенням прогнозованого u_{n+1} :

$$m_{n+1}(u^r) = \frac{V_{n+1}(u^r)}{\rho(n+1)}. \quad (3.11)$$

Конкретне значення лінгвістичного прогнозу $u_{n+1}^{\text{Пр}}$ визначається на основі змісту функції належності як міри можливості за правилом:

$$u_{n+1}^{\text{Пр}} = u^* \in T \text{ таке, що } m_{n+1}(u^*) = \max_{u^r \in T} \{m_{n+1}(u^r)\} \quad (3.12).$$

Для отримання прогнозованого числового значення ціни $p_{n+1}^{\text{Пр}}$ застосовується процедура переходу від лінгвістичної значення до числового. Наприклад, за значення $p_{n+1}^{\text{Пр}}$ може бути прийняте значення середини інтервалу значень, який визначено огинаючими ламаними та відповідає лінгвістичному значенню $u^r \in T$, $r = \overline{1,5}$.

Наступним етапом — етапом 5 — є верифікація прогновної моделі та оцінка її точності.

При верифікації отриманої моделі на ретроспективних даних ЧР вирішується питання щодо відповідності отриманих результатів реальним даним. Для оцінки точності прогнозу в термінах вхідного (числового) ЧР використовуються традиційні міри оцінки якості прогнозу.

У випадку суттєвих розбіжностей результатів та реальних даних реалізується «навчання» або настроювання моделі однорідної структури за допомогою генетичних алгоритмів. Їх завдання полягає у вирішенні двох задач: задача 1 — настроювання або навчання методу прогнозування щодо прогнозу в лінгвістичних термінах; задача 2 — настроювання або навчання методу прогнозування щодо прогнозу числових значень рівнів ЧР. Задачі настроювання параметрів (або навчання) моделі однорідної структури полягають у визначенні таких вагових коефіцієнтів для моделі однорідної

структури, щоб відхилення відповідних прогнозних значень від фактичних, тобто похибка для ЧР, який виділено для верифікації, була мінімальною.

Наведемо формальну постановку задачі 1 для лінгвістичного часового ряду.

У разі відхилення отриманих прогнозних значень u_t^{Ip} від фактичних u_t для їх корегування введемо в результат прогнозування (3.8) для кожного терму $u^r \in T$ корегуючі коефіцієнти w_r , які складають вектор

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_r, \dots, w_5), \quad 0 \leq w_r \leq 1, \quad r = \overline{1, 5}, \quad \sum_{r=1}^5 w_r = 1. \quad (3.13)$$

У результаті отримаємо нечітку множину виду

$$\overline{U}_t = ((u^1, [w_1 \cdot m_t^1(u^1)]), \dots, (u^r, [w_r \cdot m_t^r(u^r)]), \dots, (u^5, [w_5 \cdot m_t^5(u^5)])). \quad (3.14)$$

Таким чином, результат прогнозування визначається за формулою

$$u_t^{Ip} = \max_{u^r \in T} \{ [w_r \cdot m_t^r(u^r)] \} = f(t, w), \quad t = \overline{1, n}, \quad (3.15)$$

яка є аналогічною формулі (3.12) та визначається функцією від вектору корегуючих коефіцієнтів w (3.13).

Для оцінки точності прогнозування введемо функцію оцінювання

$$F(w) = \frac{\sum_{t=1}^n e_t(w)}{n}, \quad e_t(w) = |r_t^{Ip} - r_t^{\Phi}| \quad (3.16)$$

де r_t^{Ip} — номер терму $u^{r_t^{Ip}} \in T$, що відповідає прогнозованому значенню $u_t^{Ip} = f(w) = u^{r_t^{Ip}}$ для моменту часу t , який визначається за формулою (3.15) та залежить від вектору w ,

r_t^{Φ} — номер терму $u^{r_t^{\Phi}} \in T$, що відповідає фактичному значенню $u_t = u^{r_t^{\Phi}}$ у момент часу t .

Задача полягає у виборі такого вектору $w^* = (w_1^*, w_2^*, \dots, w_r^*, \dots, w_t^*)$ (3.13), для якого функція (3.16) досягає мінімального значення: $F(w^*) = \min_w F(w)$.

Сформульована задача 1 розв'язується за допомогою генетичного алгоритму.

У табл. Д.3 Додатку Д наведено обчисленні оцінки точності та обґрунтованості моделі. Результати прогнозування представлено на рис. Д.1 та рис. Д.2 Додатку Д.

Зауважимо, що у фазі випадкового блукання та нестійкого переходу доцільно застосовувати методи екстраполяції. Зокрема, для прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно в першій та другій фазах було використано адаптивні методи прогнозування, а саме метод ковзних середніх.

У разі виявлення фази когерентного ринку з метою врахування особливостей ринку нерухомості та фундаментальних факторів необхідно визначити параметри їх впливу та скорегувати прогнозне значення. Для цього після побудови прогнозової моделі на базі однорідної структури для налаштування нечітких правил отримання прогнозу використовуються результати когнітивного моделювання.

У третьому блоці реалізується методологія когнітивного моделювання для визначення кількісного та якісного впливів фундаментальних чинників на динаміку ціни ринку нерухомого майна (див. п. 3.1). Результатом застосування когнітивної моделі є визначення інтегрального показника впливу фундаментальних факторів I (3.3). Остаточне рішення щодо визначення прогнозу ціни на нерухоме майно згідно (3.5) має вигляд:

$$\overline{U}_{n+1} = (I + 1)U_{n+1}^{Пр}, \quad (3.17)$$

де $U_{n+1}^{Пр}$ — прогнозоване значення ціни на нерухоме майно в момент часу $t = n + 1$;

\overline{U}_{n+1} — скореговане значення ціни на нерухоме майно в момент часу $t = n + 1$ із урахуванням впливу фундаментальних факторів, що оцінено інтегральним показником I .

Необхідно зазначити, що для побудови прогнозу на сучасному етапі розвитку економіки важливим є не тільки удосконалення інструментарію прогнозування, але й розробка та удосконалення його програмного забезпечення. Це дозволяє спростити процедури побудови, аналізу та використання динамічних економіко-математичних моделей. Крім того, позбавляючись від рутинних операцій, процес аналізу стає більш творчим, займає менше часу та сил.

Представлена система прогнозування динаміки цін на нерухоме майно, що враховує гіпотезу когерентного ринку та базується на гібридному підході програмно реалізована. Головна форма комп'ютерної програми програми подана на рис. Д.5 Додатку Д.

Комп'ютерну реалізацію гібридної моделі на базі однорідної структури — систему МОСЕМ — здійснено в середовищі Visual Basic for Application (VBA) на базі MS Access.

Інтерфейс програми містить таблицю для зберігання даних; форми для представлення основних даних у більш зручній формі з елементами управління (кнопками, списками та полями, що коментуються); модуля, що містить код програми.

Для прогнозування за допомогою програми МОСЕМ використовуються часові ряди із файлу MS Excel. Для цього використовується форма «Імпорт», що допомагає обирати часовий ряд цін, для якого необхідно побудувати прогноз.

3.3 Порівняльний аналіз ефективності методів прогнозування динаміки ціни на нерухомість

Порівняємо результати прогнозування за розробленою системою з результатами прогнозування іншими існуючими методами прогнозування.

Одним із розповсюджених моделей та побудованих на їх базі методів прогнозування є різноманітні екстраполяційні методи. Для застосування методів цього класу використовуються не структурні дані, а часові ряди, тобто спостереження, впорядковані за часом (щомісячні або щорічні).

Методи простої екстраполяції базуються на припущенні відносної стійкості в майбутньому абсолютних значень рівнів, середнього рівня ряду, середнього абсолютного приросту, середнього темпу зростання.

Методи складної екстраполяції базуються на визначенні основної тенденції, тобто використанні статистичних формул, які описують тренд. Складні методи екстраполяції поділяються на два типи: адаптивні і аналітичні. До адаптивних методів прогнозування належать методи ковзної та експоненціальної середніх, метод гармонійних ваг, авторегресія. До аналітичних методів прогнозування (кривих зростання) відноситься метод найменших квадратів.

Для аналізу результатів прогнозування динаміки ціни на нерухомість застосуємо також моделі експоненційного згладжування. Метод експоненційного згладжування — метод прогнозування, заснований на побудові екстраполяційної функції з використанням експоненційного спадання ваг її коефіцієнтів.

Серед альтернативних методів прогнозування динаміки ціни на нерухомість є ARIMA-моделі, що зумовлено їх суттєвими позитивними рисами. Зокрема, ці моделі є ефективними інструментами для побудови достатньо точних короткострокових прогнозів для часових рядів з автокореляційними

зв'язками (що є аналогом характеристики довготривалої пам'яті часового ряду). Крім того, вони є достатньо розповсюдженими в різних галузях економіки через доступність програмного забезпечення, що реалізує їх принцип. ARIMA моделі є гнучкими та адаптивними для часових рядів різних сфер економіки. ARIMA моделі відносять до екстраполяційних методів прогнозування, оскільки вони поєднують авторегресійні моделі і моделі ковзного середнього. Найбільш точний прогноз цін на нерухомість серед моделей цього класу надає змогу отримати ARIMA модель з параметрами (1;0).

Візуальне представлення отриманих результатів прогнозування для часового ряду дохідностей ціни на нерухоме майно на період з січня по грудень 2013 року існуючими методами представлено на рис. 3.9.

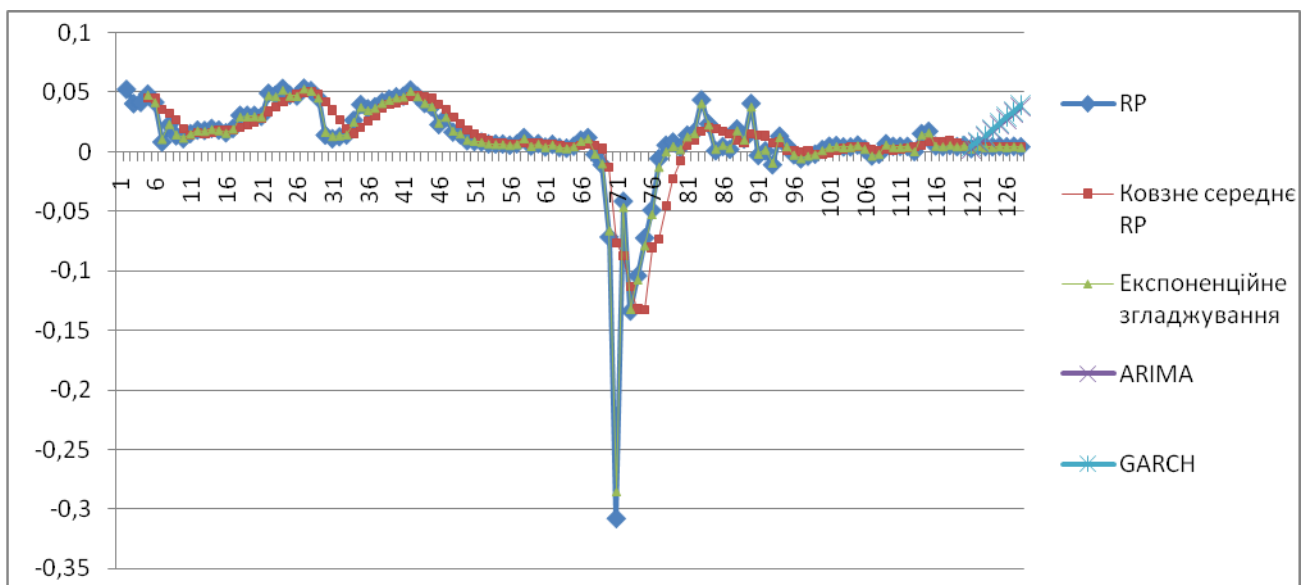


Рис. 3.9. Візуальне представлення результатів прогнозування часового ряду дохідностей ціни на період з січня 2003 року по грудень 2013 року існуючими методами прогнозування

Для оцінки точності прогнозування часових рядів абсолютних значень цін на нерухоме майно та дохідностей ціни використовуємо традиційні міри оцінки якості прогнозу, а саме *MSE*, *RMSE*, *MAE*, *RMSPE*, *MAPE*, які мають прямувати до нуля (табл. 3.4).

**Похибки прогнозу цін на нерухомість
на період з січня 2003 року по грудень 2013 року**

Часовий ряд	Похибки моделі	Метод прогнозування				
		Ковзне середнє RP	Експоненційне згладжування	ARIMA	GARCH	Гібридний підхід
P	MSE	84,605	81,84605	74	73,958	63,87
	RMSE	86,73976	82,673975824	86,26703	85,94742	72,54
	RMSPE	8,5032	8,6087599	7,5505	7,5664	3,65
	MAPE	9,17285	9,91728528	9,48246	9,48811	4,57
RP	MSE	0,002	0,001	0,0002	0,0004	0,0005
	RMSE	0,001	0,004	0,0045	0,0049	0,002
	RMSPE	7,6756827	8,7260095	9,2063	9,3112	4,47
	MAPE	8,44525703	9,5445257	6,0387	6,3393	4,57

Аналіз табл. 3.4 дає змогу зробити висновок, що гібридний підхід доводить свою точність для прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно в порівнянні з іншими відомими методами.

Результати верифікації систем методів прогнозування, які релевантні кожній фазі (стану) ринку нерухомого майна згідно з гіпотезою когерентного ринку, представлено в табл. 3.5. Відповідно, прогнозні значення, отримані таким чином з січня 2003 року по грудень 2013 року, мають відносну похибку, що дорівнює $MAPE = 4,57\%$, що значно менше, аніж похибки кожного з методів, застосованого окремо.

Аналізуючи табл. 3.5, можна зробити висновок, що запропонована система прогнозування реалізує інноваційну технологію, яка враховує особливості ринку нерухомості, його мінливу природу – гібридний підхід до створення методів прогнозування.

**Результати застосування системи методів прогнозування
до часового ряду динаміки ціни на нерухоме майно
з січня 2003 року по грудень 2013 року**

Номер фази ринку нерухомого майна	Назва фази	Методи прогнозування, які було застосовано	Похибка прогнозування (MAPE), %
I	Випадкового блукання	Адаптивні методи екстраполяції (ковзних середніх)	3,75
II	Нестійкого переходу	Адаптивні методи екстраполяції (ковзних середніх)	6,78
III	Хаотичного (фрактального) ринку	Гібридна модель на основі моделі однорідної структури	3,28
IV	Когерентності	Гібридна модель на основі моделі однорідної структури з корегування на основі результатів когнітивної моделі	4,47

Комбінація методів та моделей дає змогу використати повний спектр обчислювальних можливостей, отримати синергетичний ефект, відображений у підвищенні точності прогнозування на ринку нерухомості.

3.4 Прогнози динаміки ціни на нерухоме майно: особливості прийняття рішень з урахуванням гіпотези когерентного ринку

Відомо, що універсальних правил прийняття рішень в економіці не існує. У той час, як людині постійно необхідно вирішувати задачі багатокритеріального вибору, на допомогу приходять складні методології та засоби: людино-машинні, технічні, аксіоматичні тощо. Діяльність на ринку нерухомості — це, перш за все, задача психологічного навантаження на особу, що приймає рішення, оскільки ринок нерухомого майна тісно пов'язаний із

такими ринками, як фінансовий, фондовий, рекламний, консалтинговий, страховий, товарний, а також ринком будівельних робіт. Останнім часом психологія все більше інтегрується в прийняття рішень на фінансових ринках, проте емоційну складову цього процесу складно формалізувати. Крім того, відомо, що економічні агенти інколи поводять себе парадоксально, створюючи тим самим «ефект натовпу» — масову реакцію на явище, що відбувається на ринку. Спростити задачу прийняття рішень та прогнозування поведінки економічних агентів на ринку нерухомого майна можна завдяки «ефекту обрамлення», тобто урахування всіх суттєвих ризиків, наприклад, ризик інформаційної асиметрії (тобто відсутності інформаційної прозорості на ринку нерухомого майна) або ризик інвестиційної діяльності (при розгляді нерухомості як об'єкту інвестицій). Критерієм правильного прийняття рішення може слугувати економічна ефективність — показник, що характеризує в грошовому еквіваленті результат прийнятого рішення.

Для її визначення необхідно скористатися комплексною методологією кількісної та якісної оцінки ступеня прогнозованості ціни. Для цього використовується інтеграція методів моніторингу ситуації на ринку нерухомого майна, візуалізації, моделювання динаміки ціни, проведення статистичного та фрактального аналізу, а також прогнозування. Причому затребувана така методологія, яка б зуміла врахувати всі особливості сучасної турбулентної економіки.

За умов сучасної турбулентної економіки прийняття рішень набуває нових особливостей. Зокрема, необхідно врахувати певні чинники, які опосередковано здійснюють вплив на ціну нерухомості — технічний прогрес руйнівної дії, інформаційну революцію, зміни в навколишньому середовищі, постійне зростання сили споживача тощо. Крім того, будь-який аналіз існуючого стану фінансових ринків та їх розвитку повинен бути скорегований на принципи турбулентності, які спонукають розглядати класичні теорії про циклічність ринку з іншої позиції. За умов турбулентної економіки економічні цикли можуть бути відсутніми певний час чи бути складно передбачуваними.

Також важко побудувати точний прогноз «гострих кутів» циклу: підйомів чи спадів. Ризики прийняття рішень перестали мати суто економічну природу. Тепер вони набувають емоційно-психологічного, соціального, правового забарвлення, їх складніше формалізувати та оцінити.

Прийняття рішень на ринку нерухомого майна, як і на інших фінансових ринках, відбувається поетапно. Зокрема, спочатку здійснюється підбір інформації про управлінський об'єкт, потім аналіз цієї інформації та прийняття за його результатами рішення, яке в управлінському процесі є головним етапом. Представимо на рис. 3.10 базу для прийняття рішень на ринку нерухомого майна — результати верифікації з жовтня 2011 року по травень 2014 року та прогнозування з червня по грудень 2014 року.

Зазначимо, якщо абсолютна ціна на нерухоме майно в 2014 році зростає, то дохідність ціни залишається практично сталою (рис. 3.10).

Проте основна складність у прийнятті рішення на ринку нерухомого майна полягає в тому, що відсутня єдина методологія створення ефективних управлінських рішень. Використання різних методів і методик, що є вдалими для більшості фінансових ринків, веде до багатоваріантності результатів кінцевих або проміжних рішень на ринку нерухомого майна.

Прийняття рішень на ринку нерухомого майна відбувається в розрізі трьох складових:

- 1) час інвестування (коли розміщувати кошти на ринку);
- 2) місце інвестування (в який із регіональних ринків вкладати кошти);
- 3) термін інвестування (на який термін вкладати кошти).

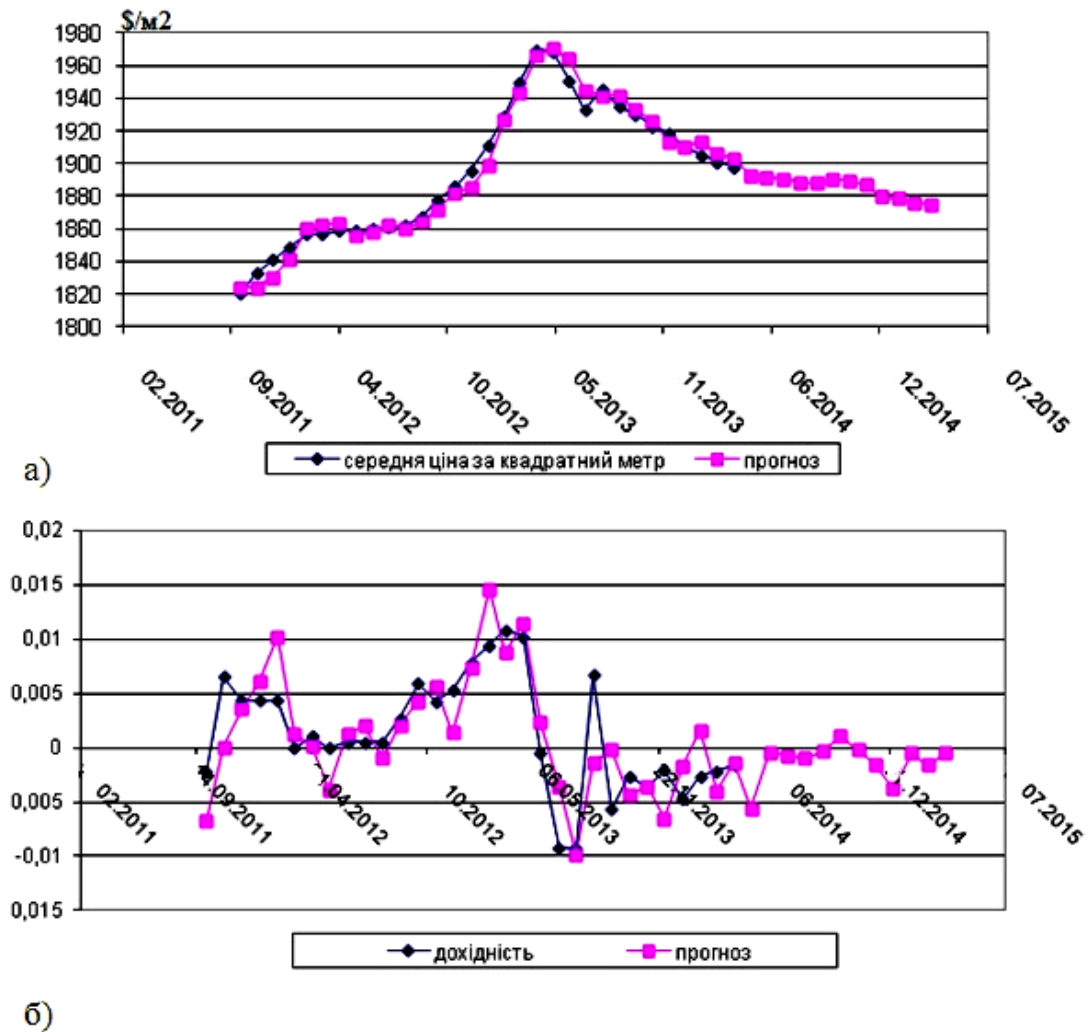


Рис. 3.10. Прогнозні значення для міста Києва у 2014 році

а) середньої ціни на нерухоме майно; б) дохідності нерухомого майна

Відповідь на перше питання, а саме вирішення часу інвестування, базується на ідентифікації фаз ринку нерухомого майна з урахуванням гіпотези когерентного ринку (див. п. 2.3, зокрема табл. 2.8). Так, під час фази випадкового блукання зазвичай той, хто бажає придбати права на нерухомість (покупець, винаймач нерухомості), прагне придбати права на нерухомість якомога скоріше, оскільки ціни є мінімальними. При цьому власнику прав на нерухомість (продавець, орендодавець) є не вигідною реалізація прав на нерухоме майно. На ринку нерухомого майна відсутня колективна думка, середня ціна на нерухомість є нестійкою. З поступовою зміною фаз від фази випадкового блукання до фази когерентності зростає рівень порядку на ринку

одночасно з тим, як власник прав на нерухоме майно прагне реалізувати свої права на нерухомість. При цьому на ринку нерухомості спостерігається зростання сили суспільної думки.

Для того, щоб прийняти рішення щодо регіонального ринку нерухомого майна, в який варто інвестувати кошти, необхідно базуватися на регіональній класифікації ступеня прогнозованості динаміки ціни на нерухомість. Ті обласні центри, яким властивий низький рівень ступеня прогнозованості динаміки ціни на нерухоме майно (Київ, Донецьк, Львів, Одеса), є найбільш інвестиційно привабливими з огляду на довгостроковий термін інвестицій (більший ніж на 5 років).

Середньострокові інвестиції (на 2-3 роки) є найбільш вигідними на ринках нерухомості таких регіонів, як Львів, Харків, Запоріжжя. Інвестування в нерухомість із соціально-побутовою метою є найвигіднішим у таких містах, як Тернопіль, Чернігів, Житомир, Кіровоград, Херсон, що є обласними центрами регіонів з високим ступенем прогнозованості динаміки ціни на нерухоме майно.

Термін інвестування, як і його час, залежить від фази ринку нерухомого майна, що було ідентифіковано за допомогою нечіткої моделі. Найбільш інвестиційно привабливими є інвестиції під час фаз хаотичного ринку та когерентності, оскільки трендостійкість часового ряду динаміки ціни на нерухомість є найбільшою. Навпаки, інвестиції під час фаз випадкового блукання та нестійкого переходу є не вигідними, оскільки їх результат складно передбачити.

Не менше значення має проблема «конфлікту» критеріїв оцінки ефективності інвестування в ринок нерухомого майна. Велика кількість часткових показників ефективності, зокрема, термін окупності інвестицій, розмір прибутку, соціальна ефективність від інвестування, ускладнює прийняття рішення. Тому одним із шляхів прийняття рішення про інвестування в нерухоме майно є порівняння існуючих альтернативних варіантів.

Тому розглянемо таку ситуацію. Приватний інвестиційний фонд (у даному випадку особа, що приймає рішення) має вільний нерозподілений

прибуток, який прагне вигідно інвестувати на термін більше одного року. Він може розмістити кошти на депозитному рахунку, або придбати дорогоцінні метали, чи інвестувати кошти в ринок нерухомо майна. Необхідно надати приватному інвестиційному фонду рекомендації щодо інвестування коштів.

На сьогодні найбільш популярним методом інвестування коштів є банківський депозит. Структура розміщення депозитних коштів фізичних та юридичних осіб представлена на рис. 3.11 (за даними Нацбанку).

При перетворенні вільних коштів приватного інвестиційного фонду в депозит сумарний прибуток буде розраховуватися згідно з табл. 3.8.

Ще одна інвестиційна альтернатива — вкладення коштів у ринок дорогоцінних металів. Об'єктами торгівлі на цьому ринку є золото, срібло, платина, паладій, інші метали платинової групи (родій, рутеній, іридій та осмій). Регулярно укладаються угоди щодо золота, срібла, платини та паладію (так званих «банківських металів»), рештою металів торгують епізодично і котируються вони здебільшого спеціалізованими фірмами.

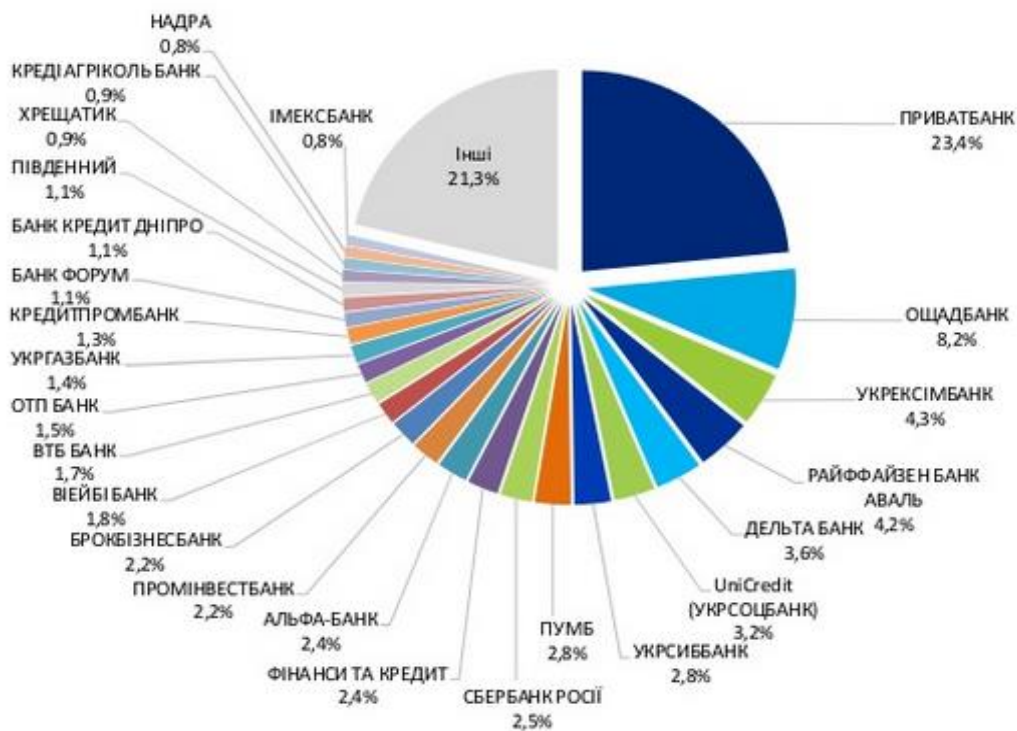


Рис. 3.11. Структура розміщення депозитних коштів [28]

Найвигодніші річні ставки за депозитами в Україні

Валюта депозиту	Річна ставка, відсотків
Гривня	21
Долар США	10,5
Євро	8,5

Офіційна ціна золота впродовж більш ніж 40 років (1933-1976) фіксувалася державною скарбницею США. На цей час, світова ціна золота встановлюється за допомогою ринкових механізмів. Так, у грудні 2013 року за даними Національного банку України вона складала 383 грн. за 1 грам золота. Зміна ціни 1 тройської унції (31,1034768 грама) золота за 2013 рік представлена на рис. 3.12.

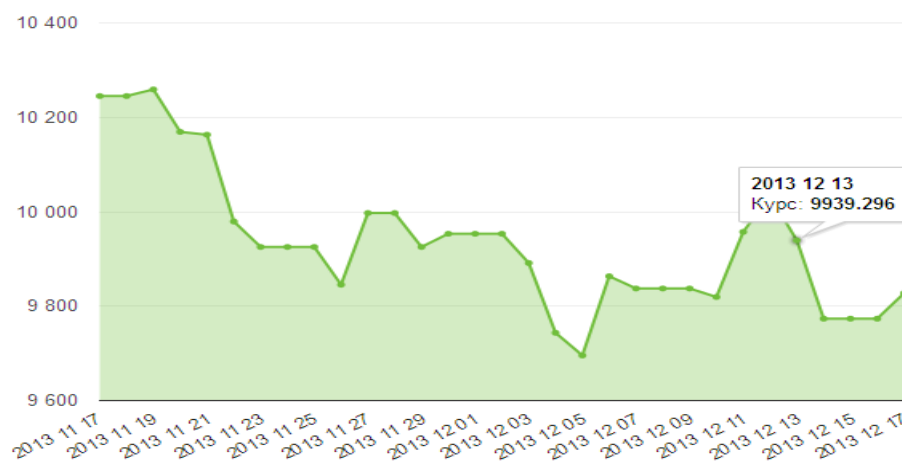


Рис. 3.12. Динаміка ціни 1 тройської унції золота за 2013 рік [74]

На основі порівняння прибутковості вкладення коштів у три зазначені альтернативи (розміщення депозиту, придбання дорогоцінного металу та купівля нерухомого майна) можна зробити висновок про вигідність інвестування в нерухомість, особливо в довгостроковому періоді.

Отримані результати прогнозування були апробовані при діяльності провідної інвестиційно-будівельної компанії в Запорізького регіоні «Арсенал»,

а також Центру «Бізнес-інформ», основним напрямком якого є розробка бізнес планів та ухвалення рішень про інвестування на ринку нерухомого майна.

На прикладі одного з контрактів Центру «Бізнес-інформ» проілюструємо ефективність застосування запропонованої в роботі концепції прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно на базі гібридного підходу.

Центр укладає контракт 1 січня 2013 року з Інвестиційним фондом про розробку інвестиційної стратегії діяльності на фінансових ринках на один календарний рік. Керівництво інвестиційного фонду до укладання контракту вважало за необхідне вкласти кошти в купівлю дорогоцінних металів, а саме золота, на суму 500 тис. доларів США. Центр «Бізнес-інформ» змінив це рішення, порадивши вкласти ці кошти в інвестування на ринку нерухомого майна міста Києва. У результаті були отримані такі результати (табл. 3.7).

При використанні ж інших (статистичних) методів прогнозування очікувалося, що прибутковість інвестування на ринку нерухомого майна буде дорівнювати 45000 доларів США, тобто Інвестиційний фонд міг вагатися щодо прийняття інвестиційного рішення.

Таблиця 3.7

Прибутковість інвестування Інвестиційним фондом суми в 500 тис. доларів США за період із січня 2013 року по грудень 2013 року

Варіант інвестування	Умови інвестування	Отриманий прибуток
Ринок нерухомого майна	Придбання 260 квадратних метрів житла в місті Києві	10400 доларів США
Валютний депозит	Річний депозит за 8,5 відсотковою ставкою	4250 доларів США
Купівля дорогоцінних металів	1565 грам золота	-5048,387 доларів США

Центр «Бізнес-інформ» отримав 15% від прибутку після інвестування, тобто 1560 доларів США від підписання вигідного контракту.

Аналізуючи наведений приклад можна зробити висновок, що підвищена точність прогнозування динаміки ціни на нерухомість знижує ризики діяльності, покращує якість планування, дозволяє більш ефективно досягати цілей компанії.

ВИСНОВКИ

Сьогодні економіка та бізнес увійшли в нову стадію – епоху турбулентності та хаосу, коли різкі часто непередбачувані коливання та потрясіння на ринку стають частішими. Це зумовлює високий ступінь невизначеності та ризиків. Не є виключенням і ринок нерухомості, що розглядається як складна динамічна система, яка піддається впливу внутрішніх та зовнішніх факторів.

Можливість вчасно отримати інформацію, спрогнозувати хід подій є дуже важливим, бо ринок нерухомості є істотною складовою будь-якої національної економіки, це підтверджується його значною часткою у валовому національному продукті, високим рівнем надходжень до бюджету від податків на нерухомість і операцій з нею. З одного боку, будівництво об'єктів нерухомості промислового призначення є основою для подальшого розширеного відтворення економіки, а з іншого – будівництво житлової нерухомості та її перерозподіл на вторинному ринку вирішує вагомі соціальні питання. Без добре налагодженого функціонування ринку нерухомості не можуть ефективно працювати механізми інвестування, заощадження, кредитування, оподаткування тощо.

Проведений огляд теоретичних та методологічних підходів для аналізу та прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно дав змогу виявити, що до теперішнього часу прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомого майна здійснювалося на підставі врахування гіпотези ефективного ринку (ЕМН). Зважаючи на особливості динаміки, незадовільні результати прогнозування і постійне залучення експертів, виникає потреба у зміні парадигми та інструментарію прогнозування. Розвиток теорії фінансових ринків спонукає проаналізувати ринок нерухомості з урахуванням гіпотези когерентного ринку (СМН), яка інтегрує різні погляди (лінійну та нелінійну парадигми), а її

прийняття потребує підвищення ступеня інтелектуальної підтримки при побудові прогнозів як джерела підвищення точності. Виявлено передумови для обґрунтування теоретичного базису та розбудови відповідного інструментарію з урахуванням СМН.

У монографії представлені концептуальні положення щодо прогнозування динаміки ціни на нерухоме майно з урахуванням прийняття для ринку нерухомого майна гіпотези когерентного ринку (СМН). На їх основі побудовано систему методів та моделей, які призначені для а) ідентифікації фази ринку, б) безпосередньо прогнозування. Нові отримані знання, методи та моделі відкривають можливість забезпечити достатню точність прогнозів у результаті застосування добре розвинутого інструментарію короткострокового прогнозування часових рядів (у фазах випадкового блукання та нестійкого переходу) і удосконаленої гібридної системи прогнозування (у фазі фрактального та когерентного ринку).

Проведений із залученням методів дискретної нелінійної динаміки передпрогнозний аналіз динаміки ціни на ринку НМ дозволив отримати нове знання про особливості динаміки, зокрема, зробити висновок про невідповідність ринку НМ гіпотезі ефективного ринку (ЕМН). Застосування тестів на детермінований хаос та комплексного фрактального аналізу дозволило стверджувати про наявність у динаміці детермінованої складової. Аналіз кількісних характеристик динаміки дав змогу зробити висновок про зміну типу динаміки впродовж ЧР, класифікувати її характер за чотирма фазами (випадкового блукання, нестійкого переходу, хаотичного ринку, когерентності), що є підтвердженням виконання гіпотези когерентного ринку (СМН) для ринку нерухомого майна.

Представлений авторський метод діагностики (ідентифікації) стану ринку нерухомості з урахуванням гіпотези когерентного ринку на основі нечіткої моделі, верифікація якої виявила її достатню адекватність у порівнянні з

результатами експертного оцінювання. Застосування побудованої моделі дозволить провести якісний аналіз поточної ситуації на ринку нерухомого майна, оцінити ймовірність переходу ринку нерухомості у наступну фазу, надати рекомендації щодо вибору релевантного інструментарію прогнозування динаміки ціни згідно знаходження ринку в певній фазі.

Запропонований авторами метод класифікації регіональних ринків нерухомого майна за ступенем прогнозованості динаміки ціни за рахунок використання системних характеристик динаміки, одержаних у результаті статистичного аналізу та комплексного фрактального аналізу, дає змогу зробити висновок про виділення груп регіонів із різним ступенем прогнозованості динаміки ціни на НМ. Використання класифікації дає змогу формувати обґрунтовану стратегію інвестиційної та господарської діяльності на ринку нерухомого майна країни.

Методи аналізу ринку нерухомості набули подальшого розвитку в напрямі дослідження фундаментальних факторів, що впливають на динаміку ціни на нерухоме майно: природних (повені, урагани, виверження вулканів, інші надзвичайні ситуації тощо), економічних (кризи та економічне зростання, внаслідок яких спостерігаються зміни значення ВВП, доходів і витрат економічних агентів та інфляція), політичних (зміна керівництва країною, прийняття законопроектів тощо), військових (мітинги, революції тощо). Результатом представленої когнітивної моделі є кількісний вимір дії зазначених чинників при розробці системи прогнозування. Результати імітаційного експерименту на базі запропонованої моделі можуть бути використані при обґрунтуванні економічної ефективності застосування різноманітних механізмів (економічних, політичних, інституціональних тощо) управління на ринку нерухомості, а також для удосконалення методів прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомості.

Розроблена гібридна система прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомого майна реалізує інтеграцію інструментарію, який моделює інтелектуальні дії в процесі прогнозування. Ця система містить: нечітку модель ідентифікації фази ринку, що дає змогу на етапі ретроспекції обрати релевантний інструментарій прогнозування; модель однорідної структури, яка дозволяє враховувати ефекти довгострокової пам'яті в динаміці ціни; генетичні алгоритми для налаштування параметрів моделі однорідної структури. Інтеграція в її структуру когнітивної моделі дає змогу підвищити адаптивні властивості прогнозної моделі за рахунок врахування механізмів впливу кількісних та якісних зрушень в економіці відповідно до гіпотези когерентного ринку. Ефективність застосування запропонованої системи підтверджено результатами її апробації на ринку нерухомості України, а саме в аналітичній роботі центру «Бізнес–інформ» і агентств нерухомості (зокрема, АН «Бастіон»). Науково-методичні підходи до аналізу закономірностей розвитку ринку нерухомого майна знайшли практичне застосування у роботі будівельних компаній (наприклад, компанії «Арсенал»).

Виявлені особливості ринку нерухомості, урахування гіпотези когерентного ринку та результати прогнозування на основі гібридного підходу створюють умови для розробки рекомендації щодо прийняття рішення на ринку нерухомості. Запропоновані удосконалена методологія та інструментарій прогнозування динаміки ціни на ринку нерухомого майна може бути використаний при розробці економічної та соціальної політики органами державної влади, фінансовими установами (банками, страховими компаніями тощо), а також агентствами нерухомості, ріелторами, брокерами та населенням для аналізу з метою зменшення ризиків економічної діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Айвазян С. А. Прикладная статистика. Основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. — М. : ЮНИТИ, 2001. — 1002 с.
2. Асаул А. М. Економіка нерухомості : монограф. / А. М. Асаул, І. А. Брижаль, В. Я. Чевганова. — К. : Лібра. — 2004. — 304 с.
3. Балабанов И. Т. Экономика недвижимости : монограф. / И. Т. Балабанов. — СПб. : Питер, 2000. — 208 с.
4. Белых Л. П. Формирование портфеля недвижимости : монограф. / Л. П. Белых. — М. : Финансы и статистика, 2005. — 455 с.
5. Білоброва Т. О. Циклічність як важлива характеристика розвитку ринку нерухомості / Т. О. Білоброва // Вісник Донецького національного університету. — Донецьк. — С. 213—219.
6. Бойко А. А. Характеристика и классификация рынка недвижимости / А. А. Бойко // Модели управления в рыночной экономике. — Донецк : ДонНУ, 2001, № 4. — С. 219—224.
7. Боровиков В. П. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows : Основы теории и интенсивная практика на компьютере : учеб. пособ. / В. П. Боровиков, Г. И. Ивченко. — [2-е изд., перераб. и доп.]. — М. : Финансы и статистика, 2006. — 368 с.
8. Буркун І. Г. Ситуаційний ціновий прогноз на основі аналізу попиту і пропозиції на ринку житлової нерухомості регіону / І. Г. Буркун // Научно-технічний збірник № 92. — 2010. — №1. — С. 108—116.
9. Варфоломєєв С. Український ринок нерухомості. Аналітичний огляд / С. Варфоломєєв // Проект технічної допомоги Агентства США з міжнародного розвитку “Впровадження пенсійної реформи в Україні” / (компанії ПАДКО. [Електронний ресурс]. — К., 2003. — 49 с.

10. Витлинский В. В. Суммарный скользящий прогноз как мера риска фондового рынка / В. В. Витлинский, П. М. Грицюк // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах : труды Междунар. науч. школы МА БР-2009 (Санкт-Петербург, 07—11 июля 2009 г.). — СПб. : ГУАП, 2009. — С. 290—296.

11. Вітлінський В. В. Адаптологія математичних моделей нелінійної соціодинаміки: здобутки і перспективи моделювання / В. В. Вітлінський, Ю. В. Коляда // Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем : сб. науч. трудов V Междунар. школы-симпозиума АМУР-2011, 12—18 сент. 2011 г., Севастополь / отв. ред. М. Ю. Куссий, А. В. Сигал. — Симферополь : ТНУ им. В. И. Вернадского, 2011. — С. 69—72.

12. Вітлінський В. В. Концепції та інструментарій нелінійної економічної динаміки на підґрунті адаптивних неперервних синергетичних моделей / В. В. Вітлінський, Ю. В. Коляда, А. Я. Махоткіна // Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. праць / відп. ред. В. К. Галіцин. — 2011. — № 84. — С. 19–35.

13. Вітлінський В. В. Нелінійна динаміка соціально-економічних процесів на підґрунті моделі Вайдліха: якісний і кількісний аналіз / В. В. Вітлінський, Ю. В. Коляда, В. О. Тукало // Матеріали XV Всеукр. наук.-метод. конф. «Проблеми економічної кібернетики», 4—8 трав. 2010 р., Луганськ-Євпаторія. — Луганськ : Вид-во СНУ, 2010. — С. 156—159.

14. Воронин В. А. Моделирование рынка недвижимости в условиях финансово-экономического кризиса / В. А. Воронин // Практика оценки. — М. : Экономика, 2009. — № 10 (37). — 66 с.

15. Гаврилов А. В. Гибридные интеллектуальные системы : монография / А. В. Гаврилов. — Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. — 142 с.

16. Галаган Д. В. Аналіз цінової динаміки на ринках житлової нерухомості / Д. В. Галаган // Інформаційні технології та моделювання в

економіці: зб. наук. пр. Другої Міжнародної науково-практичної конференції; Черкаси 19-21 травня 2010 р. — Черкаси : Брама-Україна, 2010. — С.81—82.

17. Галаган Д. В. Вплив соціально-економічних факторів на цінову динаміку на ринку житлової нерухомості / Д. В. Галаган // Статистична оцінка соціально-економічного розвитку: зб. текстів доповідей за матеріалами Всеукраїнської наук.-практ. конф., 20 травня 2010 р. — Хмельницький : Хмельницький університет управління та права, 2010. — С.208—209.

18. Галаган Д. В. Взаємозв'язок цінової динаміки на ринках житлової нерухомості в період економічного зростання та кризи / Д. В. Галаган // Економіка та підприємництво: збірник наукових праць молодих учених та аспірантів — Вип. 24. К. : КНЕУ. — 2010. — С. 304—312.

19. Галаган Д. В. Модель ARIMA як засіб моделювання цінової динаміки на ринку нерухомості / Д. В. Галаган // Сучасні проблеми моделювання складних економічних систем: Збірник наукових тез II Всеукраїнської науково-практичної конференції. — Кривий Ріг, КЕІ ДВНЗ “КНЕУ ім. Вадима Гетьмана”, 2010. — С.7—9.

20. Галаган Д. В. Моделювання інвестиційних рішень на ринку нерухомості / Д. В. Галаган // Теория и практика экономики и предпринимательства: материалы VII Междун. научн.-практ. конф. (Алушта, 11-13 мая 2010 г.) — Симферополь — 2010. — С.41—42.

21. Галаган Д. В. Ринок нерухомості як різновид інвестиційного ринку / Д. В. Галаган // Інвестиції: практика та досвід: науково-практичний журнал. — 2010. — №9. — С. 19—21.

22. Горемыкин В. А. Экономика недвижимости : монограф. / В. А. Горемыкин, Э. Р. Бутулов. — М. : Филинь, 2009. — 586 с.

23. Господарський кодекс України : за станом на 1 січня 2011 р. / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К. : Парлам. вид-во, 2011. — 345 с.

24. Григорьев В. В. Оценка предприятий. Имущественный подход. Учебно-практическое пособие / В. В. Григорьев, И. М. Островкин. — М. : Дело, 2009. — 356 с.

25. Гриценко Е. А. Рынок операций и услуг с недвижимостью / Е. А. Гриценко // Бизнес-информ. — 2005. — №5. — С.48—49.
26. Гриценко О. А. Нерухомість як економічне благо особливого роду / О. А. Гриценко // Державний інформаційний бюлетень про приватизацію. — 2000. — №5. — С. 76—83.
27. Грицюк П. М. Комплексний аналіз сонячної активності / П. М. Грицюк // Штучний інтелект. — 2008. — № 1 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/ii/2008_1/JournalAI_2008_1/Razdel2/00_gritsyuk.pdf
28. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
29. Евтух А. Т. Некоторые современные подходы к маркетинговому анализу рынка недвижимости / А. Т. Евтух // Маркетинг и реклама. — 2006. — №6. — С. 20—25.
30. Економічні дослідження (методологія, інструментарій, організація, апробація) : [навч. посіб.] / [В. М. Геєць та ін.] ; за ред. д-ра екон. наук, проф., акад. НАПН України А. А. Мазаракі; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2011. — 296 с.
31. Еш С. Фінансовий ринок : навч. посіб. / С. Еш. — К. : Центр учбової літератури, 2009. — 529 с.
32. Євтух О. О. Система оцінки заставної нерухомості і її склад за елементами / О. О. Євтух // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. — 2003. — № 9. — С. 151—154.
33. Жилищная экономика / Под ред. Г. Поляковского : Пер.с англ. — М. : Дело, 1996. — 365 с.
34. Заболотский М. А. Когнитивное моделирование — уникальный инструмент для анализа и управления сложными системами (регион, отрасль промышленности, крупное предприятие) / М. А. Заболотский, И. А. Полякова, А. В. Тихонин // Успехи современного естествознания. — 2005. — № 2 — С. 28—36.

35. Заруба В. Я. Методи прогнозування рівня попиту / В. Я. Заруба; за ред. д.е.н., проф А. О. Старостіної. — К. : Знання, 2009. — 1070 с.
36. Зражевський О. Г. Методи побудови моделей для довгострокового прогнозування фінансових часових рядів / О. Г. Зражевський // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2010. — № 1. — С. 123—142.
37. Інформаційний портал, що присвячено популяризації імітаційного моделювання [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://gpss.ru/>
38. Клебанова Т. С. Моделирование экономической динамики / Т. С. Клебанова, О. Ю. Полякова, Н. А. Дубровина. — Х. : Издательский дом “ИНЖЭК”, 2005. — 244 с.
39. Когнитивный подход в управлении [Обзор] / З. К. Авдеева, С. В. Коврига, Д. И. Макаренко, В. И. Максимов // Проблемы управления. — 2007. — №3. — С. 2—8.
40. Колесников А. В. Гибридные интеллектуальные системы. Теория и технология разработки / А. В. Колесников. — Спб. : Изд-во СПбГТУ, 2001. — 711 с.
41. Консалтингова компанія SV Development [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://svdevelopment.com>.
42. Котлер Ф. Хаотика: управління та маркетинг в епоху турбулентності / Ф. Котлер, Д. Касліоне. — К. : Хімджест Пласке, 2009. — 206 с.
43. Кречотень І. П. Формування ринку нерухомості на регіональному рівні в Україні : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук / І. П. Кречотень. — Полтава, 2009. — 20 с.
44. Кречотень І. М. Розвиток нерухомості: світовий досвід та українська практика (регіональний вимір) / І. М. Кречотень // Прометей: регіональний збірник наукових праць з економіки / Донецький економіко-гуманітарний інститут МОН України; Інститут економіко-правових досліджень НАН України — Вип. 1(22). — Донецьк: ТОВ «Юго-Восток, ЛТД», 2007. — С. 62—66.

45. Криничанский К. В. Типология фундаментальных факторов як основа фундаментального анализа / К. В. Криничанский. — Екатеринбург : УрО РАН, 2008. — 56 с.

46. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. — М. : Горячая линия — Телеком, 2001. — 245 с.

47. Кудрявцев В. Б. Основы теории однородных структур : монография / В. Б. Кудрявцев, А. С. Подколзин, А. А. Болотов. — М. : Наука, 2000. — 296 с.

48. Курейчик В. М. Генетические алгоритмы / В. М. Курейчик. — Таганрог : ТРТУ, 2008. — 314 с.

49. Куссий М. Ю. Методологічні засади моделювання та прогнозування динаміці ціни на строкових фінансових ринках з використанням фрактальної структури ринку // Сучасні проблеми прогнозування соціально-економічних процесів : концепції, моделі, прикладні аспекти : монографія / за ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченка / М. Ю. Куссий. — Бердянськ : Видавець Ткачук О. В., 2012. — С. 258—270.

50. Лебедь Н. П. Оценка имущества и имущественных прав в Украине / Н. П. Лебедь. — К. : Принт-Экспресс. 2002. — 688 с.

51. Лебідь Н. П. Регіональні особливості ціноутворення на ринку об'єктів нерухомості, що приватизуються / Н. П. Лебідь // Власність в Україні. — 2000. — №1. — С. 42—58.

52. Лочмеле Р. Р. Рынок недвижимости как объект системного управления: [Электронный ресурс]: Дис. ... канд. экон.наук: 08.00.05. — М. : РГБ, 2006. (Из фондов Российской Государственной Библиотеки) — Режим доступа: <http://diss.rsl.ru/diss/06/0275/060275050.pdf>

53. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы прогнозирования временных рядов : учеб. пособ. / Ю. П. Лукашин. — М. : Финансы и статистика, 2003. — 416 с.

54. Лук'яненко І. Г. Динамічні макроеконометричні моделі. Новий концептуальний підхід / І. Г. Лук'яненко. — К. : ВД "КМ Академія", 2003. — 500 с.

55. Лысенко Ю. Г. Нейронные сети и генетические алгоритмы : учеб. пособ. / Ю. Г. Лысенко, Н. Н. Иванов, А. Ю. Минц. — Донецк : ООО «Юго-Восток, Лтд», 2003. — 265 с.

56. Максимов В. Анализ и управление в нестабильной среде / В. Максимов, С. Качаев, Е. Корноушенко // Банковские Технологии. — 1999. — №3. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.bizcom.ru/analysis/1999-03/01-07.html>

57. Максишко Н. К. Використання фрактального та фазового аналізу для діагностики кризових явищ в економіці / Н. К. Максишко, В. О. Перепелиця, О. Ю. Головін // Матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. [«Трансформаційні процеси в економіці держави та регіонів»], (Запоріжжя, 8—10 жовт. 2008 р.). — Запоріжжя : ЗНУ, 2008. — С. 30—31.

58. Максишко Н. К. Гібридна прогнозна модель на базі інструментарію дискретної нелінійної динаміки / Н. К. Максишко // Прогнозування соціально-економічних процесів: сучасні підходи та перспективи : монографія / під ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченко. — Бердянськ : Видавець Ткачук О. В., 2011. — С. 170—189.

59. Максишко Н. К. Про гібридний підхід до прогнозування часових рядів із пам'яттю / Н. К. Максишко, В. О. Перепелиця // Тези доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. [«Сучасні моделі і методи прогнозування соціально-економічних процесів» (ПСЕП-2006)], (Київ, 13—14 квіт. 2006 р.). — К. : КНУ ім. Тараса Шевченка, 2006. — С. 112—114.

60. Максишко Н. К. Анализ и прогнозирование эволюции экономических систем : монография / Н. К. Максишко, В. А. Перепелица. — Запорожье : Полиграф, 2006. — 248 с.

61. Максишко Н. К. Когнітивне моделювання ринку нерухомості / Н. К. Максишко, В. О. Шаповалова // Матеріали V Міжнародної науково-

практичної конференції «Методи, моделі та інформаційні технології в управлінні соціально-економічними, екологічними та технічними системами». — Луганськ — Євпаторія, 17-19 жовтня 2012 р. — Луганськ. — С. 42—45.

62. Максишко Н. К. Моделювання економіки методами дискретної нелінійної динаміки : монографія / Н. К. Максишко; наук. ред. проф. В. О. Перепелиця. — Запоріжжя : Поліграф, 2009. — 416 с.

63. Максишко Н. К. Особливості прийняття рішень на ринку нерухомості / Н. К. Максишко, В. О. Шаповалова, А. Ю. Губа // Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Трансформаційні процеси в економіці держави та регіонів», Запоріжжя, 24 — 25 жовтня 2013 року. — Запоріжжя : ЗНУ, 2013. — С. 280—281.

64. Максишко Н. К. Оцінювання системних характеристик економічної динаміки на базі результатів комплексного фрактального аналізу / Н. К. Максишко // Вісник Запорізького національного університету : зб. наук. праць. Економічні науки. — 2011. — №2 (10). — С. 119—130.

65. Максишко Н. К. Прийняття рішень на ринку нерухомості з урахуванням фази когерентного ринку / Н. К. Максишко, В. О. Шаповалова // Матеріали XXI International Conference “Problems of decision making under uncertainties” (PDMU — 2013). — К. : Національний університет ім. Тараса Шевченка, 2013. — С. 162—163.

66. Максишко Н. К. Характеристики динаміки ринку нерухомості в індикативному управлінні розвитком регіону / Н. К. Максишко, В. О. Шаповалова // Матеріали XVII Всеукраїнської науково-методичної конференції «Проблеми економічної кібернетики». Том I. — Одеса, 2012. — С. 74—76.

67. Максишко Н. К. Моделювання ринку нерухомості України за принципами системної динаміки / Н. К. Максишко, В. О. Шаповалова, О. О. Тюменцева // Матеріали XI Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів «Проблеми та перспективи розвитку економіки в умовах ринку», 12-13 квітня 2013 р. — Острогоз, 2013. — С. 64—68.

68. Малинецкий Г. Г. Современные проблемы нелинейной динамики / Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов. — М. : Эдиториал УРСС, 2000. — 336 с.
69. Манн Р. В. Особливості діагностування стану і перспектив розвитку ринку нерухомості / Р. В. Манн // «Економіка та держава» Міжнародний науково-практичний журнал. — 2007. — № 9. — С. 15—17.
70. Манн Р. В. Регіональні ринки нерухомості: особливості розвитку в Україні / Р. В. Манн // Науковий вісник Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка «Економіка і регіон». — 2004. — №1 (2). — С.53—55.
71. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування: Підручник / В. М. Геєць, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк, В. В. Іванов, Н. А. Дубровіна, А. В. Ставицький. — Х. : ВД «Інжек», 2005. — 396 с.
72. Мухін О. О. Особливості функціонування ринку промислової нерухомості в трансформаційний період / О. О. Мухін // Державний інформаційний бюлетень про приватизацію. — 2003. — №7. — С. 53—57.
73. Наказ Фонду Державного майна України «Про затвердження Класифікатора державного майна» [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0461224-06>
74. Національний банк України [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://nbu.gov.ua>
75. Недвижимость личного пользования (классификация и методы оценки) / Я. И. Маркус, О. И. Охтеня, Ю. В. Крумелис, М. Н. Тимошенко. — К. : 2008. — 164 с.
76. Недосекин А. О. Комплексная оценка риска банкротства корпорации на основе нечётких описаний [Электронный ресурс] / А. О. Недосекин. — Режим доступа: <http://sedok.narod.ru/sc-group.htm>.
77. Оценка недвижимости: Учебник / Под ред. А. Г. Грязновой, М. А. Федотовой. — М. : Финансы и статистика, 2002. — 496 с.

78. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка / Э. Петерс. — М. : Мир, 2000. — 333 с.

79. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках / И. Пригожин. — М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. — 327 с.

80. Прогнозирование и планирование в условиях рынка : [учеб. пособ. для студентов вузов / под ред. Т. Г. Морозовой, А. В. Пикулькина]. — М. : ЮНИТИ-Дана, 2009. — 318 с.

81. Прогнозування соціально-економічних процесів: сучасні підходи та перспективи : монографія / під ред. О. І. Черняка, П. В. Захарченко. — Бердянськ : Видавець Ткачук О. В., 2011. — 456 с.

82. Рейкін В. С. Застосування теорії нечіткої логіки для прогнозування ціноутворення на ринку житлової нерухомості / В. С. Рейкін, С. Я. Войтович // Культура народів Причорномор'я. — 2009. — №163. — С. 34—39.

83. Семяновський В. М. Методи соціально-економічного прогнозування : навч. посіб. / В. М. Семяновський. — К. : Бізнес Медіа Консалтинг, 2011. — 300 с.

84. Сергеева Л. Н. Современные методы анализа экономических временных рядов и построения прогнозных моделей / Л. Н. Сергеева, В. А. Перепелица, Н. К. Максишко // Экономическая кибернетика. — 2005. — № 1—2 (31—32). — С. 73—79.

85. Сергеева Л. Н. Нелинейная экономика: модели и методы : монография / Л. Н. Сергеева ; науч. ред. проф. Ю. Г. Лысенко. — Запорожье : «Полиграф», 2003. — 218 с.

86. Сивец С. А. Статистические методы в оценке недвижимости и бизнеса / С. А. Сивец. — Запорожье : Полиграф, 2001. — 320 с.

87. Сивец С. А. Эконометрическое моделирование в оценке недвижимости: [Учеб.-практ. пособие для оценщиков] / С. А. Сивец, И. А. Левыкина. — Запорожье : Полиграф, 2003. — 219 с.

88. Ситнік В. Ф. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг) : навч. посіб. / В. Ф. Ситнік, М. Т. Краснюк. — К. : КНЕУ, 2007. — 376 с.
89. Соловйов В. М. Прогнозування фінансово-економічних часових рядів з застосуванням ланцюгів Маркова та Фур'є / В. М. Соловйов, В. М. Сапцін, Д. М. Чабаненко // Прогнозування соціально-економічних процесів : сучасні підходи та перспективи : монографія / під ред.: О. І. Черняка, П. В. Захарченка. — Бердянськ : Вид. Ткачук О. В., 2011. — С. 141—155.
90. Соловйова В. В. Моніторинг та прогнозування можливих тенденцій розвитку фондового ринку України / В. В. Соловйова // Культура народів Причорномор'я, № 205, 2011 р. — С. 213—216.
91. Соловйова В. В. Порівняльний аналіз динаміки фондового ринку України з використанням фрактальних мір складності / В. В. Соловйова // Вісник ЧНУ ім. Б.Хмельницького — 2012. Серія. Економічні науки, № 33 (246) 2012. — С. 51—58.
92. Соловйова В. В. Прогнозування кризових явищ в складних мережах // Прогнозування соціально-економічних процесів: сучасні підходи та перспективи. Монографія / За ред. д.е.н., проф. Черняка О. І. — Бердянськ, 2013. — С. 219—234.
93. Соловьев В. М. Использование классических методов и методов нелинейной динамики для анализа рынка недвижимости Украины в контексте глобального финансово-экономического кризиса / В. М. Соловьев, И. О. Стратийчук // Социальные факторы устойчивого инновационного развития экономики : тез. докл. II Междунар. науч.-практ. конф. (г. Минск, 22–23 сент. 2010 г.). — Минск, 2010. — С.156.
94. Сорнетте Д. Как предсказывать крахи финансовых рынков: критические события в комплексных финансовых системах / Д. Сорнетте. — М. : Интернет-трейдинг, 2003. — 400 с.
95. Стерник Г. М. Анализ рынка недвижимости для профессионалов / Г. М. Стерник, С. Г. Стерник. — М. : Экономика, 2010. — 601 с.

96. Тазетдинов В. А. Технология нейросетевого прогнозирования рынка недвижимости / В. А. Тазетдинов // Искусственный интеллект. — 2004. — № 3. — С. 593—597.

97. Тимохин В. Н. Методология моделирования экономической динамики : монография / В. Н. Тимохин ; науч. ред. проф. Ю. Г. Лысенко. — Донецк : ООО «Юго-Восток, Лтд», 2007. — 269 с.

98. Урсуленко О. В. Динаміка цін на ринку житлової нерухомості / О. В. Урсуленко // Економічний аналіз. — 2012. — Вип. 10, ч. 2. — С. 88—91.

99. Филатов Д. А. Применение нелинейной статистической модели Веге-Изинга для моделирования состояния финансовых рынков / Л. П. Яновский, Д. А. Филатов // Эконометрическое прогнозирование: модели и методы — 2005; Материалы Международной научно-практической конференции 29-30 апреля 2005г; в 2-х ч.-Воронеж: ВГУ Ч.2.2005. — С. 344—347.

100. Фридман Дж. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости. Пер. с англ. / Дж. Фридман. — М. : Дело, 2005. — 480 с.

101. Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен. — М. : Мир, 1980. — 403 с.

102. Харрисон Г. С. Оценка недвижимости (учебное пособие). Пер. с англ. / Г. С. Харрисон. — М. : РИО Мособлупрполиграфиздата, 2004. — 231 с.

103. Ходаківська В. П. Ринок фінансових послуг: Навчальний посібник / В. П. Ходаківська, О. Д. Данілов. — Ірпінь : Академія ДПС України, 2001. — 501 с.

104. Холден К. Економічне прогнозування : вступ / К. Холден, Д. А. Піл, Дж. Л. Томпсон ; пер. з англ. — К. : Інформтехніка-ЕМЦ, 2006. — 216 с.

105. Цыганенко В. С. Экономика рынка недвижимости [Уч. пособ.] / В.С. Цыганенко. — СПб.: СПб ГУИТМО, 2008. — 120 с.

106. Чадранцев А. В. Определение "прогнозируемости" экономических процессов : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. экон. наук : спец. 08.00.13

«Математические и инструментальные методы экономики» / А. В. Чадранцев; [Ставроп. гос. ун-т]. — Ставрополь, 2005. — 28 с.

107. Чеверда С. С. Застосування алгоритму послідовного R/S -аналізу для обґрунтування методів прогнозування курсів валют / Н. К. Максишко, Т. В. Заховалко, С. С. Чеверда // Тези доповідей XII Всеукр. наук.-метод. конф. [«Проблеми економічної кібернетики»], (Львів, 3—5 жовт. 2007 р.). — Львів : ТЗОВ «ЗУКЦ», 2007. — С. 232—233.

108. Чеверда С. С. Моделювання впливу фундаментальних факторів на довірчий інтервал прогнозу динаміки цін на ринку енергоносіїв / С. С. Чеверда, Н. К. Максишко // Вісник Запорізького національного університету. — Запоріжжя : ЗНУ, 2013. — № 1. — С. 92—100.

109. Чеверда С. С. Система комплексної комп'ютерної підтримки аналізу та прогнозування економічної динаміки / Н. К. Максишко, С. С. Чеверда // Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. праць / відп. ред. В. К. Галіцин. — 2010. — Вип. 81. — С. 74—88.

110. Чернов В. Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств / В. Г. Чернов. — М. : Горячая линия — Телеком, 2007. — 312 с.

111. Шаповалова В. О. Актуальність використання нейротехнології для прогнозування поведінки часового ряду / В. О. Шаповалова, І. В. Козін // Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції «Трансформаційні процеси в економіці держави та регіонів» (13-14 жовтня 2010 року). — Запоріжжя : ЗНУ, 2010. — С. 161—163.

112. Шаповалова В. О. Використання нейромереж для моделювання ціни на нерухомість / В. О. Шаповалова, І. В. Козін // Інноваційні ідеї молоді в соціально-економічному розвитку України XXI століття : матеріали V Міжнародної студ. конф., 14-15 квіт. 2011 р. — Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2011. — Т.2. — С. 259—261.

113. Шаповалова В. О. Аналіз ринку нерухомості України з огляду теорій фінансового ринку / В. О. Шаповалова, Н. К. Максишко // Проблеми економіки.

— Харків : Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України. — 2013. — №3. — С. 31—39.

114. Шаповалова В. О. Дослідження прогнозованості динаміки ціни на нерухомість / В. О. Шаповалова, Н. К. Максишко // Тези IV Міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології та моделювання в економіці», 2013 р., м. Черкаси — Одеса. — Черкаси, 2013. — С. 32—33.

115. Шаповалова В. О. Дослідження ринку нерухомості методами інтелектуального аналізу даних / В. О. Шаповалова // Збірник наукових праць «Інформаційні технології та моделювання в економіці». — Черкаси, 2012. — С. 268—269.

116. Шаповалова В. О. Застосування імітаційного моделювання для аналізу ринку нерухомості / В. О. Шаповалова, О. О. Тюменцева // Матеріали VII Міжнародної студентської конференції «Управління соціально-економічним розвитком регіонів та держави». — Запоріжжя : ЗНУ, 2013. — С. 410—412.

117. Шаповалова В. О. Застосування когнітивного моделювання для аналізу та функціонування ринку нерухомості / В. О. Шаповалова, Н. К. Максишко // Вісник Східноукраїнського національного університету. — 2012. — № 10 (181). — С. 232—237.

118. Шаповалова В. О. Концепція прогнозування динаміки ціни на нерухомість на базі гібридного підходу / В. О. Шаповалова // Моделі управління в ринковій економіці. — Донецьк : ТОВ «Цифрова типографія», 2013. — № 12. — С. 316—327.

119. Шаповалова В. О. Моделювання ринку нерухомості України за допомогою прикладного імітаційного пакету Vensim / В. О. Шаповалова, О. О. Тюменцева // Матеріали Міжнародної конференції «Реформування та розвиток науки: сучасні виклики», частина III. — К. : Центр наукових публікацій, 2013. — С. 97—100.

120. Шаповалова В. О. Моделювання цін на нерухомість як чинник підвищення добробуту населення / В. О. Шаповалова, І. В. Козін //

Ціноутворення як основа забезпечення ефективності функціонування підприємств та чинник підвищення добробуту населення : [монограф. / за ред. А.В. Череп]. — Запоріжжя : Запорізький національний університет. — С. 230—237.

121. Шаповалова В. О. Особливості діагностики стану ринку нерухомості України / В. О. Шаповалова // Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Трансформаційні процеси в економіці держави та регіонів», Запоріжжя, 24 — 25 жовтня 2013 року. — Запоріжжя : ЗНУ, 2013. — С. 293—294.

122. Шаповалова В. О. Особливості застосування когнітивного моделювання для аналізу ринку нерухомості / В. О. Шаповалова // Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції «Трансформаційні процеси в економіці держави та регіонів». — Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2012.— С. 186—189.

123. Шаповалова В. О. Особливості прийняття рішень на регіональних ринках нерухомого майна України / В. О. Шаповалова // Вісник Запорізького національного університету. — Запоріжжя : Видавництво ЗНУ, 2013. — № 4. — С. 75—83.

124. Шаповалова В. О. Особливості ціноутворення ринку нерухомості в Україні / В. О. Шаповалова // Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет — конференції «Теоретико-методологічні і науково-практичні засади інвестиційного, фінансового та облікового забезпечення розвитку економіки». — Кам'янець — Подільський, 2011. — С. 279—281.

125. Шаповалова В. О. Передпрогнозний аналіз динаміки цін на ринку нерухомості України / В. О. Шаповалова, Н. К. Максишко // Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми розвитку економічної кібернетики», 29 листопада 2012 року. Київ — КНУТД. — С. 18—20.

126. Шаповалова В. О. Передпрогнозний аналіз динаміки ціни на ринку нерухомості України / В. О. Шаповалова // Моделі управління в ринковій

економіці. — Донецьк : ТОВ «Цифрова типографія», 2012. — № 12. — С. 335—347.

127. Шаповалова В.О. Аналіз динаміки часових рядів на нерухомість методами математичної статистики / В.О. Шаповалова, Н.К. Максишко // Тези доповідей. III Міжнародна науково-методична форум — конференція молодих економістів — кібернетиків «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід». — 4 — 5 жовтня 2012 року, М. Львів. — С. 102—104.

128. Шевчук В. О. Передумови та загрози «перегріву» ринку нерухомості та механізми його врегулювання / В. О. Шевчук // Стратегічні пріоритети. — № 1, 2006. — С. 118—127.

129. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка : монографія / А. В. Матвійчук. — К. : КНЕУ, 2011. — 439, [1] с.

130. Якимкин В. Н. Фундаментальный анализ / В. Н. Якимкин. — М. : Изд-во Омега-Л, 2008. — 640 с.

131. Яновский Л. П. Анализ состояния финансовых рынков на основе методов нелинейной динамики / Л. П. Яновский, Д. А. Филатов // Финансы и кредит. — 2005. — № 32. — С. 2—9.

132. Яновский Л. П. Теория и практическое использование гипотезы когерентных рынков на основе модели Вега-Изинга / Л. П. Яновский. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.gsom.spbu.ru/files/upload/niim/publishing/papers/2007/Yanovskiy.pdf>

133. Ярушкина Н. Г. Основы теории нечетких и гибридных систем : учеб. пособ. / Н. Г. Ярушкина. — М. : Финансы и статистика, 2004. — 320 с.

134. Colwell Peter F. Market Share in the Real Estate Brokerage Industry / P. F. Corwell // Real Estate Economics, American Real Estate and Urban Economics Association, vol. 14(4), 2012, P. 583—599.

135. Abelson M. Factors Influencing Real Estate Brokerage Sales Staff Performance / M. Abelson // Journal of Real Estate Research, American Real Estate Society, vol. 5(2), 2012, P. 265—276.

136. Capozza D. R. An Anatomy of Price Dynamics in Illiquid Markets: Analysis and Evidence from Local Housing Markets / D. R. Capozza, P. H. Hendershott, C. Mack // Real Estate Economics, American Real Estate and Urban Economics Association. — New York, 2004. — vol. 32(1). — P. 1—32.

137. Chen M. Investment demand and housing prices in an emerging economy / M. Chen // Journal of real estate research. — New York, 2012. — № 3. — P. 345—373.

138. Cootner P. The Random Character of stock Market Prices / P. Cootner. — Cambridge : MIT Press, 1964. — 325 p.

139. Geltner David M. Incentive commissions in residential real estate brokerage / David M. Gelthner // Journal of Housing Economics, Elsevier, vol. 2(2), 2013, P. 139—158.

140. Gene A. Marsh Agency Theory and the Changing Role of the Real Estate Broker: Conflicts and Possible Solutions / A. Marsh Gene // Journal of Real Estate Research, American Real Estate Society, vol. 3(2), 2011, P. 151—164.

141. Hurst H. The Nile: A General Account of the River and the Utilization of Its Waters / H. Hurst. — Constable, 1952. — 532 p.

142. Johnson Linda L. The Effect of State Licensing Regulations on the Real Estate Brokerage Industry / Johnson Linda L. // Real Estate Economics, American Real Estate and Urban Economics Association, vol. 14(4), 2013, P. 567—582.

143. Jud G. Donald Price Spreads and Residential Housing Market Liquidity / G. Donald Jud // The Journal of Real Estate Finance and Economics, Springer, vol. 11(3), 2012, P. 251—260.

144. Jud G. Donald Real Estate Brokers and the Market for Residential Housing / G. Jud // Real Estate Economics, American Real Estate and Urban Economics Association, vol. 11(1), 2013, P. 69—82.

145. Maksishko N.K. Modeling the dynamics of ukraine real estate market prices/ Maksishko N.K., Shapovalova V.A. // Dynamical System Modeling And Stability Investigation : XVI International Conference: modeling and stability:

Abstracts of conf. reports, Kiev, Ukraine, 29-31 may/ National Committee of Ukraine by Theoretical and Applied Mechanics. — Kiev, 2013. — C. 159.

146. Mandelbrot B. The Variation of Certain Speculative Prices / B. Mandelbrot. — Cambridge: MIT Press, 1964.

147. RETS Certification Status [Electronic resource] / PETS. — Access mode : <http://blog.realtors.org/crt/2008/12/11/rets-certification-status>.

148. Richins Marsha L. Strategic Orientation and Marketing Strategy: An Analysis of Residential Real Estate Brokerage Firms / Richins Marsha L. // Journal of Real Estate Research, American Real Estate Society, vol. 2(2), 2011, P. 41—54.

149. Ring A. Real Estate: Principles and practice / A. Ring. — Englewood Cliffs : Prentice Hall, 2002. — 450 с.

150. Shapovalova V. O. Analysis region features of real estate price dynamics in Ukraine / V. O. Shapovalova, N. K. Maksishko // Scientific letters of academic society of Michal Baludansky. — Slovakia, Košice : The TUKE. — № 1. — P. 129—133.

151. Shapovalova V. O. Identification coherent real estate market phase based on fuzzy model / V. O. Shapovalova, N. K. Maksishko // Вісник Запорізького національного університету. — Запоріжжя : Видавництво ЗНУ, 2014. — № 1. — С. 75—83.

152. Shapovalova V. O. Innovative approach to forecasting prices in real estate / V. O. Shapovalova, N. K. Maksishko // Journal L' Association 1901 "SEPIKE". — Poitiers, France, 2013. — P. 91—95.

153. Sirmans G. Stacy Determinants of Real Estate Licensee Income / G. Stacy Sirmans // Journal of Real Estate Research, American Real Estate Society, vol. 14(2), 2011, P. 137—154.

154. Standard & Poors [Electronic resource]. — Mode of access <http://www.standardandpoors.com/home/en/us>

155. Stindler F. Predictability and Persistence of the Price Movements of the S&P/Case-Shiller House Price Indices / F. Stindler // The Journal of Real Estate Finance and Economics forthcoming, 2012, P. 1—47.

156. Thair J. *Multivariate Data Analysis* / J. Thair // Global Edition, 7th Edition). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc., 2009, 325 p.

157. Vaga T. *The Coherent Market Hypothesis* / T. Vaga // *Financial Analysts Journal*. December/January, 1991, 642 p.

158. W. Miles *Boom–Bust Cycles and the Forecasting Performance of Linear and Non-Linear Models of House Prices* / W. Miles // *Journal of Housing and the Built Environment*, (36), 2012, 249—264 p.

159. Xia J. *Research on Short-term Forecasting Negotiable securities Based on Grey Networks Model* / J. Xia // *Industrial Technology & Economy*, 23(6), 2013, 324 p.

160. Yao H. *Analysis Complex of a kind of Investment in Real Estates Model* / H. Yao // *Statistics and Decision*, 2008 (1), P. 55—57.

161. Yavas A. *A Comparison of Real Estate Marketing Systems: Theory and Evidence* / Yavas A., Colwell P. F. // *Journal of Real Estate Research*, American Real Estate Society, vol. 10(5), 2012, P. 583—600.

162. Zadeh L. *Fuzzy Sets* / L. Zadeh // *Information and Control*. — 1965. — No 8. — P. 338—353.

ДОДАТКИ
ДОДАТОК А

ОСОБЛИВОСТІ РИНКУ НЕРУХОМОСТІ УКРАЇНИ

Таблиця А.1 – Систематизація трактувань поняття «ринок нерухомості»

Джерело	Визначення
Ринок нерухомості як система	
Патури Я. В. Экономика недвижимости : учебное пособие / Я. В. Патури. – Великий Новгород : НовГУ им. Ярослава Мудрого, 2002. – 66 с.	Система економічних відносин, за допомогою яких через динаміку сил попиту та пропозиції в певному «місці» здійснюється передача прав власності та пов'язаних з нею інтересів від продавця до покупця безпосередньо або через інститут посередництва, визначаються ціни та розподіляється простір між різноманітними конкуруючими варіантами використання об'єктів нерухомості в межах деякого замкнутого територіального простору.
Поліщук Є. А. Девелоперські компанії на ринку нерухомості: автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. екон. наук : спец. 08.00.08 «Гроші, фінанси і кредит» / Є. А. Поліщук. – К., 2009. – 23 с.	Система економічних відносин між покупцями/орендарями (формують попит), продавцями/орендодавцями (формують пропозицію) та професійними учасниками у процесі створення, обміну, максимізації прибутку, управління об'єктом нерухомості.
Татарова А. В. Оценка недвижимости и управление собственностью : учебное пособие / А. В. Татарова. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2003. – 70 с.	Система відносин навколо операцій з об'єктами нерухомості: купівлі-продажу нерухомості, іпотеки, здачі об'єктів нерухомості в оренду і т. ін.
Мухін О. О. Ринок нерухомості України: економічні та регіональні аспекти : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. екон. наук : спец. 08.10.01 «Розміщення продуктивних сил та регіональна економіка» / О.О.Мухін. – К., 2005. – 21 с.	Система відносин (прямих чи опосередкованих) між продавцями і покупцями (користувачами), яка діє на основі цінового механізму з урахуванням соціального значення, особливостей правового режиму привласнення, природних властивостей та родових ознак нерухомості й підпорядковується закономірностям функціонування як товарного, так і фінансового ринків
Фінагіна О. В. Розвиток ринку нерухомості України та проблеми його інформаційного забезпечення	Взаємозалежна система ринкових механізмів, що забезпечують створення, передачу, експлуатацію та фінансування нерухомого майна: земельних ділянок, житлових та нежитлових будинків, споруд, єдиних

Джерело	Визначення
/ О.В. Фінагіна // Модели управления в рыночной экономике. Сборник научных статей. – 2007. – №10. – С. 253–260	майнових комплексів підприємств як об'єктів нерухомості
Галаган Д.В. Ринок нерухомості як різновид інвестиційного ринку / Д. В. Галаган // Інвестиції: практика та досвід: науково-практичний журнал. – 2010. – №9. – С. 19–21.	Складна система соціально-економічних та правових відносин, що виникають між суб'єктами ринку з приводу створення нових об'єктів, використання існуючих та обігу прав на них.
Тарасевич Е. И. Анализ инвестиций в недвижимость / Е.И.Тарасевич. МКС. – СПб., МКС, 2000. – 360 с	Система організаційних заходів, за допомогою яких покупці і продавці зводяться разом для визначення конкретної ціни, за якою може відбутися обмін таким специфічним товаром, як нерухомість
Ринок нерухомості як механізм	
Гриненко С. В. Экономика недвижимости : конспект лекций / С. В. Гриненко : Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2004. – 107 с.	Це механізм через який поєднуються інтереси та права, встановлюються ціни на нерухомість.
Фридман Дж. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости. / Дж. Фридман, Н. Ордуэй ; [пер. с англ.] – М.: Дело Лтд, 1997. – 462 с.	Певний набір механізмів, за допомогою яких передаються права на власність і пов'язані з нею інтереси, встановлюються ціни і розподіляється простір між різними конкуруючими варіантами землекористування.
Ринок нерухомості як сектор (підсистема) національної економіки	
Манн Р. В. Діагностування впливу ринку нерухомості на розвиток національної економіки : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. екон. наук : 08.00.03 «Економіка та управління національним господарством» / Р. В. Манн. – Донецьк, 2008. – 23 с.	Окрема підсистема національної економіки, що підпорядкована діям основних законів ринкового механізму та впливає на розвиток соціально-економічних відносин у суспільстві і комплексно поєднує особливості багатьох галузей господарського комплексу країни
Асаул А.М. Економіка нерухомості : підручник / А. М. Асаул, І. А. Брижань, В. Я. Чевганова. – К. : Лібра, 2004. – 304 с.	Це сектор національної ринкової економіки, де присутні економічні суб'єкти, сукупність об'єктів, а також процеси виробництва (створення), споживання (використання), обміну об'єктів нерухомості і управління ринком, а також механізмів, що забезпечують функціонування ринку

Джерело	Визначення
Ринок нерухомості як сегмент фінансового ринку	
Еш С. М. Фінансовий ринок : навч. посіб. / С. М. Еш. – [2-ге вид.]. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 528 с.	Сегмент фінансового ринку, який розглядається як галузь вкладення капіталу в об'єкти нерухомості з метою отримання прибутку або ж з метою придбання нерухомості в особисту власність

Етапи еволюції ринку нерухомості в Україні

I етап (1992 – 1996 рр.) – утворення та формування ринку. Протягом цього етапу цінова динаміка була досить бурхливою. Внаслідок стрімкого зростання цін, протягом 1991 – 1993 рр. відбувся сплеск пропозиції на вторинному ринку. Спостерігалось значне перевищення попиту над пропозицією. У першій половині 90-х років показники кількості угод із купівлі-продажу нерухомості були найбільшими за всю історію існування ринку нерухомості України. Пік цін прийшовся на 1993 рік. Потім було певне падіння цін, яке припинилося починаючи з 1995 р.

II етап (1997 р. – перша половина 1998 р.) – період цінової стабілізації, яка, передусім, стосувалася Києва. Потенційні покупці та інвестори вже задовольнили свої потреби, почався вторинний перепродаж нерухомості. Це супроводжувалося зниженням кількості операцій на ринку. При цьому ціни все ще зростали, хоча й значно меншими темпами, ніж протягом 1995 – 1996 рр.

III етап (друга половина 1998 р. – 2000 р.) – період стрімкого зниження цін. Особливо відчутним падіння цін було протягом другої половини 1998 р. та в 1999 р. У 2000 р. падіння уповільнилося. Кількість операцій теж зменшувалася (продовжуючи тенденцію попереднього етапу). У 1999 р. порівняно з 1996 р. кількість операцій на ринку Києва, як і по Україні в цілому, знизилася майже на 1/3. Однак, це стрімке падіння цін зумовило поступове збільшення попиту, яке почало спостерігатися у 2000 р.

IV етап (січень – серпень 2001 р.) – початок поступового зростання цін. У ці вісім місяців 2001 р. ціни на нерухомість почали повільно зростати, передусім у Києві. Це було зумовлене процесами минулого етапу.

V етап (вересень 2001 р. – 2004 р.) – різке та тривале зростання цін. Більшість спеціалістів вважає, що цей етап почався із сумних подій в Нью-Йорку 11 вересня 2001 р. Занепокоєність людей щодо стабільності економіки США та американського долара спричинили значний перетік капіталу на ринок нерухомості. У 2002 – 2004 рр. вплив цього фактору, звичайно, зменшився, але почали діяти інші: зростання економіки, підвищення платоспроможного попиту, зростання обсягів здійснення банками іпотечного кредитування. І, як наслідок, значне прискорення зростання цін у доларах США на ринку житла, особливо в Києві.

VI етап (2004 р. – 2008 р.) – тотальне зростання цін на нерухомість під тиском політичних, економічних та інших факторів призвело до того, що вартість квартир за ці 4 роки зросла по містах України в 5-6 разів. Для середнього громадянина придбання 1-кімнатної квартири за 16-25 тис. дол. США стало недосяжною реальністю (рівень річної середньої заробітної плати в Україні на середину 2005 р. складав 1300-1500 дол. США і зріс за зазначений період лише в 2-2,5 раза). На початку вересня 2008 року (тобто десь перед офіційним приходом кризи в Україну), середня ціна пропозиції столичної нерухомості досягла історичного піку – \$ 3628 за кв. м.

VII етап (2009 р. і до сьогодні) – спостерігається стрімке зниження цін на нерухомість. Увесь 2009-й рік ринок квартир і приміщень для офісів по країні і в столиці стрімко летить донизу, в результаті чого в середині року був досягнутий рекордний мінімум кількості угод купівлі-продажу (близько 150 операцій). У другій половині найбільш «хворобливого» 2009 року експерти поспішили запевнити, що цінове дно досягнуте, і слід чекати розвороту. Проте, очікуваного зростання не відбулося ні у 2009, ні у 2010 році. Як не дивно, 2011 рік також не відрізнявся істотними змінами цін у бік подорожчання житла. Хоча в 2016 році зросла кількість угод купівлі-продажу житла. Так у Києві у

2016 році було продано майже 18 тис квартир – на 30% більше, ніж у 2015 році. А це свідчити про хоча і невелике, проте пожвавлення попиту і поліпшення платоспроможності населення.

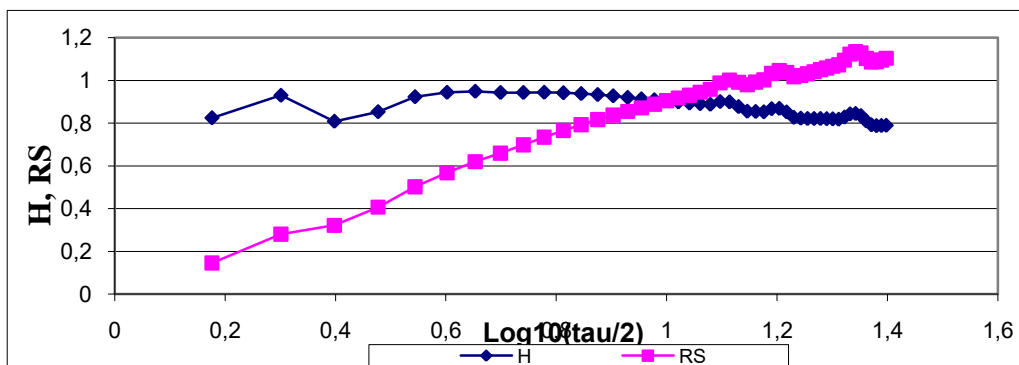
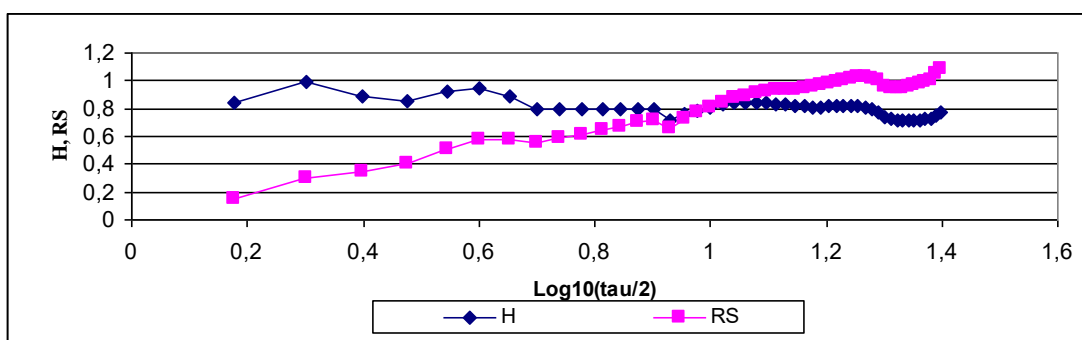
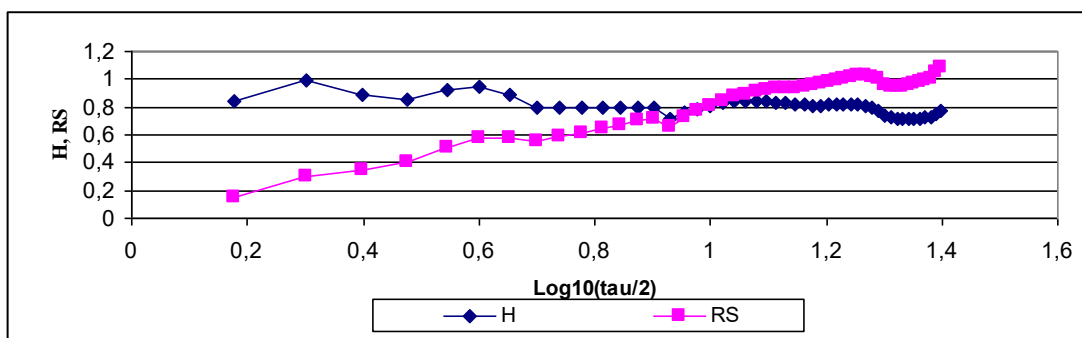
Таблиця А.2 – Цілі аналітичної діяльності на ринку нерухомості

Суб'єкт	Вид аналізу	Мета
<p>Інституційні учасники</p> <ul style="list-style-type: none"> – органи Державної реєстрації прав на нерухомість і угод з нею – земельні органи, що займаються інвентаризацією землі, створенням земельного кадастру, зонуванням територій – органи архітектури та містобудування (затвердження та погодження містобудівних планів забудови територій, видача дозволів на будівництво – органи експертизи містобудівної та проектної документації – тощо 	галузевий	<ul style="list-style-type: none"> – здійснення державного регулювання всіх видів ринку нерухомості, розроблення та вдосконалення законодавчих і нормативних актів (визначення процедур проведення операцій, розмірів державного мита, ставок податків на ті чи інші доходи на цьому ринку тощо); – розроблення державної житлової політики (житлове забезпечення соціально незахищених верств населення, визначення розмірів субсидій на оплату житлово-комунальних послуг, утримання та експлуатації державного житлового фонду); – диференціювання плати за землю на різних територіях виходячи з ринкової кон'юнктури території розташування; – облік власників об'єктів нерухомості (процес створення Єдиного реєстру власників нерухомості); – сприяння раціональному використанню наявних земель та забудов;
	оціночний	<ul style="list-style-type: none"> – оподаткування, нарахування і сплата інших обов'язкових платежів згідно із законодавством України; – збільшення надходжень до бюджету;
	інвестиційний	<ul style="list-style-type: none"> – визначення ризиків та ефективності операцій на ринку нерухомості; – оцінювання частини «тіньової» економіки, пов'язаної з ринком нерухомості (часто трапляються випадки, коли житлову нерухомість купують на «тіньові» прибутки, а також існують різні форми укриття

Суб'єкт	Вид аналізу	Мета
		<p>прибутків, отриманих на ринку житла);</p> <ul style="list-style-type: none"> – підвищення інвестиційної привабливості вітчизняного ринку нерухомості та країни загалом;
<p>Професійні учасники</p> <ul style="list-style-type: none"> – підприємці – інвестори – ріелтори (брокери) – забудовники – девелопери – редевелопери – замовники – страховики – проектувальники – оцінщики – фінансисти (банкіри) – аналітики – учасники фондового ринку – маркетологи – фахівці інформаційних технологій – юристи – фахівці з підвищення кваліфікації персоналу – тощо 	<p>галузевий</p>	<ul style="list-style-type: none"> – уявлення про конкурентне середовище на первинному та вторинному ринках нерухомості; – аналіз кон'юнктури ринку, особливостей попиту і пропозиції дозволяє знайти привабливі сегменти ринку; – залежно від стану ринку прогнозування показників діяльності пов'язаних компаній;
	<p>оціночний</p>	<ul style="list-style-type: none"> – визначення справжньої вартості конкретного об'єкту;
	<p>інвестиційний</p>	<ul style="list-style-type: none"> – визначення ризиків та ефективності операцій на ринку нерухомості з метою інвестування або спекулятивної діяльності; – аналіз прибутковості дозволяє оцінити привабливість цього ринку в порівнянні з іншими; – доцільність інвестування в будівництво нового чи реконструкцію існуючих об'єктів;
	<p>корпоративний</p>	<ul style="list-style-type: none"> – розробка цінової, тарифної, преїскурантної політики підприємства, фірми; – вивчення складу потенційних покупців і продавців допомагає виробити оптимальну рекламну політику;
<p>споживчий</p>	<ul style="list-style-type: none"> – коли вигідніше і де купувати нерухомість, якою буде її ціна через певний проміжок часу; – законодавчі зміни стосовно нерухомого майна й операцій з ним. 	

ДОДАТОК Б

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ
ДИНАМІКИ ЦІНИ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО МЕТОДАМИ
КОМПЛЕКСНОГО ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Рис. Б.1. R/S -траєкторія та H траєкторія для ЧР P^6 Рис. Б.2. R/S -траєкторія та H траєкторія для ЧР RP^6 Рис. Б.3. R/S -траєкторія та H траєкторія для ЧР MP^6

Результати комплексного фрактального аналізу

Обласний центр	Часовий ряд	Показники оцінювання системних характеристик динаміки								
		Інз	Іцт	е	Іmax	Іецт	Тау	Нентр_L	Неентр_L	SH(X)
Київ	P	3	5,4036842	0,3	8	4,21125	0,5384615	4,2759174	1,2248924	0,7135369
	RP	3	5,5036842	0,3	8	4,22125	0,5833333	3,7674132	1,2248924	0,6748718
	MP	3	5,5736842	0,3	8	4,28125	0,56345	3,336785	1,2245673	0,664532
Дніпропетровськ	P	4	5,3936842	0,3	9	4,19125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	RP	4	5,4736842	0,3	9	4,21125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	MP	4	5,5736842	0,3	9	4,28125	0,5897547	3,0007587	1,5156784	0,52983
Донецьк	P	4	5,3936842	0,3	9	4,20125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	RP	4	5,4936842	0,28	9	4,21125	0,5971053	3,0193109	1,505073	0,52983
	MP	4	5,5736842	0,23	9	4,28125	0,5671053	2,9943109	1,500073	0,52983
Львів	P	4	5,4636842	0,3	9	4,23125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	RP	4	5,4836842	0,28	9	4,24125	0,5971053	2,9943109	1,485073	0,52983
	MP	4	5,5736842	0,235	9	4,28125	0,5721053	2,9943109	1,480073	0,52983
Одеса	P	4	5,4336842	0,3	9	4,11125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	RP	4	5,5136842	0,255	9	4,18125	0,6271053	3,0093109	1,525073	0,52983
	MP	4	5,5736842	0,255	9	4,28125	0,6221053	2,9743109	1,495073	0,52983
Харків	P	4	5,4936842	0,3	9	4,19125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	RP	4	5,5236842	0,275	9	4,24125	0,6371053	3,0143109	1,530073	0,52983
	MP	4	5,5736842	0,265	9	4,28125	0,5921053	2,9843109	1,485073	0,52983
Сімферополь	P	4	6,4136842	0,3	9	4,10125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	RP	4	6,4836842	0,28	9	4,20125	0,6121053	2,9843109	1,490073	0,52983
	MP	4	6,5736842	0,27	9	4,28125	0,6121053	2,9443109	1,490073	0,52983
Вінниця	P	4	6,5136842	0,3	9	4,11125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	RP	4	6,5736842	0,22	9	4,19125	0,5521053	3,0043109	1,450073	0,52983
	MP	4	6,5736842	0,19	9	4,28125	0,5321053	3,0043109	1,400073	0,52983
Луцьк	P	4	6,4536842	0,3	9	4,24125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52983
	RP	4	6,5036842	0,3	9	4,24125	0,6321053	2,9843109	1,440073	0,52483
	MP	4	6,5736842	0,28	9	4,28125	0,5721053	2,9243109	1,440073	0,52483
Житомир	P	4	6,5036842	0,3	9	4,17125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,52483
	RP	4	6,5736842	0,29	9	4,20125	0,5421053	3,0143109	1,520073	0,51483
	MP	4	6,5736842	0,21	9	4,28125	0,4421053	2,9343109	1,450073	0,51483
Ужгород	P	4	6,4836842	0,3	9	4,19125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,50983
	RP	4	6,5436842	0,21	9	4,26125	0,6221053	3,0343109	1,440073	0,50983
	MP	4	6,5736842	0,2	9	4,28125	0,5521053	2,9443109	1,340073	0,50983
Запоріжжя	P	4	6,5136842	0,3	9	4,15125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,49983
	RP	4	6,5536842	0,3	9	4,23125	0,6321053	2,9643109	1,450073	0,49983
	MP	4	6,5736842	0,26	9	4,28125	0,5721053	2,8643109	1,450073	0,49983
Івано-Франківськ	P	4	6,5536842	0,3	9	4,15125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,49983
	RP	4	6,5536842	0,25	9	4,19125	0,5721053	2,9943109	1,490073	0,4976439
	MP	4	6,5736842	0,19	9	4,28125	0,4921053	2,9943109	1,470073	0,48983
Кіровоград	P	4	6,5236842	0,3	9	4,27125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,48983
	RP	4	6,5736842	0,3	9	4,27125	0,5721053	2,9743109	1,470073	0,48483

Обласний центр	Часовий ряд	Показники оцінювання системних характеристик динаміки								
		Інз	Іцт	е	Іmax	Іецт	Тау	Нентр_L	Неентр_L	SH(X)
	MP	4	6,5736842	0,26	9	4,28125	0,4721053	2,8943109	1,470073	0,47483
Луганськ	P	4	6,5436842	0,3	9	4,17125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,47483
	RP	4	6,5536842	0,22	9	4,21125	0,5721053	3,0043109	1,520073	0,46983
	MP	4	6,5736842	0,21	9	4,28125	0,5321053	2,9043109	1,470073	0,46983
Миколаїв	P	4	6,4836842	0,3	9	4,21125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,46983
	RP	4	6,5036842	0,2	9	4,26125	0,5921053	3,0043109	1,510073	0,45983
	MP	4	6,5736842	0,11	9	4,28125	0,4921053	2,9343109	1,410073	0,45983
Полтава	P	4	6,4036842	0,3	9	4,14125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,45983
	RP	4	6,4836842	0,2	9	4,18125	0,6421053	2,9843109	1,480073	0,44983
	MP	4	6,5736842	0,17	9	4,28125	0,5621053	2,9243109	1,440073	0,44983
Рівне	P	4	6,5336842	0,3	9	4,21625	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,44983
	RP	4	6,5536842	0,3	9	4,26625	0,6121053	2,9943109	1,500073	0,44983
	MP	4	6,5736842	0,22	9	4,28125	0,5221053	2,9243109	1,400073	0,44983
Суми	P	4	6,5136842	0,3	9	4,22125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,43983
	RP	4	6,5436842	0,3	9	4,27125	0,6221053	2,9543109	1,530073	0,43983
	MP	4	6,5736842	0,29	9	4,28125	0,5721053	2,8843109	1,510073	0,43983
Тернопіль	P	4	6,5386842	0,3	9	4,20125	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,43983
	RP	4	6,5536842	0,25	9	4,23625	0,6421053	3,0243109	1,520073	0,43983
	MP	4	6,5736842	0,15	9	4,28125	0,6121053	2,9443109	1,430073	0,42983
Херсон	P	4	6,5336842	0,3	9	4,18625	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,42983
	RP	4	6,5436842	0,27	9	4,23125	0,6121053	3,0343109	1,510073	0,42983
	MP	4	6,5736842	0,25	9	4,28125	0,5521053	2,9443109	1,490073	0,42983
Хмельницький	P	4	6,5086842	0,3	9	4,24625	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,42983
	RP	4	6,5586842	0,25	9	4,25125	0,6421053	2,9743109	1,440073	0,41983
	MP	4	6,5736842	0,21	9	4,28125	0,6321053	2,9443109	1,440073	0,41983
Черкаси	P	4	6,4537688	0,3	9	4,01347	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,41983
	RP	4	6,5736842	0,25	9	4,28125	0,6321053	2,9443109	1,470073	0,40983
	MP	4	6,5736842	0,23	9	4,28125	0,5921053	2,8943109	1,410073	0,39983
Чернігів	P	4	6,2512544	0,3	9	4,78652	0,6421053	3,0343109	1,530073	0,39983
	RP	4	6,754524	0,3	9	5,2857143	0,5721053	3,0243109	1,440073	0,37983
	MP	4	6,752548	0,3	9	5,2857143	0,4921053	2,9843109	1,380073	0,34983

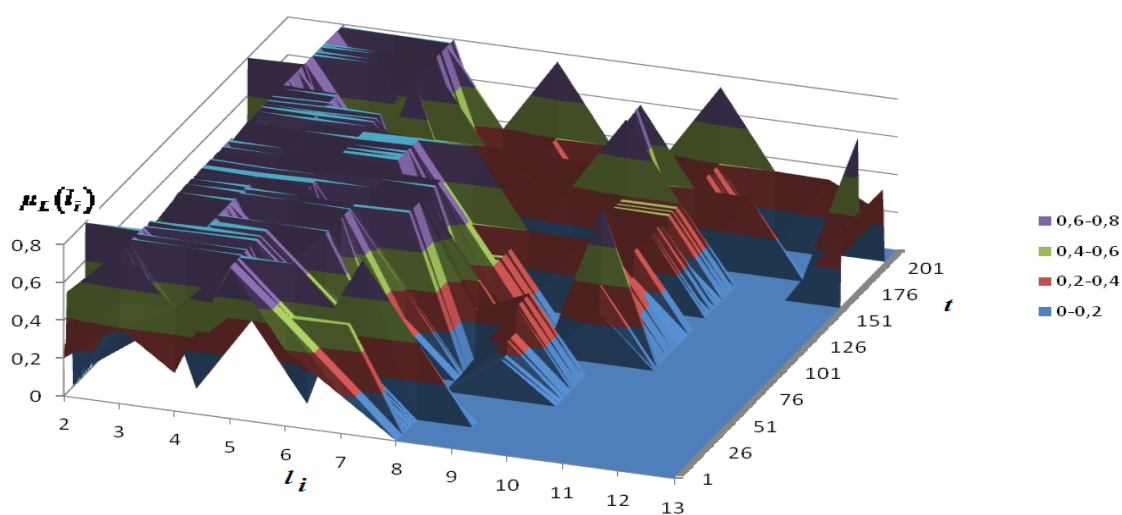


Рис. Б.4. Візуальне представлення нечіткої динаміки глибини пам'яті часового ряду дохідності ціни на нерухоме майно з січня 1991 року по грудень 2013 року

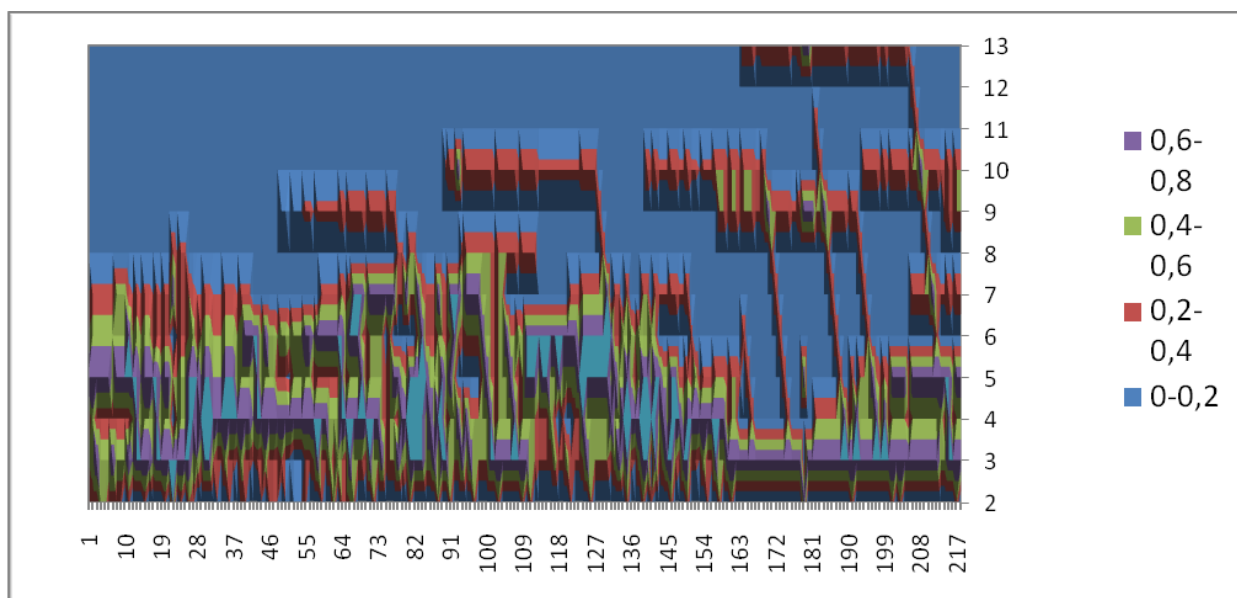


Рис. Б.5. Візуальне представлення нечіткої динаміки глибини пам'яті часового ряду дохідності ціни на нерухоме майно з січня 1991 року по грудень 2013 року
(переріз поверхні)

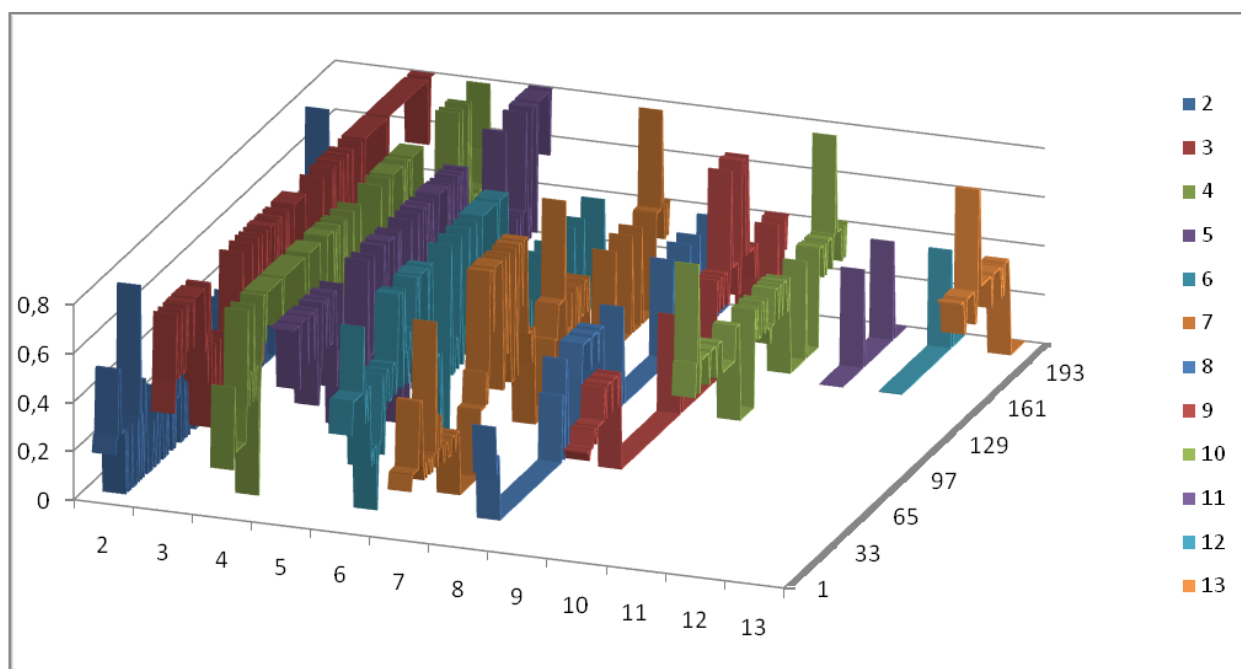


Рис. Б.6. Візуальне представлення нечіткої динаміки глибини пам'яті часового ряду дохідності ціни на нерухоме майно в розрізі елементів базової множини

ДОДАТОК В

**ДИНАМІКА МАКРОЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗА 2002-2013 РР. ДЛЯ УКРАЇНИ
ТА КОРЕЛЯЦІЯ МІЖ НИМИ**

Таблиця В.1

Динаміка основних макроекономічних показників розвитку України з 2002 по 2013 рр.

№	Показник	Рік											
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0	Середня ціна на ринку нерухомості м. Києва, \$ за кв. м.	551,3	696,25	959,7	1364,8	2039,1	3071,75	3455,7	2535,33	1620,58	1795,7	1831,33	1930,7
1	ВВП, млрд. грн.	225,8	267,3	345,1	441,5	544,2	720,7	948,1	913,3	1082,6	1302,1	1411,2	1454,9
2	Населення, тис	48003,5	47622,4	47280,8	46929,5	46646	46372,7	46143,7	45926,7	45778,5	45633,6	45553	45426,2
3	ВВП на одну особу, грн.	4704	5613,8	7299,2	9406,7	11665,6	15542,1	20545,7	19871,4	23648	28 852	30928,6	32028,5
4	Експорт товарів та послуг, млн.\$	22012,4	27328,2	37980,2	40421,5	45873,2	8989,2	78696,7	49223,7	63067,1	82 107,40	82337,4	76126,5
5	Імпорт товарів та послуг, млн.\$	18508	24409,2	31004,1	39052	48846,9	4878,3	92181,2	50604,4	66180,2	88 854,90	91364,4	84602,3

Продовження таблиці В.1

№	Показник	Рік											
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
6	Сальдо	3504,4	2919	6976,1	1369,5	-2973,7	4110,9	-13484,5	-1380,7	-3113,1	-6747,5	-9027	-8475,8
7	Середньорічний курс, грн за 100 \$	532,66	533,27	531,92	512,47	505	505	526,72	779,12	793,56	796,76	799,1	799,3
8	Середньорічний курс, грн за 100 євро	503,01	602,44	660,94	638,99	633,69	691,79	770,8	1086,79	1053,29	1109,18	1027,06	1061,22
9	Індекс споживчих цін, %	99,4	108,2	112,3	110,3	111,6	116,6	122,3	112,3	109,1	104,6	99,8	100,5
10	Індекс цін виробників, %	105,7	111,1	124,1	109,5	114,1	119,5	135,5	106,5	118,7	114,2	100,4	101,7
11	Індекс цін на будівництво, %	102,1	109,3	120,2	125,6	123,5	123,1	135,3	111,3	115,8	119,4	112,6	104,5
12	Обсяг промислової продукції, млрд грн	171,21	220,61	326,54	385,4	460,37	600,1	779,13	664,78	889,1	1118,74	1115,22	1109,42
13	Обсяг сільської продукції, млрд грн	64,38	64,473	83,5	92,536	94,3	109,85	150,85	153,8	184,94	265,1	258,27	308,1

Продовження таблиці В.1

№	Показник	Рік											
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
14	Прийняття в експлуатацію площі житла, тис. кв. м.	6073,7	6433,5	7566	7815,9	8628,4	10243,7	10495,6	6399,6	9339,3	9410,4	10749,5	11217,2
15	Обсяг виконаних будівельних робіт, млн грн	16873,3	21560,3	31499,2	40024,9	38030,8	53524,6	64362,6	37886,8	43174,9	60454,3	62280	58879,8
16	Середньомісячна номінальна заробітна плата одного працівника, грн	376,38	550,95	589,62	806,18	1041,44	1351	1806	1906	2239	2633	3025	3265
17	Заборгованість із виплати заробітної плати, млн грн	2389	1949	817,6	959,7	806,4	668,7	1123,5	1473,3	1218,1	977,4	1005,1	1019,4
18	Кількість зареєстрованих безробітних, тис. осіб	1034,2	988,9	981,8	881,5	759,5	662,8	844,9	531,6	544,9	482,8	564,5	487,7
19	Інвестиції у капітальне будівництво, млн грн	24899	34515	51106	62085	87484	133339	162146	110371	110212	144307	382310,2	347789

Продовження таблиці В.1

№	Показник	Рік											
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
20	Надані кредити, млрд грн	42,228	67,892	88,615	143,423	245,23	426,867	734,022	723,295	732,823	801,809	815,142	849,578
21	Обсяг іпотечних кредитів, млрд грн	0,3	1,5	2,7	3,5	15,2	40,8	88,4	98,8	82	70,4	58,4	54,9
22	Міграційний приріст	-33791	-24210	-7615	4583	14245	16838	14879	13447	16133	17096	61844	31913

Таблиця В.2

Кореляційна матриця між показниками таблиці В.1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0	1																						
1	0,47	1,00																					
2	-0,61	-0,96	1,00																				
3	0,47	1,00	-0,96	1,00																			
4	0,28	0,83	-0,76	0,83	1,00																		
5	0,34	0,83	-0,77	0,83	1,00	1,00																	
6	-0,54	-0,79	0,74	-0,78	-0,89	-0,93	1,00																
7	0,08	0,84	-0,78	0,84	0,70	0,67	-0,51	1,00															
8	0,34	0,91	-0,91	0,91	0,75	0,73	-0,60	0,95	1,00														
9	0,63	-0,24	0,03	-0,25	-0,19	-0,16	0,02	-0,49	-0,23	1,00													
10	0,42	-0,20	0,09	-0,20	-0,02	-0,01	-0,05	-0,45	-0,24	0,84	1,00												
11	0,59	-0,04	-0,13	-0,05	0,12	0,14	-0,22	-0,41	-0,15	0,82	0,78	1,00											
12	0,47	0,99	-0,96	0,99	0,84	0,84	-0,78	0,82	0,89	-0,22	-0,14	0,03	1,00										
13	0,29	0,97	-0,88	0,97	0,83	0,82	-0,73	0,86	0,88	-0,41	-0,31	-0,18	0,96	1,00									
14	0,60	0,77	-0,76	0,77	0,60	0,63	-0,69	0,35	0,48	0,05	0,15	0,32	0,79	0,71	1,00								
15	0,73	0,85	-0,86	0,85	0,72	0,74	-0,78	0,45	0,63	0,14	0,16	0,42	0,87	0,77	0,91	1,00							
16	0,42	1,00	-0,94	1,00	0,82	0,82	-0,77	0,86	0,91	-0,30	-0,26	-0,12	0,98	0,98	0,75	0,81	1,00						
17	-0,53	-0,40	0,56	-0,40	-0,29	-0,28	0,22	-0,07	-0,29	-0,37	-0,30	-0,62	-0,45	-0,33	-0,66	-0,66	-0,37	1,00					
18	-0,48	-0,90	0,94	-0,90	-0,60	-0,60	0,55	-0,84	-0,92	0,19	0,28	0,09	-0,89	-0,84	-0,59	-0,69	-0,89	0,44	1,00				
19	0,36	0,86	-0,76	0,85	0,68	0,70	-0,70	0,63	0,64	-0,37	-0,37	-0,15	0,83	0,85	0,79	0,76	0,88	-0,37	-0,66	1,00			
20	0,60	0,96	-0,96	0,96	0,80	0,82	-0,81	0,81	0,92	-0,06	-0,06	0,04	0,95	0,89	0,70	0,83	0,95	-0,34	-0,89	0,75	1,00		
21	0,69	0,77	-0,82	0,77	0,64	0,66	-0,69	0,69	0,83	0,21	0,15	0,16	0,76	0,64	0,46	0,66	0,74	-0,21	-0,76	0,46	0,91	1,00	
22	0,55	0,85	-0,88	0,85	0,68	0,69	-0,67	0,60	0,70	-0,09	-0,19	0,18	0,85	0,77	0,80	0,85	0,84	-0,65	-0,78	0,87	0,79	0,59	1,00

Таблиця В.3

Зв'язок між показниками таблиці В.1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0	1,00																						
1	низ	1,00																					
2	ср	сил	1,00																				
3	низ	сил	сил	1,00																			
4	низ	сил	сил	сил	1,00																		
5	низ	сил	сил	сил	сил	1,00																	
6	ср	сил	сил	сил	сил	сил	1,00																
7	низ	сил	сил	сил	ср	ср	ср	1,00															
8	низ	сил	сил	сил	сил	сил	ср	сил	1,00														
9	Ср	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	1,00													
10	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	сил	1,00												
11	Ср	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	сил	сил	1,00											
12	низ	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	низ	низ	низ	1,00										
13	низ	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	низ	низ	низ	сил	1,00									
14	Ср	сил	сил	сил	ср	ср	ср	низ	низ	низ	низ	низ	сил	сил	1,00								
15	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	низ	ср	низ	низ	низ	сил	сил	сил	1,00							
16	низ	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	низ	низ	низ	сил	сил	сил	сил	1,00						
17	ср	низ	ср	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	низ	ср	низ	низ	ср	ср	низ	1,00					
18	низ	сил	сил	сил	ср	ср	ср	сил	сил	низ	низ	низ	сил	сил	ср	ср	сил	низ	1,00				
19	низ	сил	сил	сил	ср	ср	ср	ср	ср	низ	низ	низ	сил	сил	сил	сил	сил	низ	ср	1,00			
20	Ср	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	сил	низ	низ	низ	сил	сил	ср	сил	сил	низ	сил	сил	1,00		
21	Ср	сил	сил	сил	ср	ср	ср	ср	сил	низ	низ	низ	сил	ср	низ	ср	сил	низ	сил	низ	сил	1,00	
22	Ср	сил	сил	сил	ср	ср	ср	ср	сил	низ	низ	низ	сил	сил	сил	сил	сил	ср	сил	сил	сил	ср	1,00

де

сил	сильний зв'язок	коефіцієнт кореляції $(0,7 ; 1]$
ср	середній зв'язок	коефіцієнт кореляції $(0,5 ; 0,7]$
низ	низький зв'язок	коефіцієнт кореляції $[0 ; 0,5]$
<u>низ</u>	підкреслення означає зворотній зв'язок (від'ємний коефіцієнт кореляції)	

АНКЕТИ ДЛЯ ОПИТУВАННЯ ЕКСПЕРТІВ

Інформація про експерта

1. Район/місто, де проводилось дослідження _____
2. П.І.Б. респондента (експерта) _____
3. Посада експерта, організація, яку представляє _____

*На вашу думку, який вплив мають політичні фактори на динаміку
ціни на нерухомість України?
(замалювати вірний кружечок)*

1. Довіра до влади:

Збільшен Зменшен Немає

Немає Дуже

Коментар _____

2. Вибори вдали:

Збільшен Зменшен Немає

Президентські вибори:

Немає Дуже

Коментар _____

Парламентські вибори:

Немає Дуже

Коментар _____

3. Зміни в законодавстві:

Збільшен Зменшен Немає

Програми доступне житло, розвиток іпотечного кредитування:

Немає

Дуже

Коментар _____

Податкове законодавство з регулювання операцій на ринку нерухомості:

Немає

Дуже

Коментар _____

Нормативні акти, що регулюють угоди купівлі-продажу нерухомості:

Немає

Дуже

Коментар _____

Таблиця В.5

АНКЕТИ ДЛЯ ОПИТУВАННЯ ЕКСПЕРТІВ

Інформація про експерта

1. Район/місто, де проводилось дослідження _____

2. П.І.Б. респондента (експерта) _____

3. Посада експерта, організація, яку представляє _____

*На вашу думку, який вплив мають військові фактори на динаміку
ціни на нерухомість України?
(замалювати вірний кружечок)*

Вересень 20003	конфлікту між Росією та Україною за острів Тузла
-------------------	--

Збільшен Зменшен Немає

 Немає Дуже

Коментар _____

Листопад 2004	«Помаранчева революція»
---------------	-------------------------

Збільшен Зменшен Немає

 Немає Дуже

Коментар _____

Грудень 2005- Січень 2006	Газовий конфлікт з Росією
Грудень 2008 – Січень 2009	Газовий конфлікт з Росією

Збільшен Зменшен Немає

*Немає**Дуже*

Коментар _____

Травень 2008	Вступ України до Світової Організації Торгівлі
--------------	--

*Немає**Дуже*

Коментар _____

Листопад 2009	акції протесту проти банківського свавілля
---------------	--

*Немає**Дуже*

Коментар _____

Листопад 2010	Угода між Україною та Росією про продовження перебування Чорноморського флоту в Україні до 2042 р. («Харківські угоди»)
---------------	---

*Немає**Дуже*

Коментар _____

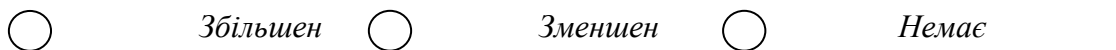
Листопад 2011	«Податковий майдан»
---------------	---------------------



*Немає**Дуже*

Коментар _____

Серпень 2009	Арешт лідера опозиції, экс-прем'єр-міністра Юлії Тимошенко
--------------	--

*Збільшен**Зменшен**Немає**Немає**Дуже*

Коментар _____

Жовтень 2011	Пенсійна реформа (підвищення пенсійного віку, стажу...)
--------------	---

*Збільшен**Зменшен**Немає**Немає**Дуже*

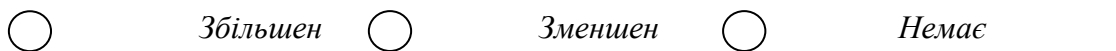
Коментар _____

Липень 2012	Акція «Україна без Януковича», Мовний протест
-------------	---

*Збільшен**Зменшен**Немає**Немає**Дуже*

Коментар _____

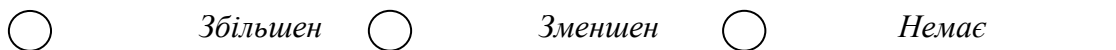
Березень - травень 2011	акції опозиції «Вставай, Україно!»
----------------------------	------------------------------------

*Збільшен**Зменшен**Немає*

*Немає**Дуже*

Коментар _____

Червень 2013	Врадійські події . Мітинги проти міліцейського свавілля
--------------	---

*Збільшен**Зменшен**Немає**Немає**Дуже*

Коментар _____

Листопад 2013	Початок Євромайдану
---------------	---------------------

*Збільшен**Зменшен**Немає**Немає**Дуже*

Коментар _____

Грудень 2013	Євромайдан
--------------	------------

*Збільшен**Зменшен**Немає**Немає**Дуже*

Коментар _____

ДОДАТОК Г

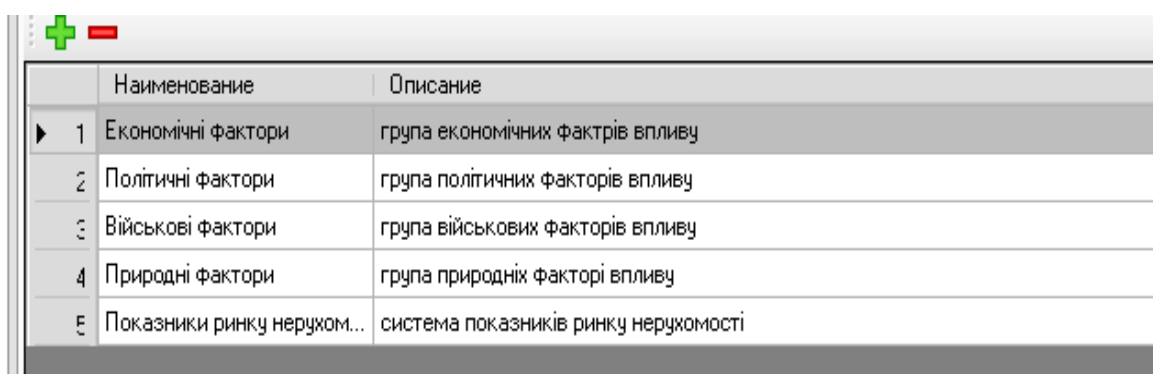
КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ЦІНИ НА НЕРУХОМЕ МАЙНО

Таблиця Г.1

Порівняння програмних пакетів імітаційного моделювання

	Extend	iThink	Vensim	Powersim	Pilgrim	Process charter	Arena	AnyLogic	GPSS/W	Bisness
Графічні конструкції										
Компоновочні блоки	+				+		+	+		+
CASE – засоби		+			+					
Потокові діаграми		+	+	+			+	+		
Блок-схеми						+	+		+	+
Архітектура «документ – вид»									+	
Види моделювання										
Стратегічне планування	+									
Моделі бізнес-процесів	+		+				+	+		+
Реінжиніринг підприємства		+								+
Моделі системної динаміки			+				+	+		
Неперервне моделювання			+	+					+	
Моделі динамічних систем			+		+				+	
Моделювання подій		+	+			+	+	+	+	
Агентне моделювання								+		
Інші можливості										
Наявність безкоштовної версії	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Можливість аналізу результатів	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+

Використовуючи програму системи підтримки прийняття рішень (СППР) «ІГЛА» (Інтелектуальний Генератор Кращих Альтернатив), яка заснована на застосуванні когнітивних моделей і забезпечує підтримку групової побудови та узгодження когнітивної карти, виконання розрахунку і аналізу її системних показників, а також динамічне моделювання сценаріїв розвитку ситуації. Першим етапом створюємо групи фундаментальних факторів (рис. Г.1). Далі безпосередньо вводимо фундаментальні фактори (рис. Г.2). Для завдання нечіткої когнітивної матриці використовуємо шкалу подану в таблиці Г.2. Значення впливу економічних факторів визначено за допомогою коефіцієнту кореляції та експертних оцінок, якісних факторів – за допомогою експертних оцінок. Візуальне відображення нечіткої когнітивної матриці зображено на рис. Г.4.



	Наименование	Описание
▶ 1	Економічні фактори	група економічних факторів впливу
2	Політичні фактори	група політичних факторів впливу
3	Військові фактори	група військових факторів впливу
4	Природні фактори	група природних факторів впливу
5	Показники ринку нерухом...	система показників ринку нерухомості

Рис. Г.1. Створення груп фундаментальних факторів

Таблиця Г.2

Нечітка шкала величини впливу факторів

Рівень шкали	Межі
Дуже низький	(0;0.3]
Низький	(0.3;0.5]
Нижче за середній	(0.5;0.6]
Середній	(0.6;0.7]
Вище за середній	(0.7;0.8]
Високий	(0.8;0.9]
Дуже високий	(0.9;1]

№	Название концепта	Тип концепта	Целевой	Группа	Описание концепта
1	Средняя цена недвижимости	Неуправ...	<input checked="" type="checkbox"/>	Показники ...	Средняя цена на рынке недвижимого майна
2	Доходы населения	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
3	Заробітна плата	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
4	Заощадження	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
5	Заборгованість із заробітної плати	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
6	Витрати населення	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
7	Рівень безробіття	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
8	Приріст міграції	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
9	Міграційні кошти	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
10	ВВП	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
11	Курс USD	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
12	Інфляція	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
13	Податок навантаження	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
14	Сприятливий інвестиційний клімат	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
15	Доступність кредитних ресурсів	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
16	Розвиток іпотечного кредитування	Управля...	<input type="checkbox"/>	Економічні ...	
17	Довіра до влади	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Політичні фа...	
18	Політична нестабільність	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Політичні фа...	
19	Зміни в законодавстві	Управля...	<input type="checkbox"/>	Політичні фа...	Зміни законодавства, що стосується ринку нерухомості
20	Суспільна напруга	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Політичні фа...	
21	НС природного характеру	Неуправ...	<input type="checkbox"/>	Природні фа...	

Рис. Г.2. Створення груп фундаментальних факторів



Рис. Г.3. Візуальне відображення нечіткої когнітивної матриці (суцільна стрілка – прямий зв'язок, пунктирна – зворотний)

Для генерації альтернатив задамо початкові нечіткі значення всіх факторів (концептів) (рис. Г.4). Відбір згенерованих альтернатив виконується у відповідності з метою, заданою людиною, що приймає рішення. Мета задається вектором значень, до якого повинні максимально наблизитися значення відповідних цільових концептів у процесі динамічного моделювання, змінювати можна фактори, які відмічені як керуючі на рис. Г.5. Вікно налаштування альтернатив зображено на рис. Г.6. Також для генерації альтернатив можна задавати нечітке цільове значення, тобто значення середньої ціни на ринку нерухомості. На рис. Г.7 відображено динаміку зміни факторів відповідно до заданого на рис. Г.8 сценарію, ці значення є відносними, які відображають зміну факторів, при одиничних зовнішніх імпульсах.

Но...	Концепт	Начальное значение
1	Цена	Высокий
2	Доход	Ниже среднего
3	Зарплата	Ниже среднего
4	Сбережения	Средний
5	Задолженность по зарплате	Средний
6	Затраты	Выше среднего
7	Уровень безработицы	Выше среднего
8	Миграция	Средний
9	Миграционные поступления	Ниже среднего
10	ВВП	Ниже среднего
11	Курс доллара	Выше среднего
12	Инфляция	Средний
13	Налоговая нагрузка	Выше среднего
14	Инвестиции	Низкий
15	Доступность кредитов	Средний
16	Ипотека	Ниже среднего
17	Доверие к власти	Ниже среднего
18	Полит.нестабильность	Выше среднего
19	Изменение законодательства	Выше среднего
20	Общественное напряжение	Выше среднего

Рис. Г.4. Початкові нечіткі значення факторів

Альтернатива: [Авто]Альтернатива38

Название: [Авто]Альтернатива38

Сценарий Результат

Продолжительность: 24 С моделировать

Шаг	Длительность	Объект	Действие	Значение
1	1	Доходы	Установить ...	Ниже среднего
1	1	Зарплата	Установить ...	Низкий
1	1	Задолженность по зарплате	Установить ...	Выше среднего
1	1	Уровень безработицы	Установить ...	Высокий
1	1	Налоговая нагрузка	Установить ...	Выше среднего
1	1	Инвестиционный климат	Установить ...	Низкий
1	1	Доступность кредитов	Установить ...	Средний
1	1	Развитие ипотеки	Установить ...	Средний
1	1	Изменение законодательства	Установить ...	Выше среднего

Рис. Г.5. Початкові нечіткі значення факторів (сценарій 1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.Цена	0,7857	0,7857	0,7821	0,7610	0,7239	0,6914	0,6705	0,6593	0,6543	0,6522	0,6514	0,6511	0,6509
2.Доходы	0,3571	0,3571	0,2918	0,2077	0,1904	0,2069	0,2272	0,2391	0,2449	0,2471	0,2480	0,2482	0,2483
3.Зарплата	0,3571	0,2143	0,0714	0,0143	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4.Сбережени	0,5000	0,5000	0,4905	0,4832	0,4969	0,5261	0,5524	0,5668	0,5735	0,5760	0,5770	0,5773	0,5774
5.Задолженн	0,5000	0,6429	0,7000	0,7571	0,7800	0,7857	0,7857	0,7857	0,7857	0,7857	0,7857	0,7857	0,7857
6.Затраты	0,6429	0,6429	0,6163	0,5895	0,6078	0,6429	0,6719	0,6873	0,6943	0,6969	0,6979	0,6983	0,6984
7.Уровень	0,6429	0,7857	0,9571	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
8.Миграция	0,5000	0,5000	0,5612	0,6365	0,6932	0,7217	0,7345	0,7391	0,7409	0,7415	0,7417	0,7417	0,7418
9.Миграцион	0,3571	0,3571	0,3571	0,4624	0,5919	0,6895	0,7384	0,7604	0,7684	0,7715	0,7724	0,7728	0,7730
10.ВВП	0,3571	0,3571	0,3263	0,2701	0,2236	0,1932	0,1790	0,1733	0,1711	0,1702	0,1699	0,1697	0,1697
11.Курс	0,6429	0,6429	0,6469	0,6731	0,7404	0,8080	0,8549	0,8782	0,8885	0,8925	0,8941	0,8946	0,8948
12.Инфляция	0,5000	0,5000	0,5000	0,5262	0,5514	0,5711	0,5816	0,5867	0,5889	0,5898	0,5902	0,5903	0,5904
13.Налогова	0,6429	0,6429	0,6786	0,7267	0,7483	0,7587	0,7641	0,7667	0,7679	0,7683	0,7685	0,7686	0,7686
14.Инвестиц	0,2143	0,2143	0,2143	0,1790	0,1251	0,0882	0,0683	0,0588	0,0549	0,0532	0,0526	0,0523	0,0522
15.Доступно	0,5000	0,5000	0,5000	0,4893	0,4607	0,4327	0,4148	0,4052	0,4007	0,3987	0,3979	0,3976	0,3975
16.Развитие	0,3571	0,5000	0,5000	0,4755	0,4328	0,3977	0,3792	0,3708	0,3675	0,3661	0,3656	0,3654	0,3653
17.Доверие	0,3571	0,3571	0,3442	0,3105	0,2872	0,2717	0,2615	0,2562	0,2538	0,2528	0,2524	0,2523	0,2522
18.Полит.нес	0,6429	0,6429	0,6778	0,7270	0,7602	0,7720	0,7762	0,7774	0,7778	0,7780	0,7780	0,7781	0,7781
19.Изменени	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429	0,6429
20.Общество	0,9671	0,9671	0,9925	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Рис. Г.6. Значення зміни факторів за сценарієм рис. Г.5

Шаг	Длительность	Объект	Действие	Значение
1	1	Доходы	Установить ...	Высокий
1	1	Зарплата	Установить ...	Высокий
1	1	Задолженность по зарплате	Установить ...	Низкий
1	1	Уровень безработицы	Установить ...	Ниже среднего
1	1	Налоговая нагрузка	Установить ...	Ниже среднего
1	1	Инвестиционный климат	Установить ...	Высокий
1	1	Доступность кредитов	Установить ...	Высокий
1	1	Развитие ипотеки	Установить ...	Высокий
1	1	Изменение законодательства	Установить ...	Средний

Рис. Г.7. Початкові нечіткі значення факторів (сценарій 2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Цена	0,7857	0,7857	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9931	1,0000	0,9882	1,0000
2. Доходы	0,3571	0,7857	1,0000	1,0000	0,9317	0,9345	0,9410	0,9500	0,9449	0,9532	0,9459	0,9500
3. Зарплата	0,3571	0,7857	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4. Сбережения	0,5000	0,5000	0,5952	0,6242	0,5211	0,5220	0,5255	0,5277	0,5296	0,5282	0,5335	0,5282
5. Задолженность	0,5000	0,2143	0,0429	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6. Затраты	0,6429	0,6429	0,7245	0,7771	0,6544	0,6241	0,6126	0,6130	0,6139	0,6203	0,6181	0,6203
7. Уровень	0,6429	0,3571	0,0143	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8. Миграция	0,5000	0,5000	0,1694	0,0000	0,0000	0,0000	0,0009	0,0000	0,0092	0,0000	0,0155	0,0000

Рис. Г.8. Значення зміни ціни за сценарієм рис. Г.7

На рис. Г.9 відображено відносну зміну ціни за даними рис. Г.8 та Г.7.

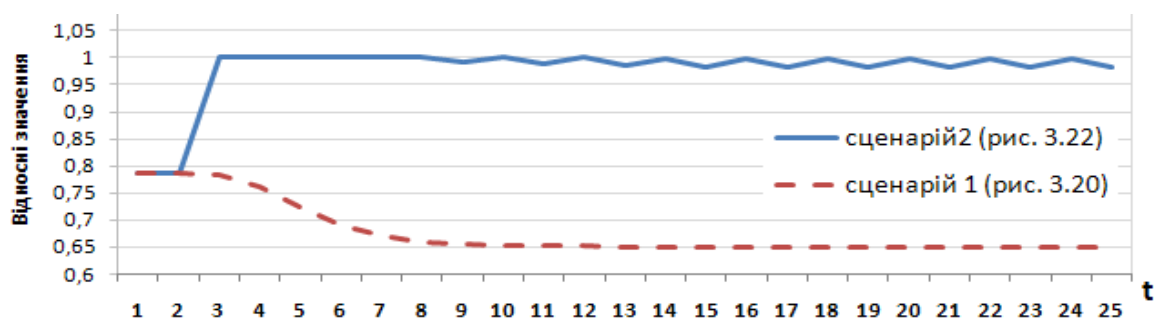


Рис. Г.9. Візуалізація відносної зміни ціни за сценарієм 1 (рис. Г.8)
та сценарієм 2 (рис. Г.7)

Для отримання прогнозу розвитку ситуації при реалізації різних альтернатив використовується математичний апарат імпульсних процесів, який дозволяє прогнозувати значення факторів у дискретні моменти часу. Для нечітких когнітивних карт використовуємо таку модель імпульсного процесу:

$$G = \langle E, W \rangle, \quad (\Gamma.1)$$

$$v_i(t+1) = v_i(t) + \sum_{j=1}^K w_{ij} \cdot p_j(t)$$

де $G = \langle E, W \rangle$ – нечітка карта у вигляді орієнтованого графу,

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ – множина факторів впливу,

W – нечітке причинно-слідче відношення на множині E . Елементи $w_{ij} \in W$ ($i, j = 1, \dots, n$) характеризують напрям і ступінь інтенсивності (вага) впливу між факторами e_i і e_j : $w_{ij} = w(e_i, e_j)$, $W [-1, 1]$,

$v_i(t)$ – значення фактору e_i в момент часу t ,

$v_i(t+1)$ – значення фактору e_i в момент часу $(t+1)$,

$p_j(t)$ – зміна значення e_j в момент часу t .

Динаміка середньої ціни на ринку нерухомого майна відображена в значеннях від 0 до 1 (пропорційно від максимуму) за період з 2002 по 2014 рр. відповідно до двох сценаріїв (рис. Г.9). На рис. Г.10 зображено графік цих даних. У таблиці Г.3 пораховано міри точності прогнозу за ретроспективою на 5 періодів ($\tau = 5$), прогноз має високу точність.

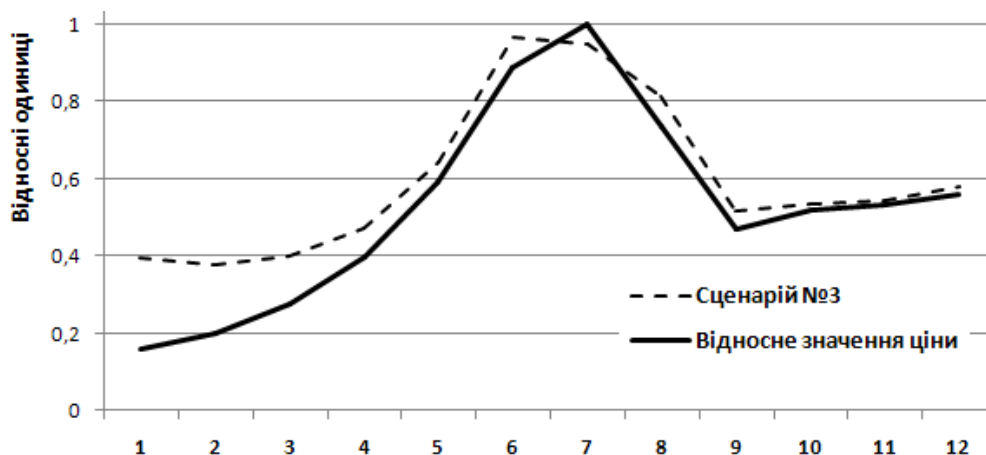


Рис. Г.10. Візуалізація відносної зміни ціни за сценарієм 3 та зміни ціни з 2002 по 2013 рр., переведеної у значення від 0 до 1

Таблиця Г.3

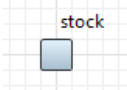
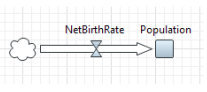
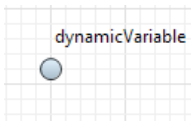
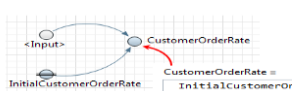

Міри точності прогнозу для сценарію 3

Модель	Міра точності прогнозу					Точність прогнозу
	<i>MSE</i>	<i>RMSE</i>	<i>MAE</i>	<i>RMSPE</i>	<i>MAPE</i>	
Сценарій 3	0,003066	0,055374	0,057687	9,021392	9,854807	висока

Для того, щоб змодельювати вплив фундаментальних факторів на динаміку ринку нерухомого майна, доцільно використовувати потокову імітаційну модель, побудовану в програмному пакеті Vensim – це інструмент ІМ нового покоління, який об'єднав підходи системної динаміки, «процесного» дискретного і агентного моделювання. Системна динаміка головним чином використовується в довгострокових, стратегічних моделях і приймає високий рівень абстракції. Люди, продукти, події та інші дискретні елементи представлені в моделях системної динаміки не як окремі елементи, а як система в цілому. При використанні методів системної динаміки модельований об'єкт відображається у вигляді динамічної системи, складається з накопичувачів, пов'язаних між собою керованими потоками. Головні елементи системної динаміки в програмному пакеті ІМ Vensim представлено у таблиці Г.4.

Таблиця Г.4

Основні елементи системної динаміки в AnyLogic

Елемент	Сутність
<p>Накопичувач</p> 	<p>У системній динаміці накопичувачі використовуються для представлення таких об'єктів реального світу, в яких зосереджуються деякі ресурси – це можуть бути гроші, речовини, чисельності (певних категорій) людей, матеріальні об'єкти тощо. Накопичувачі задають статичний стан, системи що моделюється. Їх значення змінюються з часом згідно з існуючими в системі потокам.</p>
<p>Потік</p> 	<p>Потоки задають динаміку системи. Вхідні потоки збільшують значення накопичувача, а вихідні, відповідно, – його зменшують.</p>
<p>Динамічна змінна</p> 	<p>Використовується для явного завдання в моделі другорядних факторів і розкладання формул тих же потоків на складові шляхом додавання в модель динамічних змінних.</p>
<p>Зв'язок</p> 	<p>Використовується для завдання залежності між елементами діаграми потоків і накопичувачів.</p>
<p>Цикл</p> 	<p>Використовується для позначення циклів причинних залежностей у діаграмах потоків і накопичувачів системної динаміки. Цикл являє собою просто графічний показник, що складається з мітки з описом сенсу циклу і стрілки, що показує напрямок циклу.</p>

Кількісно кожен накопичувач описується рівнем його вмісту, а кожен потік – темпом (швидкістю) переміщення. В економічних системах резервуари (рівні) є аналогами різного роду матеріальних накопичувачів (запаси сировини, обсяги виробленої продукції, розміри фондів, отриманий прибуток, кількість працюючих, кількість устаткування і т.д.). Потоки – аналоги процесів перетворення накопичень у системі – вони переміщують вміст рівнів і відображають або матеріальні, або інформаційні процеси. Їх інтенсивність (темп) визначається управлінськими рішеннями, які

формується на основі інформації про стан рівнів. Функції рішень (або рівняння темпів) представляють собою формалізацію правил, що визначають, яким чином інформація про рівні приводить до вибору поточних значень темпів потоків. У зв'язку з цим моделі потокового типу відносять до динамічних моделей зі зворотними зв'язками. Оскільки реальні системи мають інерційність, в їх структурі є елементи, що визначають запізнювання передачі зміни по контуру зворотного зв'язку.

У кожній моделі системної динаміки присутня особлива дискретна змінна – час, вибір одиниці виміру якої (тимчасового кроку моделювання) здійснюється розробником моделі; для моделі було обрано час рівний 12 місяцям з кроком 1 місяць.

Основними принципами системної динаміки є такі:

- поведінка системи – це наслідок прояву її структури та взаємодії елементів;
- структура системи та характер взаємозв'язків між елементами системи визначають її поведінку, більш важливі для розуміння поведінки системи, ніж кількісних мір оцінки;
- стан системи та її структура є причина змін, а не їх результат;
- проблеми виникають усередині системи, а не поза нею;
- вивчити систему – значить визначити її структуру та встановити відносини між її елементами;
- рівні і темпи є необхідними і достатніми змінними для опису будь динамічної системи.

Елементи імітаційної моделі описано у таблиці Г.5.

Таблиця Г.5

**Позначення імітаційної моделі впливу фундаментальних факторів
на динаміку ринку нерухомого майна України**

№	Назва, що використана в моделі	Її значення	Початкове значення	Dp/dt
1	p	Темп приросту середньої ціни за квадратний метр нерухомості	p0	=Increase-decrease
2	p0	Початкове значення ср. ціни	0	-
3	Increase	Збільшення середньої ціни	-	= 0.7 * (CreditResources + Income+ 0.1 * Inflation ²)
4	Decrease	Зменшення середньої ціни	-	SocialTensions + 0.01 * natural
5	CreditResources	Темп приросту наданих кредитів	0,26	-
6	Income	Темп приросту доходів	-	income0 +(-costs * income0)
7	income0	Початкове значення темпу зростання доходів	0,2	-
8	Inflation	Темп інфляції	0,04	-
9	Costs	Темп приросту витрат	-0,22	Costs0+0.4 * Inflation ²
10	Costs0	Початкове значення темпу приросту витрат	0,22	-
11	SocialTensions	Соціальна напруга	0	0.15 * social_tensions + 0.14 * polit ²
12	social_tensions	Початкове значення соціальної напруги	0	-
13	polit	Політична нестабільність	-	political_instability
14	political_instability	Початкове значення політ.нестабільності	0	-
15	natural	Природні фактори	-	natural0
16	natural0	Початкове значення впливу природних факторів	0	-

Вказані в таблиці Г.5 формули визначалися експертним шляхом, елемент «Increase» по суті відображає вплив економічних факторів, коефіцієнт 0,7 обрано за максимальним значенням коефіцієнта кореляції впливу приросту економічних чинників на темп приросту середньої ціни.

Елемент «Decrease» відображає вплив інших чинників за формулою « $0.15 * \text{social_tensions} + 0.14 * \text{polit} + 0.01 * \text{natural}$ », ваги обрано таким чином, щоб вони в сумі становили 1, вага впливу природних факторів не значна як ми з'ясували в пункті 3.1, а вплив політичної нестабільності та соціальної напруги майже однаковий, бо для України майже всі фактори соціальної напруги є слідством дії політичних факторів. Початкові значення темпів приросту задавалися як значення на початок 2012 р. За умовами модель працює дванадцять часових проміжків, що імітують кількість місяців одного року.

Проаналізувавши динаміку зміни обсягу показників, можна зробити висновок про нелінійне зростання ціни.

При проведенні імітаційного експерименту послідовно три змінні фіксуємо на середньому рівні, в той час, як четвертій змінній послідовно надаються значення в певному інтервалі (табл. В.6). Відповідно до сайту Держкомстату середні значення індексу інфляції – 10%.

Таблиця Г.6

Позначення когнітивної моделі ринку нерухомості

№	Назва змінної, що використана в моделі	Її значення	Інтервал значень змінної	Одиниці виміру
1	Inflation (inf)	Індекс споживчих цін, чи інфляція	[0;25]	Відсотки
2	political_instability	Політична нестабільність	[-1;1]	Експертна оцінка
3	social_tensions	Соціальна напруга	[-1;1]	Експертна оцінка
4	natural	Природні фактори	[-1;1]	Експертна оцінка

Наприклад, результати експерименту зміни темпу приросту ціни на нерухомість у відповідь на зміну показника інфляції подано на рис. Г.11 та у таблиці Г.7.

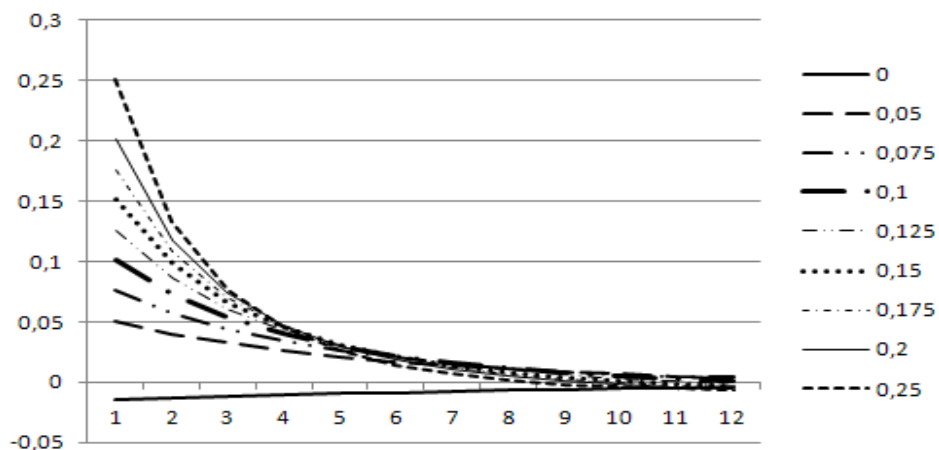


Рис. Г.11. Темп приросту зміни ціни від зміни показника інфляції від 0 до 0,25 з кроком 0,05

Таблиця Г.7

Результати експериментальних досліджень щодо зміни темпу приросту ціни від зміни показника інфляції

	0	0,05	0,075	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25
1	-0,01499	0,050985	0,075986	0,100986	0,125986	0,150987	0,175987	0,200988	0,250988
2	-0,01347	0,039994	0,05706	0,072348	0,085974	0,098045	0,108664	0,11792	0,132669
3	-0,01208	0,03222	0,043957	0,053359	0,060769	0,066471	0,070705	0,073675	0,076502
4	-0,01082	0,026038	0,034058	0,039696	0,043454	0,045724	0,046813	0,046968	0,045233
5	-0,00969	0,021058	0,026414	0,029558	0,031082	0,031422	0,028848	0,029766	0,026384
6	-0,00866	0,017004	0,020408	0,021869	0,021995	0,021236	0,021939	0,018215	0,014479
7	-0,00772	0,013672	0,015656	0,015939	0,015188	0,013816	0,012113	0,010293	0,006744
8	-0,00689	0,010919	0,011821	0,011311	0,010014	0,008385	0,00586	0,004714	0,001633
9	-0,00614	0,008629	0,008725	0,007665	0,006044	0,004161	0,003058	0,000771	-0,00177
10	-0,00478	0,006719	0,006208	0,004773	0,002973	0,001129	-0,00057	-0,00203	-0,00405
11	-0,00556	0,005117	0,004151	0,00247	0,00059	-0,00121	-0,00277	-0,00403	-0,00557
12	-0,00433	0,003772	0,002466	0,00063	-0,00163	-0,00297	-0,00439	-0,00545	-0,00658

Але основною перевагою даної моделі є можливість зміни впливу факторів під час моделювання, бо у реальній ситуації вони не є сталими, саме ці зміни показують на графіку швидкість зміни тенденції динаміки ціни (рис. Г.12).

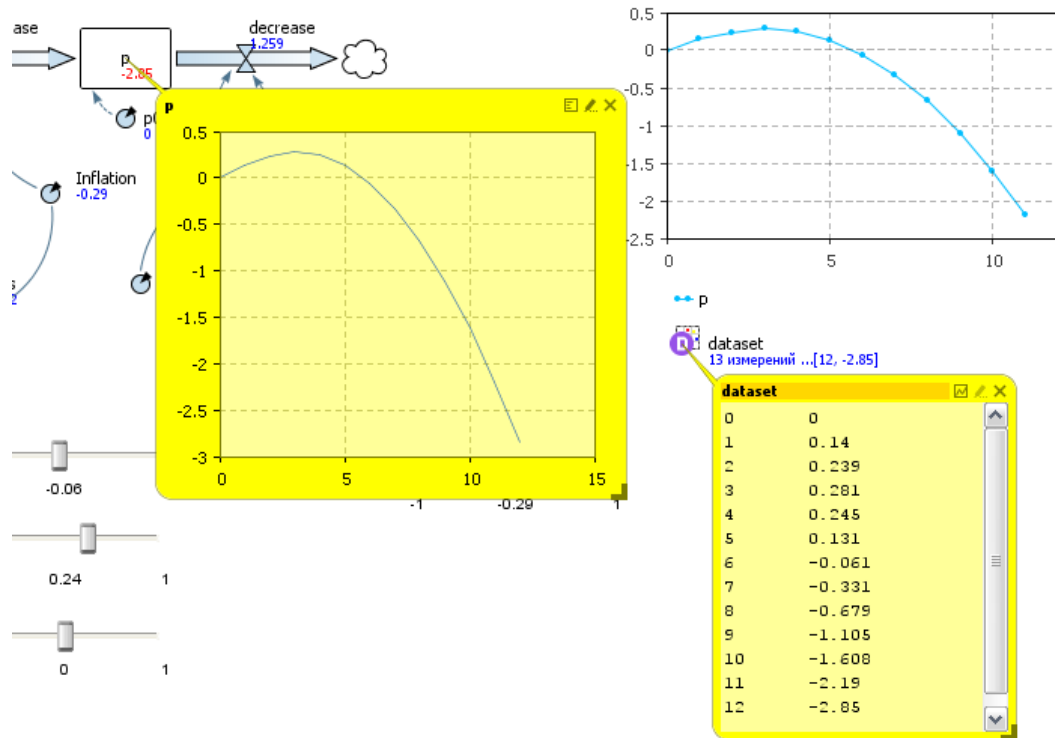


Рис. Г.12. Зміна темпу приросту ціни від зміни фундаментальних факторів

Таблиця Г.8

Президентські та парламентські вибори в Україні

Рік	Сутність фактору	Коефіцієнт впливу
Березень 2002 року	Парламентські вибори	0,4
Листопад 2004 року	Президентські вибори	0,7
Березень 2006 року	Парламентські вибори	0,4
Вересень 2007 року	Парламентські вибори	0,4
Січень 2010 року	Президентські вибори	0,6
Жовтень 2012 року	Парламентські вибори	0,4

Таблиця Г.9

Основні закони України, що стосуються ринку нерухомості

Рік	Закон	Характер впливу	Коефіцієнт впливу
Серпень 2004	Затвердження Закону «Про державну реєстрацію нерухомого майна»	Недосконалість та суперечки в реалізації закону	0,6
Січень 2013	Зміна порядку реєстрації прав на нерухоме майно та їх обтяжень	У зв'язку з тим, що угоди з не перереєстрованою нерухомістю здійснити неможливо, це затягує продаж житла	0,4
Вересень 2013	Обмеження готівкових розрахунків	Додаткові фінансові витрати; подовження термінів оформлення договорів купівлі-продажу; технічні питання з відкриття банківських рахунків	0,6
Січень 2014	Нові правила оподаткування нерухомості	Суперечливим залишається питання оподаткування кредитних квартир та будинків	0,5
Лютий 2014	Нові правила оцінки нерухомості	Додаткові фінансові витрати; Затягування термінів продажу; Суперечки у справедливості оцінки	0,5

Таблиця Г.10

Основні події напруги суспільства в Україні за 2002 – 2013 рр.

Рік	Подія	Коефіцієнт впливу
Вересень 2003	конфлікту між Росією та Україною за острів Тузла	0,1
Листопад 2004	«Помаранчева революція»	0,9
Грудень 2005- Січень 2006	Газовий конфлікт з Росією	0,3
Травень 2008	Вступ України до Світової Організації Торгівлі	0,4
Грудень 2008 – Січень 2009	Газовий конфлікт з Росією	0,3
Листопад 2009	Акції протесту проти банківського свавілля	0,1
Листопад 2010	Угода між Україною та Росією про продовження перебування Чорноморського флоту в Україні до 2042 р. («Харківські угоди»)	0,3
Листопад 2010	«Податковий майдан»	0,75
Серпень 2011	Арешт лідера опозиції, екс-прем'єр-міністра Юлії Тимошенко	0,2
Жовтень 2011	Пенсійна реформа (підвищення пенсійного віку, стажу)	0,5
Липень 2012	Акція «Україна без Януковича», Мовний протест	0,4
Березень – травень 2013	Акції опозиції «Вставай, Україно!»	0,2
Червень 2013	Врадіївські події. Мітинги проти міліцейського свавілля	0,65
Листопад 2013	Початок Євромайдану	0,8
Грудень 2013	Євромайдан	1

ДОДАТОК Д

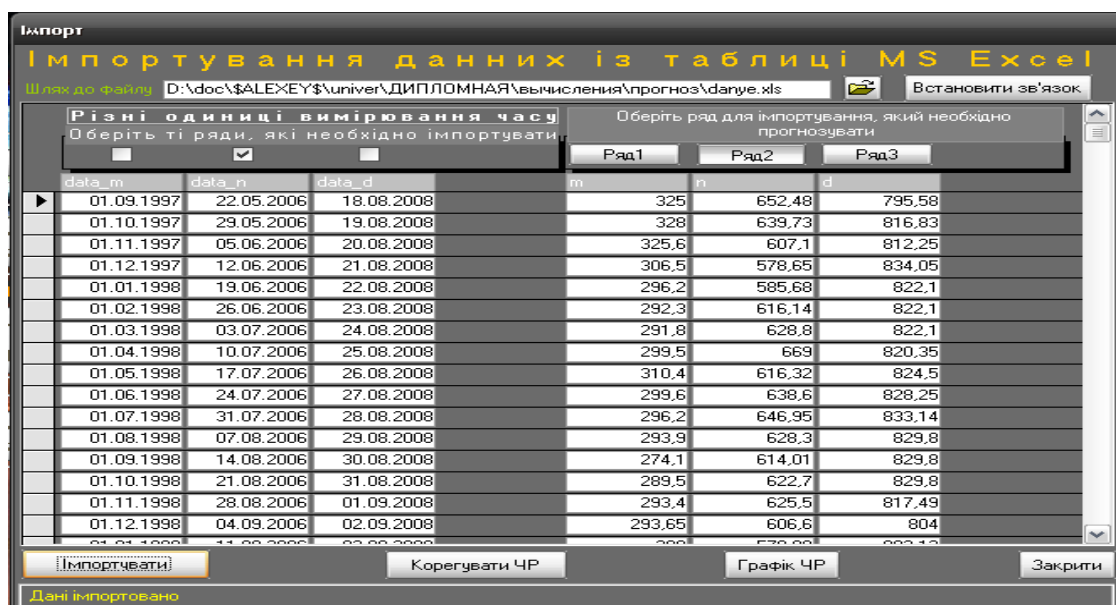
КОМП'ЮТЕРНА РЕАЛІЗАЦІЯ ГІБРИДНОЇ МОДЕЛІ НА БАЗІ
ОДНОРІДНОЇ СТРУКТУРИ

Рис. Д.1. Форма «Імпорт» програми МОСЕМ для імпортування даних із файлів MS Excel

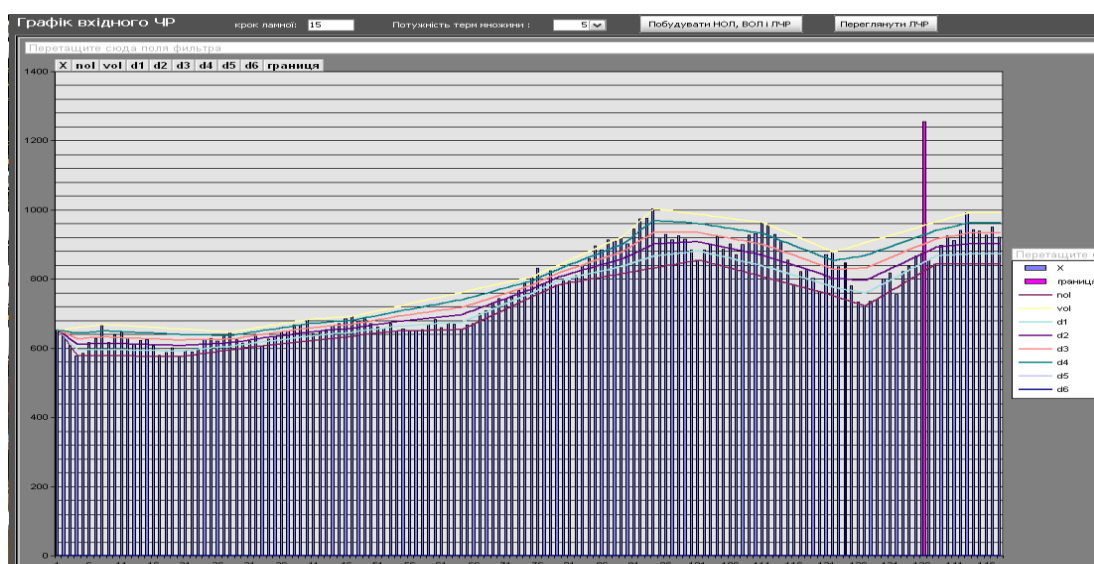


Рис. Д.2. Форма «Графік вхідного ЧР» програми МОСЕМ.
Графічне зображення ЧР та огинаючих ламаних

Таблиця Д.1

**Вхідні дані для МОС: числовий та лінгвістичний часові ряди
середньої ціни на нерухомість**

Значення середньої ціни на нерухомість (дол. США)	Номер спостереження	Нижня границя огинаючої ламаної	Верхня границя огинаючої ламаної	Лінгвістичне значення середньої ціни на нерухомість
735	1	735	735	В
756	2	735	753,3636	В
787	3	753,0833	771,7273	В
770	4	771,1667	790,0909	Н
792	5	789,25	808,4545	Н
825	6	807,3333	826,8182	В
834	7	825,4167	845,1818	С
857	8	843,5	863,5455	В
886	9	861,5833	881,9091	В
912	10	879,6667	900,2727	В
925	11	897,75	918,6364	В
937	12	915,8333	937	В
952	13	933,9167	940,5	В
955	14	952	944	В
953	15	953,5	947,5	В
956	16	955	951	В
959	17	956,5	954,5	В
962	18	958	958	В
964	19	959,5	961,5	В
965	20	961	965	В
958	21	962,5	968,5	Н
972	22	964	972	В
970	23	965,5	973,1429	С
968	24	967	974,2857	Н
970	25	968,5	975,4286	Н
975	26	970	976,5714	В
978	27	970,9375	977,7143	В
980	28	971,875	978,8571	В
982	29	972,8125	980	В
978	30	973,75	981,1429	С
975	31	974,6875	982,2857	Н
983	32	975,625	983,4286	В
985	33	976,5625	984,5714	В
986	34	977,5	985,7143	В
987	35	978,4375	986,8571	В
988	36	979,375	988	В

Значення середньої ціни на нерухомість (дол. США)	Номер спостереження	Нижня границя огинаючої ламаної	Верхня границя огинаючої ламаної	Лінгвістичне значення середньої ціни на нерухомість
989	37	980,3125	988,7	В
990	38	981,25	989,4	В
991	39	982,1875	990,1	В
987	40	983,125	990,8	С
985	41	984,0625	991,5	Н
991	42	985	992,2	В
992	43	986	992,9	В
989	44	987	993,6	Н
994	45	988	994,3	В
995	46	989	995	В
995	47	990	995,2727	В
992	48	991	995,5455	Н
993	49	992	995,8182	Н
994	50	993	996,0909	Н
995	51	993,2308	996,3636	С
996	52	993,4615	996,6364	В
997	53	993,6923	996,9091	В
996	54	993,9231	997,1818	С
996	55	994,1539	997,4545	С
997	56	994,3846	997,7273	В
998	57	994,6154	998	В
995	58	994,8461	1018,267	Н
998	59	995,0769	1038,533	Н
998	60	995,3077	1058,8	Н
999	61	995,5385	1079,067	Н
996	62	995,7692	1099,333	Н
999	63	996	1119,6	Н
1002	64	1027,727	1139,867	Н
1005	65	1059,455	1160,133	Н
1042	66	1091,182	1180,4	Н
1085	67	1122,909	1200,667	Н
1135	68	1154,636	1220,933	Н
1165	69	1186,364	1241,2	Н
1236	70	1218,091	1261,467	С
1278	71	1249,818	1281,733	В
1302	72	1281,545	1302	В
1345	73	1313,273	1334,75	В
1369	74	1345	1367,5	В
1399	75	1360	1400,25	В
1406	76	1375	1433	С
1442	77	1390	1465,75	В
1489	78	1405	1498,5	В

Значення середньої ціни на нерухомість (дол. США)	Номер спостереження	Нижня границя огинаючої ламаної	Верхня границя огинаючої ламаної	Лінгвістичне значення середньої ціни на нерухомість
1503	79	1420	1531,25	B
1556	80	1435	1564	B
1599	81	1450	1596,75	B
1605	82	1465	1629,5	B
1665	83	1480	1662,25	B
1695	84	1495	1695	B
1735	85	1510	1745,833	B
1795	86	1525	1796,667	B
1854	87	1540	1847,5	B
1905	88	1555	1898,333	B
1965	89	1570	1949,167	B
2000	90	1585	2000	B
1964	91	1600	1951,857	B
1900	92	1615	1903,714	B
1852	93	1630	1855,571	B
1791	94	1645	1807,429	B
1734	95	1660	1759,286	B
1690	96	1675	1711,143	C
1663	97	1690	1663	H
1604	98	1657,417	1630,75	H
1598	99	1624,833	1598,5	H
1553	100	1592,25	1566,25	H
1500	101	1559,667	1534	H
1488	102	1527,083	1501,75	H
1440	103	1494,5	1469,5	H
1402	104	1461,917	1437,25	H
1398	105	1429,333	1405	H
1368	106	1396,75	1372,75	H
1344	107	1364,167	1340,5	H
1299	108	1331,583	1308,25	H
1276	109	1299	1276	H
1233	110	1234,5	1244,957	H
1160	111	1170	1213,913	H
1131	112	1105,5	1182,87	H
1082	113	1041	1151,826	C
1040	114	976,5	1120,783	C
1003	115	912	1089,739	C
997	116	847,5	1058,696	B
1025	117	783	1027,652	B
879	118	718,5	996,6087	C
694	119	654	965,5652	H
525	120	589,5	934,5217	H

Значення середньої ціни на нерухомість (дол. США)	Номер спостереження	Нижня границя огинаючої ламаної	Верхня границя огинаючої ламаної	Лінгвістичне значення середньої ціни на нерухомість
532	121	525	903,4783	Н
535	122	532	872,4348	Н
538	123	534,75	841,3913	Н
539	124	537,5	810,3478	Н
540	125	540,25	779,3043	Н
545	126	543	748,2609	Н
547	127	545,75	717,2174	Н
548	128	548,5	686,1739	Н
550	129	551,25	655,1304	Н
554	130	554	624,087	Н
558	131	556,75	593,0435	Н
562	132	559,5	562	В
565	133	562,25	579,8333	Н
570	134	565	597,6667	Н
586	135	585,25	615,5	Н
607	136	605,5	633,3333	Н
627	137	625,75	651,1667	Н
640	138	646	669	Н
656	139	666,25	686,8333	Н
670	140	686,5	704,6667	Н
683	141	706,75	722,5	Н
709	142	727	740,3333	Н
746	143	747,25	758,1667	Н
776	144	767,5	776	В
808	145	787,75	796	В
847	146	808	816	В
882	147	826,6667	836	В
889	148	845,3333	856	В
909	149	864	876	В
921	150	882,6667	896	В
931	151	901,3333	916	В
945	152	920	936	В
962	153	938,6667	956	В
979	154	957,3333	976	В
998	155	976	996	В
1016	156	994,6667	1016	В
1032	157	1013,333	1063,25	С
1052	158	1032	1110,5	Н
1084	159	1084,667	1157,75	Н
1117	160	1137,333	1205	Н
1151	161	1190	1252,25	Н
1185	162	1242,667	1299,5	Н

Значення середньої ціни на нерухомість (дол. США)	Номер спостереження	Нижня границя огинаючої ламаної	Верхня границя огинаючої ламаної	Лінгвістичне значення середньої ціни на нерухомість
1243	163	1295,333	1346,75	Н
1302	164	1348	1394	Н
1371	165	1400,667	1441,25	Н
1436	166	1453,333	1488,5	Н
1503	167	1506	1535,75	Н
1583	168	1558,667	1583	В
1664	169	1611,333	1641,083	В
1739	170	1664	1699,167	В
1763	171	1724,083	1757,25	В
1782	172	1784,167	1815,333	Н
1804	173	1844,25	1873,417	Н
1829	174	1904,333	1931,5	Н
1877	175	1964,417	1989,583	Н
1951	176	2024,5	2047,667	Н
2021	177	2084,583	2105,75	Н
2097	178	2144,667	2163,833	Н
2184	179	2204,75	2221,917	Н
2280	180	2264,833	2280	В
2385	181	2324,917	2362,583	В
2496	182	2385	2445,167	В
2625	183	2461	2527,75	В
2747	184	2537	2610,333	В
2858	185	2613	2692,917	В
2965	186	2689	2775,5	В
3032	187	2765	2858,083	В
3119	188	2841	2940,667	В
3170	189	2917	3023,25	В
3215	190	2993	3105,833	В
3244	191	3069	3188,417	В
3271	192	3145	3271	В
3297	193	3221	3292,167	В
3318	194	3297	3313,333	В
3339	195	3222,478	3334,5	В
3360	196	3147,957	3355,667	В
3378	197	3073,435	3376,833	В
3400	198	2998,913	3398	В
3440	199	2924,391	3419,167	В
3456	200	2849,87	3440,333	В
3479	201	2775,348	3461,5	В
3492	202	2700,826	3482,667	В
3513	203	2626,304	3503,833	В
3525	204	2551,783	3525	В

Значення середньої ціни на нерухомість (дол. США)	Номер спостереження	Нижня границя огинаючої ламаної	Верхня границя огинаючої ламаної	Лінгвістичне значення середньої ціни на нерухомість
3535	205	2477,261	3550,5	B
3551	206	2402,739	3576	B
3585	207	2328,217	3601,5	B
3627	208	2253,696	3627	B
3618	209	2179,174	3529,85	B
3578	210	2104,652	3432,7	B
3321	211	2030,13	3335,55	B
2297	212	1955,609	3238,4	H
2201	213	1881,087	3141,25	H
1906	214	1806,565	3044,1	H
1707	215	1732,043	2946,95	H
1583	216	1657,522	2849,8	H
1505	217	1583	2752,65	H
1496	218	1539,5	2655,5	H
1504	219	1496	2558,35	H
1516	220	1516	2461,2	H
1521	221	1536	2364,05	H
1542	222	1556	2266,9	H
1567	223	1576	2169,75	H
1635	224	1596	2072,6	H
1673	225	1616	1975,45	H
1674	226	1636	1878,3	H
1681	227	1656	1781,15	H
1684	228	1676	1684	B
1716	229	1696	1699,875	B
1734	230	1716	1715,75	B
1804	231	1721,917	1731,625	B
1798	232	1727,833	1747,5	B
1799	233	1733,75	1763,375	B
1779	234	1739,667	1779,25	B
1802	235	1745,583	1795,125	B
1811	236	1751,5	1811	B
1806	237	1757,417	1813,375	B
1795	238	1763,333	1815,75	C
1788	239	1769,25	1818,125	C
1784	240	1775,167	1820,5	H
1787	241	1781,083	1822,875	H
1795	242	1787	1825,25	H
1804	243	1792,833	1827,625	H
1811	244	1798,667	1830	C
1818	245	1804,5	1832,375	C
1828	246	1810,333	1834,75	B

Значення середньої ціни на нерухомість (дол. США)	Номер спостереження	Нижня границя огиноючої ламаной	Верхня границя огиноючої ламаной	Лінгвістичне значення середньої ціни на нерухомість
1832	247	1816,167	1837,125	В
1825	248	1822	1839,5	Н
1821	249	1827,833	1841,875	Н
1833	250	1833,667	1844,25	Н
1841	251	1839,5	1846,625	Н
1849	252	1845,333	1849	В
1857	253	1851,167	1854,167	В
1857	254	1857	1859,333	Н
1859	255	1859,304	1864,5	Н
1859	256	1861,609	1869,667	Н
1860	257	1863,913	1874,833	Н
1861	258	1866,217	1880	Н
1862	259	1868,522	1885,167	Н
1867	260	1870,826	1890,333	Н
1878	261	1873,13	1895,5	Н
1886	262	1875,435	1900,667	С
1896	263	1877,739	1905,833	С
1911	264	1880,043	1911	В
1929	265	1882,348	1930,667	В
1950	266	1884,652	1950,333	В
1970	267	1886,957	1970	В
1969	268	1889,261	1963,5	В
1951	269	1891,565	1957	В
1933	270	1893,87	1950,5	В
1946	271	1896,174	1944	В
1935	272	1898,478	1937,5	В
1930	273	1900,783	1931	В
1923	274	1903,087	1924,5	В
1919	275	1905,391	1918	В
1910	276	1907,696	1911,5	С
1905	277	1910	1905	Н
1901	278	1906	1901,5	Н
1898	279	1902	1898	Н

Таблиця Д.2

Внутрішня пам'ять часового ряду середньої ціни на нерухомість

№	l – послідовності	l – переходи					Сума переходів	Частоти переходів l – послідовностей				
		А	В	С	Д	Е		А	В	С	Д	Е
1	А	96	5	12	0	0	113	0,85	0,04	0,11	0	0
2	АА	83	5	8	0	0	96	0,86	0,05	0,08	0	0
3	ААА	72	5	6	0	0	83	0,87	0,06	0,07	0	0
4	АААА	62	4	6	0	0	72	0,86	0,06	0,08	0	0
5	ААААА	54	3	5	0	0	62	0,87	0,05	0,08	0	0
6	АААААА	46	3	5	0	0	54	0,85	0,06	0,09	0	0
7	ААААААА	38	3	5	0	0	46	0,83	0,07	0,11	0	0
8	ААААААВ	0	2	1	0	0	3	0,00	0,67	0,33	0	0
9	ААААААС	1	0	4	0	0	5	0,20	0,00	0,80	0	0
10	АААААВ	0	2	1	0	0	3	0,00	0,67	0,33	0	0
11	АААААВВ	0	1	1	0	0	2	0,00	0,50	0,50	0	0
12	АААААС	1	0	4	0	0	5	0,20	0,00	0,80	0	0
13	АААААСС	0	0	4	0	0	4	0,00	0,00	1,00	0	0
14	ААААВ	0	3	1	0	0	4	0,00	0,75	0,25	0	0
15	ААААВВ	0	1	2	0	0	3	0,00	0,33	0,67	0	0
16	ААААВСС	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
17	ААААС	1	0	5	0	0	6	0,17	0,00	0,83	0	0
18	ААААСС	1	0	4	0	0	5	0,20	0,00	0,80	0	0
19	АААВ	0	3	2	0	0	5	0,00	0,60	0,40	0	0
20	АААВВ	0	1	2	0	0	3	0,00	0,33	0,67	0	0
21	АААВВСС	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
22	АААВСС	0	1	1	0	0	2	0,00	0,50	0,50	0	0
23	АААС	1	0	5	0	0	6	0,17	0,00	0,83	0	0
24	АААСС	1	0	4	0	0	5	0,20	0,00	0,80	0	0
25	АААСССС	1	0	3	0	0	4	0,25	0,00	0,75	0	0
26	ААВ	0	3	2	0	0	5	0,00	0,60	0,40	0	0
27	ААВВ	0	1	2	0	0	3	0,00	0,33	0,67	0	0
28	ААВВСС	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
29	ААВСС	0	1	1	0	0	2	0,00	0,50	0,50	0	0
30	ААС	1	1	6	0	0	8	0,13	0,13	0,75	0	0
31	ААСВ	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
32	ААСС	1	0	5	0	0	6	0,17	0,00	0,83	0	0
33	ААССА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
34	ААССС	0	0	5	0	0	5	0,00	0,00	1,00	0	0
35	ААСССС	1	1	3	0	0	5	0,20	0,20	0,60	0	0
36	АВ	0	3	2	0	0	5	0,00	0,60	0,40	0	0
37	АВВ	0	1	2	0	0	3	0,00	0,33	0,67	0	0
38	АВВСС	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
39	АВСС	0	1	1	0	0	2	0,00	0,50	0,50	0	0
40	АВССВ	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
41	АВСССС	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
42	АС	1	2	9	0	0	12	0,08	0,17	0,75	0	0
43	АСА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
44	АСАА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
45	АСААА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
46	АСАААА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
47	АСВ	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
48	АСВА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
49	АСВАА	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
50	АСС	2	0	7	0	0	9	0,22	0,00	0,78	0	0

№	l – послідовності	l – переходи					Сума переходів	Частоти переходів l – послідовностей				
		А	В	С	Д	Е		А	В	С	Д	Е
51	АССА	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
52	АССАА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
53	АССААА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
54	АССАААА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
55	АССАС	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
56	АССС	1	0	6	0	0	7	0,14	0,00	0,86	0	0
57	АСССА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
58	АСССАА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
59	АСССААА	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
60	АСССС	1	1	4	0	0	6	0,17	0,17	0,67	0	0
61	АССССА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
62	АССССВ	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
63	АССССВА	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
64	АССССС	0	0	4	0	0	4	0,00	0,00	1,00	0	0
65	АСССССС	0	0	4	0	0	4	0,00	0,00	1,00	0	0
66	В	7	6	8	0	0	21	0,33	0,29	0,38	0	0
67	ВА	5	0	2	0	0	7	0,71	0,00	0,29	0	0
68	ВАА	4	0	1	0	0	5	0,80	0,00	0,20	0	0
69	ВААА	4	0	0	0	0	4	1,00	0,00	0,00	0	0
70	ВАААА	3	1	0	0	0	4	0,75	0,25	0,00	0	0
71	ВААААА	3	0	0	0	0	3	1,00	0,00	0,00	0	0
72	ВАААААА	3	0	0	0	0	3	1,00	0,00	0,00	0	0
73	ВААААВ	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
74	ВААААВВ	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
75	ВААС	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
76	ВААСС	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
77	ВААСССС	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
78	ВАС	0	0	2	0	0	2	0,00	0,00	1,00	0	0
79	ВАСС	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
80	ВАССА	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
81	ВАССС	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
82	ВАСССС	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
83	ВВ	1	1	4	0	0	6	0,17	0,17	0,67	0	0
84	ВВА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
85	ВВАА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
86	ВВАААА	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
87	ВВВ	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
88	ВВВ	1	2	5	0	0	8	0,13	0,25	0,63	0	0
89	ВВВСС	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
90	ВВСС	2	1	1	0	0	4	0,50	0,25	0,25	0	0
91	ВВССВ	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
92	ВВССССС	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
93	ВС	0	0	8	0	0	8	0,00	0,00	1,00	0	0
94	ВСС	2	2	4	0	0	8	0,25	0,25	0,50	0	0
95	ВССА	2	0	0	0	0	2	1,00	0,00	0,00	0	0
96	ВССАА	2	0	0	0	0	2	1,00	0,00	0,00	0	0
97	ВССААА	2	0	0	0	0	2	1,00	0,00	0,00	0	0
98	ВССАААА	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
99	ВССВ	1	1	0	0	0	2	0,50	0,50	0,00	0	0
100	ВССВА	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
101	ВССВВ	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
102	ВССС	0	0	4	0	0	4	0,00	0,00	1,00	0	0
103	ВСССС	0	0	4	0	0	4	0,00	0,00	1,00	0	0
104	ВССССС	0	1	3	0	0	4	0,00	0,25	0,75	0	0
105	ВСССССВ	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
106	ВСССССС	0	0	3	0	0	3	0,00	0,00	1,00	0	0

№	l – послідовності	l – переходи					Сума переходів	Частоти переходів l – послідовностей				
		А	В	С	Д	Е		А	В	С	Д	Е
107	С	10	10	116	0	0	136	0,07	0,07	0,85	0	0
108	СА	8	0	2	0	0	10	0,80	0,00	0,20	0	0
109	СAA	7	0	1	0	0	8	0,88	0,00	0,13	0	0
110	СAAA	6	1	0	0	0	7	0,86	0,14	0,00	0	0
111	СAAAA	5	0	1	0	0	6	0,83	0,00	0,17	0	0
112	СAAAAA	5	0	0	0	0	5	1,00	0,00	0,00	0	0
113	СAAAAAA	5	0	0	0	0	5	1,00	0,00	0,00	0	0
114	СAAAAC	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
115	СAAAACC	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
116	СAAAB	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
117	СAAABCC	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
118	САAC	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
119	СAC	0	1	1	0	0	2	0,00	0,50	0,50	0	0
120	СACB	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
121	СACC	0	0	1	0	0	1	0,00	0,00	1,00	0	0
122	СACCC	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
123	СВ	6	2	2	0	0	10	0,60	0,20	0,20	0	0
124	СВА	4	0	2	0	0	6	0,67	0,00	0,33	0	0
125	СВАА	3	0	1	0	0	4	0,75	0,00	0,25	0	0
126	СВАААА	3	0	0	0	0	3	1,00	0,00	0,00	0	0
127	СВАСС	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
128	СВВ	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
129	СВВСС	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
130	СВСС	0	0	2	0	0	2	0,00	0,00	1,00	0	0
131	СВССССС	0	0	2	0	0	2	0,00	0,00	1,00	0	0
132	СС	9	8	98	0	0	115	0,08	0,07	0,85	0	0
133	ССА	7	0	2	0	0	9	0,78	0,00	0,22	0	0
134	ССАА	6	0	1	0	0	7	0,86	0,00	0,14	0	0
135	ССААА	5	1	0	0	0	6	0,83	0,17	0,00	0	0
136	ССАААА	4	0	1	0	0	5	0,80	0,00	0,20	0	0
137	ССAC	0	1	1	0	0	2	0,00	0,50	0,50	0	0
138	ССВ	5	2	1	0	0	8	0,63	0,25	0,13	0	0
139	ССВА	3	0	2	0	0	5	0,60	0,00	0,40	0	0
140	ССВАА	3	0	0	0	0	3	1,00	0,00	0,00	0	0
141	ССВАСС	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
142	ССВВ	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
143	ССС	5	6	86	0	0	97	0,05	0,06	0,89	0	0
144	СССА	4	0	1	0	0	5	0,80	0,00	0,20	0	0
145	СССАА	3	0	1	0	0	4	0,75	0,00	0,25	0	0
146	СССААА	2	1	0	0	0	3	0,67	0,33	0,00	0	0
147	СССАААА	2	0	0	0	0	2	1,00	0,00	0,00	0	0
148	СССAC	0	1	0	0	0	1	0,00	1,00	0,00	0	0
149	СССВ	4	1	1	0	0	6	0,67	0,17	0,17	0	0
150	СССВА	2	0	2	0	0	4	0,50	0,00	0,50	0	0
151	СССВАСС	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
152	СССВВ	1	0	0	0	0	1	1,00	0,00	0,00	0	0
153	СССС	3	6	76	0	0	85	0,04	0,07	0,89	0	0
154	ССССА	2	0	1	0	0	3	0,67	0,00	0,33	0	0
155	ССССАА	2	0	0	0	0	2	1,00	0,00	0,00	0	0
156	ССССААА	2	0	0	0	0	2	1,00	0,00	0,00	0	0
157	ССССВ	4	1	1	0	0	6	0,67	0,17	0,17	0	0
158	ССССВА	2	0	2	0	0	4	0,50	0,00	0,50	0	0
159	ССССС	2	5	68	0	0	75	0,03	0,07	0,91	0	0
160	СССССА	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
161	СССССВ	3	1	1	0	0	5	0,60	0,20	0,20	0	0
162	СССССВА	2	0	1	0	0	3	0,67	0,00	0,33	0	0

№	l – послідовності	l – переходи					Сума переходів	Частоти переходів l – послідовностей				
		А	В	С	Д	Е		А	В	С	Д	Е
163	СССССС	2	4	61	0	0	67	0,03	0,06	0,91	0	0
164	ССССССА	1	0	1	0	0	2	0,50	0,00	0,50	0	0
165	ССССССВ	3	1	0	0	0	4	0,75	0,25	0,00	0	0
166	ССССССС	2	4	54	0	0	60	0,03	0,07	0,90	0	0

Таблиця Д.3

Результати прогнозування середньої ціни на нерухомість

№	Фактичне значення	Нижня межа	Верхня межа	Прогнозне значення	Відхилення
272	1935	1924,493	1937,5	1935,322	-0,3220215
273	1930	1920,927	1931	1929,009	0,9909668
274	1923	1917,362	1924,5	1922,696	0,3037109
275	1919	1913,797	1918	1916,384	2,616455
276	1910	1910,232	1911,5	1910,071	-0,07080078
277	1905	1906,667	1905	1903,758	1,242065
278	1901	1903	1901,5	1900,25	0,75
279	1898	1899,333	1898	1896,742	1,257813

Прогноз ЛЧР

Результати прогнозування ЛЧР

Відкрити таблицю Закриєть

М і р а д о в і р и

№	1	2	3	4	5	6	7	Прогноз	Факт	відхилення
137	7,3323E-07	0,2666306	0,7332341	1,2221E-06	0,00013332	0	0	С	ДН	2
138	3,1731E-08	0,00769231	0,03173076	5,2885E-08	0,9605769	0	0	ДВ	ДН	4
139	1,2002E-09	2,4005E-09	0,00080016	0,9991946	5,2010E-06	0	0	В	С	1
140	7,081E-09	4,1653E-07	0,00033322	0,00099967	0,9986667	0	0	ДВ	В	1
141	5,8168E-09	0,9684925	2,3267E-08	2,9084E-08	0,03150751	0	0	Н	С	1
142	2,5736E-06	0,999851	3,1455E-06	2,8596E-07	0,00014298	0	0	Н	В	2
143	0,00016375	0,00012736	0,9997087	1,2736E-07	1,2736E-07	0	0	С	ДВ	2
144	7,5024E-05	0,00060019	2,2007E-06	0,9993227	3,001E-09	0	0	В	В	0
145	1,8895E-14	1,1115E-12	4,4459E-12	0,9993331	0,00066689	0	0	В	В	0
146	1,2756E-11	1,2506E-07	0,00050025	4,5023E-09	0,9994996	0	0	ДВ	С	2
147	9,2397E-08	3,0799E-05	3,6959E-07	4,6199E-07	0,9999683	0	0	ДВ	В	1
148	2,5725E-17	7,9153E-13	1,5831E-14	0,9884238	0,01157614	0	0	В	С	1
*	0	0	0	0	0	0	0			0

Загальна похибка прогнозу (у відсотках від максимально можливої) 36,41667 %

Рис. Д.3. Вікно комп'ютерної форми «Прогноз ЛЧР»

Модель ЧР

Результати моделювання ЧР Закреть

[Відкрити таблицю](#)

№	Факт	Нижня межа	Верхня межа	Модель	відхилення
7	628,8	613,5142	631,2228	622,3685	6,431519
8	669	650,7825	669	659,8912	9,108765
9	616,32	613,7969	631,8312	622,8141	-6,49408
10	638,6	631,0975	648,9487	640,0231	-1,423157
11	646,95	630,3638	648,0319	639,1978	7,752197
12	628,3	612,145	629,63	620,8875	7,412476
13	614,01	611,5944	628,8962	620,2453	-6,235291
14	622,7	611,0438	628,1625	619,6031	3,096863
15	625,5	610,4932	627,4288	618,9609	6,539063
16	606,6	593,19	609,9425	601,5663	5,033691
17	579,09	576,2531	592,8225	584,5378	-5,447815

Показники похибки: MAPE 0,8958908 %

RMSPE 1,171641 %

Рис. Д.4. Вікно комп'ютерної форми «Модель ЧР»



Рис. Д.5. Головне вікно комп'ютерної програми