

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет менеджменту та маркетингу
Кафедра математичного моделювання економічних систем**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

_____ Володимир КАПУСТЯН

«__» _____ 2021 р.

**Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Економічна кібернетика»
спеціальності 051 «Економіка»
на тему: «Економіко-математичне моделювання впливу макроекономічних
факторів на ціноутворення ринку нерухомості»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи УК-71

Коваль Анастасія Миколаївна _____

Керівник:

доц., к.ф.-м.н., доц.,

Пишнограєв Іван Олександрович _____

Рецензент:

доц., к.е.н., доц.,

Рощина Надія Василівна _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет менеджменту та маркетингу
Кафедра математичного моделювання економічних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 051 «Економіка»

Освітньо-професійна програма «Економічна кібернетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Володимир, КАПУСТЯН

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студентці

Коваль Анастасії Миколаївні

1. Тема роботи «Економіко-математичне моделювання впливу макроекономічних факторів на ціноутворення ринку нерухомості», керівник роботи Пишнограєв Іван Олександрович, к.ф.-м.н., доц., затверджені наказом по університету від «21» травня 2021 р. №1248-с
2. Термін подання студентом роботи 08.06.2021р
3. Вихідні дані до роботи: наукова та навчально-методична література, дані державної служби статистики України за досліджуваний період, статистичні дані.
4. Зміст роботи: дослідження ціноутворення на первинному ринку нерухомості на прикладі міста Київ. Побудова моделей з метою визначення макроекономічних і регіональних факторів, які впливають на даний процес. Аналіз ефективності побудованих моделей. Визначення стратегії регулювання ціни за квадратний метр. Розробка рекомендацій.
5. Перелік ілюстративного матеріалу – презентація роботи

6. Дата видачі завдання 21 травня 2021

Календарний план

№	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення актуальності теми	21.05.2021-22.05.2021	
2	Огляд літератури, пов'язаної з ціноутворенням на ринку нерухомості	22.05.2021-23.05.2021	
3	Економічна постановка задачі	24.05.2021-25.05.2021	
4	Проведення регресійно кореляційного дослідження впливу факторів на ціноутворення ринку нерухомості в місті Київ.	26.05.2021-27.05.2021	
5	Побудова моделі Random Forest	28.05.2021-29.05.2021	
6	Порівняльний аналіз результатів моделей. Розробка рекомендацій.	30.05.2021-31.05.2021	
7	Оформлення дипломної роботи.	01.06.2021-02.06.2021	
8	Зшитий диплом. Розробка структури презентації та підготовка до захисту	03.06.2021-04.06.2021	
9	Створення презентації	05.06.2021-07.06.2021	

Студентка

Анастасія КОВАЛЬ

Керівник роботи

Іван ПИШНОГРАЄВ

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків та додатків. Обсяг роботи складає 60 сторінок, містить 21 ілюстрацію, 8 таблиць, 3 додатки та 43 бібліографічні найменування.

Метою роботи є побудова моделі оцінки впливу різних макроекономічних та регіональних факторів на ціну за квадратний метр первинного ринку в місті Київ.

Актуальність даної теми обумовлена особливою соціальною значимістю ринку нерухомості і його високим впливом на інші сегменти ринкової економіки.

Підвищення ефективності функціонування ринку житлової нерухомості є масштабним економічним завданням, що обумовлено великою кількістю задіяних матеріальних, фінансових і трудових ресурсів.

Масова оцінка і прогнозування ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості є одним із способів підвищення ефективності даного ринку. Однак процес визначення і прогнозування ціноутворення ринку нерухомості має високу ступінь складності, що обумовлено залежністю ринкових процесів від безлічі мезо- і макроекономічних факторів національної економіки. Тому ці економічні процеси доречно досліджувати за допомогою економіко-математичного моделювання.

Об'єктом дослідження є первинний ринок нерухомості міста Київ. Предметом дослідження є вартість житлової нерухомості первинного ринку в місті Київ. Періодом дослідження було обрано 2007-2019 роки.

Для досягнення поставленої мети було використано статистичні дані державної служби статистики України. Результатом дослідження є побудова моделей за допомогою кореляційно-регресійного аналізу та машинного навчання. На основі їх апробації було виявлено, що машинне навчання, є більш

ефективним для дослідження такого складного питання як ціноутворення на ринку нерухомості. В ході дослідження було з'ясовано, що на ціну за квадратний метр у новудовах впливають такі фактори як: облікова ставка, курс валюти, витрати населення на одну особу, валовий регіональний продукт, прожитковий мінімум та чисельність наявного населення.

Також за допомогою моделі Random Forest, було спрогнозовано ціну за квадратний метр, яка могла б бути на первинному ринку нерухомості у період 2007-2019 років за умови вчасної здачі в експлуатацію всіх житлових об'єктів.

Розроблено рекомендації державній владі, щодо регулювання ціни за рахунок вирішення проблем з довгобудами.

Ключові слова: ціна, ціноутворення, нерухомість, макроекономічні фактори, машинне навчання.

ABSTRACT

The thesis consists of introduction, 2 chapters, conclusions and appendices. The work includes 60 pages, contains 21 pictures, 8 tables, 3 appendices and a bibliography of 43 titles.

The aim of the work is to build a model for assessing the impact of various macroeconomic and regional factors on the price per square meter of the primary market in the city of Kyiv.

The relevance of this topic is due to the special social significance of the real estate market and its high impact on other segments of the market economy.

Improving the efficiency of the residential real estate market is a large-scale economic task, due to the large number of material, financial and labor resources involved.

Mass assessment and forecasting of the market value of residential real estate is one of the ways to increase the efficiency of this market. However, the process of determining and forecasting real estate market pricing has a high degree of complexity, due to the dependence of market processes on many meso- and macroeconomic factors of the national economy. Therefore, it is appropriate to study these economic processes with the help of economic and mathematical modeling.

The object of the study is the primary real estate market of Kyiv. The subject of the study is the cost of residential real estate in the primary market in Kiev. The period of the study was chosen 2007-2019.

To achieve this goal, the statistical data of the State Statistics Service of Ukraine were used. The result of the study is the construction of models using correlation-regression analysis and machine learning. Based on their testing, it was found that machine learning is more effective for researching such a complex issue as pricing in the real estate market. The study found that the price per square meter in new homes is influenced by factors such as the discount rate, exchange rate, per capita expenditures, gross regional product, subsistence level and the size of the existing population.

Also with the help of the Random Forest model, the price per square meter was predicted, which could be in the primary real estate market in the period 2007-2019, provided that all residential buildings are put into operation on time.

Recommendations to the state authorities on price regulation by solving problems with long-term construction have been developed.

Key words: price, pricing, real estate, macroeconomic factors, machine learning.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Теоретичні аспекти функціонування ринку нерухомості.....	10
1.1 Сутність і особливості ринку нерухомості.....	10
1.2 Фактори впливу на вартість житлової нерухомості	19
1.3 Моделі оцінки об'єктів нерухомості.....	25
2 Математичне моделювання впливу факторів на ціноутворення ринку нерухомості.....	29
2.1 Постановка задачі економічного змісту	29
2.2 Побудова лінійної багатофакторної регресійної моделі	30
2.3 Побудова моделі Random Forest	39
2.4 Порівняльний аналіз отриманих моделей	50
2.5 Розробка сценарію ціноутворення на ринку нерухомості	52
Висновки.....	59
Перелік джерел посилання.....	61
Додаток А Значення вихідних даних за 2017-2019 роки.....	65
Додаток Б Код побудови моделі.....	66
Додаток В Перелік недобудов станом на 2019 рік.....	68

ВСТУП

Актуальність даної теми обумовлена особливою соціальною значимістю ринку нерухомості і його високим впливом на інші сегменти ринкової економіки.

Підвищення ефективності функціонування ринку житлової нерухомості є масштабним економічним завданням, що обумовлено великою кількістю задіяних матеріальних, фінансових і трудових ресурсів.

Масова оцінка і прогнозування ринкової вартості об'єктів житлової нерухомості є одним із способів підвищення ефективності даного ринку. Однак процес визначення і прогнозування ціноутворення ринку нерухомості має високу ступінь складності, що обумовлено залежністю ринкових процесів від безлічі мезо- і макроекономічних факторів національної економіки. Тому ці економічні процеси доречно досліджувати за допомогою економіко-математичного моделювання.

Метою дипломної роботи є побудова моделі оцінки впливу різних факторів на ціну за кв. м первинного ринку в місті Київ.

Відповідно до мети, **завданнями** є:

- визначити найбільш значущі макроекономічні чинники, які впливають на утворення цін на нерухомість в місті Київ;
- побудувати та обґрунтувати модель розв'язання проблеми поставленої у меті;
- здійснити якісне дослідження побудованої моделі;
- дослідити адекватність побудованої моделі;
- здійснити апробацію побудованої моделі на основі реальних даних і оцінити її прогнозуючу можливість;
- визначення стратегій, які б дозволили посприяти вирішенню проблем населення пов'язаних із купівлею житла;

Об'єктом дослідження є первинний ринок нерухомості міста Київ.

Предмет дослідження – вартість житлової нерухомості первинного ринку в місті Київ.

Методи дослідження:

- аналіз наукових джерел;
- регресійний аналіз;
- індукції та дедукції;
- математичного аналізу
- систематизації;
- узагальнення.

Тему впливу різних макроекономічних факторів на ціноутворення ринку нерухомості піднімали та досліджували чимало як вітчизняних так і зарубіжних науковців, а саме А. М. Іванченко, М. В. Кірносорова, М. М. Білаш, С.В. Грибовський, Джозеф К. Еккерт, Л. А. Різва, М. А. Федотова, К. В. Загребельна та інші.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКУ НЕРУХОМОСТІ

1.1 Сутність і особливості ринку нерухомості

Ринок нерухомості є важливою і невід'ємною частиною будь-якої національної економіки. За підрахунками науковців, на нього припадає понад 50% світового багатства .

Загальним чином ринок нерухомості можна подати як систему економічних та правових відносин, що виникають внаслідок взаємодії обігу товарів і грошей.

Також його визначають як сукупність механізмів, за допомогою яких передаються права власності та пов'язані з ним інтереси, встановлюються ціни та розподіляється простір між різними конкуруючими варіантами [4].

Як видно з цього визначення, ринок нерухомості означає сукупність механізмів, які забезпечують такі взаємопов'язані процеси:

- передача прав на об'єкти нерухомості;
- встановлення цін;
- розподіл і перерозподіл землі між різними варіантами її використання.

Будь-який ринок, включаючи нерухомість, є механізмом розподілу та перерозподілу ресурсів на користь тих учасників господарської діяльності, які здатні забезпечити найбільш ефективне їх використання. Ринок нерухомості перерозподіляє простір його об'єктів за допомогою цінового механізму між різними конкуруючими варіантами використання нерухомості, забезпечуючи передачу прав тим суб'єктам, які можуть запропонувати більш високу ціну [5].

Даний ринок характеризується певними особливостями, які розкриваються через його функції (рис. 1.1) [5].



Рисунок 1.1 – Функції ринку нерухомості

У свою чергу можна виділити такі особливості [6]:

- локальність ринку, тобто постійне місцезнаходження об'єктів нерухомості;
- унікальність усіх об'єктів, що є причиною різниці їх вартості;
- низький рівень взаємозамінюваності об'єктів. Це обумовлено тим, що попит на об'єкти визначається більшою мірою їх місцем розташування та розвитком інфраструктури в даному місці (наявністю доріг, метрополітену, місць відпочинку і т. д.);

- низька еластичність пропозиції. Це обумовлено тим, що важко збільшити кількість пропозиції при наявності попиту, оскільки будинки будуються досить довго.

- необхідність державної реєстрації угод;

Окрім перерахованого, для ринку нерухомості характерні ще й такі особливості [8]:

1) циклічний характер. Цикли функціонування ринку нерухомості не збігаються в часі з розвитком національної економіки. Стан ринку нерухомості є своєрідним показником тенденцій розвитку економіки певної держави: якщо ринок нерухомості погіршується, то ситуація незабаром погіршиться і в національній економіці.

2) високий ступінь регулюючого державного впливу. Держава не виявляє претензій щодо реалізації нерухомості, але в той же час контролює способи використання та порядок продажу цих об'єктів;

3) високий рівень трансакційних витрат, які пов'язані з взаємовідносинами економічних агентів, у тому числі і з укладанням угод. Дані витрати складають близько 5-7% від ціни об'єкта.

Ринок нерухомості тісно пов'язаний з суміжними ринками, але насамперед його доволі часто ототожнюють з будівельним. Це є не правильно, оскільки між ними існує ряд відмінностей. По перше, вони відрізняються головною ціллю свого функціонування. Таким чином ринок будівництва націлений на створення нового об'єкта, а ринок нерухомості – на зміну його правовласника. По друге, вони мають різних суб'єктів. Для ринку нерухомості цими суб'єктами є власники прав на об'єкт. На будівельному ринку в якості суб'єктів виступають забудовники (девелопери), підрядники, керуючі проектами, і відносини між ними виникають з приводу виконання робіт і надання послуг в процесі будівництва [10].

Ринок нерухомості існує там і тоді, коли мова йде про передачу прав на нерухомість. У цьому сенсі відносини між забудовником та інвестором за

замовчуванням відносяться до ринку нерухомості, оскільки вони ґрунтуються на отриманні інвестором прав на створюваний об'єкт нерухомості, на відміну від відносин між забудовниками та підрядниками, які не передбачають такого переходу і, отже, належать до будівельного ринку [4].

Ринок нерухомості не обмежується операціями купівлі-продажу та передачі прав. Це практично весь цикл об'єкта нерухомості: від появи ідеї, створення концепції, дослідження ринку, прийняття інвестиційних рішень, отримання фінансування на будівництво об'єкта, його вихід на первинний ринок, а потім і на вторинний та все, що з ним пов'язане, аж до утилізації об'єкта [10].

Таким чином, до основних процесів його функціонування належать: розвиток (створення), управління (експлуатація) та оборот прав на нерухомість.

На ринку нерухомості сформувались різні ринкові структури, які сприяють ефективності його обороту. Економічними одиницями ринку нерухомості є: покупці (орендарі), продавці (орендодавці), професійні учасники ринку нерухомості [8].

Покупці (орендарі) – це інвестори, які вкладають власні, позикові або залучені кошти та забезпечують їх цільове використання. Покупець є головним суб'єктом ринку нерухомості. Ним може бути як фізична, так і юридична особа, а також державна установа, яка юридично уповноважена це робити. Для покупців працює вся структура ринку нерухомості.

Продавці (орендодавці) – це будь-яка юридична або фізична особа, яка має право власності на об'єкт нерухомості (домогосподарства, підприємства державні фонди нерухомості та органи, які уповноважені місцевою владою).

Професійними учасниками називаються посередники, які обслуговують процеси на ринку нерухомості. Їх склад визначається переліком тих процесів, що відбуваються на ринку за участю держави та видами діяльності комерційних структур. Професійних учасників ринку нерухомості розрізняють інституційних та не інституційних [33].

Інституційні суб'єкти представляють інтереси держави та діють від її імені. Сюди входять органи державної реєстрації прав на нерухомість, а також організації, що регулюють містобудування, землеустрій та землекористування.

До них у свою чергу відносять [34]:

- державні та регіональні органи, які відповідальні за інвентаризацію землі, а також займаються створенням земельного кадастру та зонуванням територій;
- державні та регіональні органи архітектури та містобудування, які приймають рішення про затвердження та узгодження містобудівних планів забудови територій та населених пунктів, складають містобудівний кадастр, видають дозволи на будівництво;
- органи, які займаються проведенням інвентаризації та обліку будівель;
- органи пожежної та технічної інспекції. Вони контролюють і здійснюють нагляд за будівництвом та експлуатацією будинків і споруд.

Неінституційні учасники, працюють на комерційній основі. До них відносяться :

- брокери, які надають свої послуги покупцям та продавцям в операціях з нерухомістю;
- оцінювачі нерухомості. Вони свої послуги надають власникам, інвесторам, продавцям та покупцям на основі незалежної оцінки вартості об'єктів;
- фінансисти (банкіри), які беруть участь у фінансуванні операцій на ринку нерухомості, включаючи іпотечні позики;
- розпорядники майна, займаються фінансовим управлінням та технічною експлуатацією об'єкта;

- юристи, робота яких полягає в юридичному супроводі об'єктів та угод;
- страховики, які займаються страхуванням майна та контрактів;
- аналітики, які досліджують ринок нерухомості та готують інформацію для стратегічних рішень щодо його розвитку.

Суб'єктна структура ринку нерухомості представлена схематично на рис. 1.2 [34].

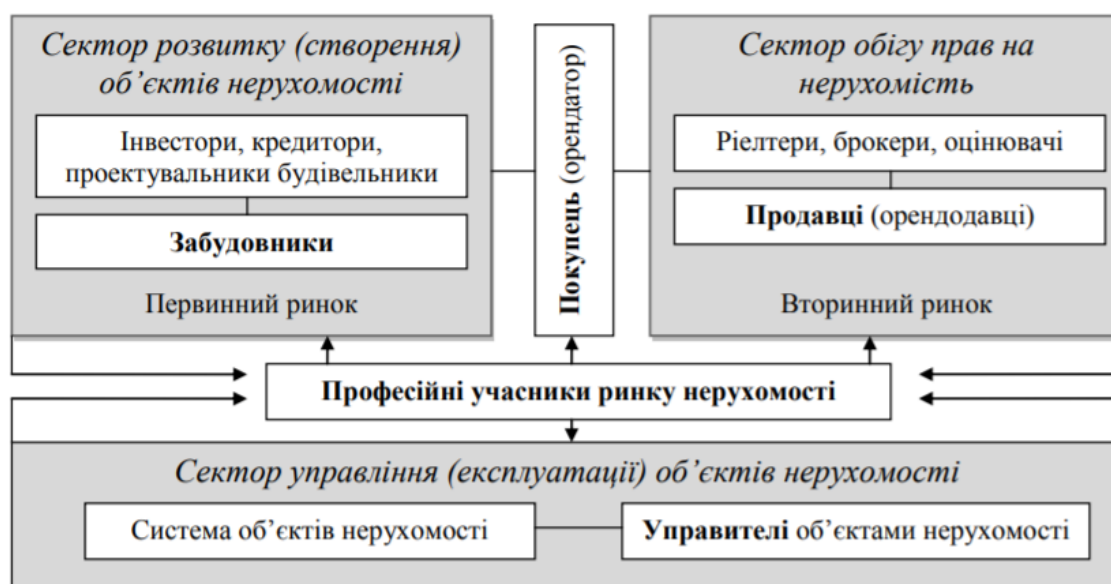


Рисунок 1.2 – Суб'єктна структура ринку нерухомості

Взаємовідносини між учасниками ринку нерухомості регулюються відповідними державними та місцевими органами влади, а також різними нормативними документами та законодавчими актами.

Ринок нерухомості підрозділяється на наступні підкатегорії:

- житлова нерухомість;
- комерційна нерухомість, яка приносить дохід власнику (торгові, складські, офісні приміщення тощо);
- промислова нерухомість;

- ринок земельних ділянок.

Житлова нерухомість представляє собою сукупність усіх житлових будинків, незалежно від форми власності, включаючи житлові будинки, гуртожитки, спеціалізовані будинки, квартири та інші житлові приміщення в будівлях, які придатні для проживання. Це найпоширеніший тип майна та клас активів, який знайомий більшості людей [6].

Житлова нерухомість як товар має такі характеристики, якими вона відрізняється від інших товарів: неоднорідна, нерухома, довговічна, дорога.

Комерційна нерухомість – це земля та будівлі, які компанії використовують для ведення свого бізнесу. Прикладами можуть бути торгові центри, автономні магазини, адміністративні будівлі, автостоянки, медичні центри та готелі.

Промислова власність відноситься до землі та будівель, що використовуються промисловою компанією для таких видів діяльності, як заводи, механічне виробництво, дослідження та розробки, будівництво, транспорт, логістика та зберігання.

Земля є основоположною для всіх видів нерухомості, вона в основному відноситься до вільної, незабудованої землі [11].

Відповідно до методу операцій на ринку нерухомості розрізняють первинний ринок та вторинний ринок.

Первинний ринок – це квартири від забудовника, тобто будинок, який ще не введений або лише недавно зданий до експлуатації. Основними продавцями нерухомості в цьому випадку є держава, представлена її регіональними та місцевими органами влади (шляхом приватизації державних та комунальних компаній, житлової власності та прав) та будівельні компанії – постачальники житлової або нежитлової власності. Кількість об'єктів, що пропонується на первинному ринку, залежить від нового будівництва.

Під вторинним ринком нерухомості розуміють серію операцій, які виконуються на об'єктах, які вже побудовані, перебувають в експлуатації і пов'язані з перепродажем або іншими формами передачі об'єктів нерухомості від одного власника до іншого. Головним критерієм для вторинного житла є те, що квартира вже була у чийсь власності, навіть якщо будинок, в якому вона розміщена є новим [33].

Цей ринок є інертним через те, що рішення на ньому приймається чималою кількістю людей і мотивація до продажу є більш розмитою, ніж на первинному ринку нерухомості, де продаж є необхідною фазою, що забезпечує повернення вкладених коштів.

Первинний та вторинний ринки безпосередньо пов'язані. Якщо з яких-небудь причин (наприклад, міжнаціональний конфлікт у регіоні, несприятлива екологічна ситуація) пропозиція нерухомості на вторинному ринку зростає, це безпосередньо призводить до знецінення нерухомості на первинному ринку. У той же час збільшення витрат на будівництво призводить до зростання цін на первинному ринку житла, що також має прямий вплив на зростання цін на вторинному ринку. Ринок нерухомості широко структурований і може бути диференційований за різними критеріями, такими як розмір фінансових активів, географічний фактор, призначення та інші показники [8].

Первинний ринок в Україні сформувався шляхом приватизації державних та комунальних підприємств, землі, будівель та приміщень та інших майнових прав. Він забезпечує переведення нерухомості в економічний цикл. Усі подальші операції є вторинними, оскільки вони передбачають перепродаж або інші форми переходу власності від однієї людини до іншої.

Квартири в новобудовах наразі користуються попитом навіть у економічно несприятливі часи. Адже нова будівля – це просторі кімнати, можливість індивідуального планування, прогресивні енергозберігаючі технології, нові ліфти, новий тип електропроводки. Квартири в новобудовах здаються з повністю

обладнаною прилеглою територією, включаючи в себе парковку, дитячі та спортивні майданчики, освітлення, озеленення тощо.

Звичайно, є і недоліки: часто такі будинки продаються лише з чорною обробкою, а це означає, що за ремонт доведеться заплатити значну суму і заїхати в квартиру, можна буде не скоро. Також бувають такі непоодинокі випадки, коли нова будівля здається не в той термін, який обговорювався на початку, а набагато пізніше.

Відповідно до функціональних процесів, що відбуваються на ринку нерухомості, розрізняють такі три сектори [4]:

- сфера розвитку (створення) об'єктів нерухомості;
- сфера управління об'єктами нерухомості;
- сектор обігу прав на об'єкти нерухомості, які були створені раніше.

Сектор розвитку (створення) об'єктів нерухомості передбачає визначення призначення об'єкта нерухомості, розробка його плану, придбання земельної ділянки, його будівництво чи переробка та введення в експлуатацію.

Сектор управління нерухомості – експлуатація, ремонт, підтримка – контролює вплив деяких факторів чи властивостей об'єктів нерухомості на їх прибутковість. Саме звідси виходить запит до сектору розвитку на створення більш прибуткових об'єктів. Якщо сектор управління недостатньо розвинений, то запит до сфери розвитку передається безпосередньо з сектору обігу.

Сектор обігу прав на об'єкти нерухомості займається формуванням ринкової ціни на об'єкти нерухомості.

1.2 Фактори впливу на вартість житлової нерухомості

Об'єкти нерухомості є своєрідним товаром, до якого застосовуються операції купівлі-продажу. З цього виникає необхідність висвітлення такого поняття як вартість.

Система цін нерухомості має ряд особливостей. При визначені ціни об'єкту враховуються такі взаємопов'язані фактори:

- індивідуальні характеристики об'єкта нерухомості;
- фактор попиту і пропозиції;
- фактор цільового призначення об'єкта.

Вплив окремих факторів залежить від певної ситуації, але при оцінці об'єкта нерухомості потрібно враховувати весь їх спектр [4].

Попит та пропозиція найбільше впливають на ринкову вартість, власне як і на інші товари на ринку. Попит визначається якістю об'єктів, які зацікавлені сторони можуть і хочуть придбати за поточною ринковою вартістю. Пропозиція виражається кількістю об'єктів нерухомості, які в даний момент часу знаходяться на ринку за певною встановленою ціною. Рівень цін на ринку визначає співвідношення попиту та пропозиції.

Ринок житлової нерухомості вирізняється високою вартістю об'єктів нерухомості та низькою ціною еластичністю пропозиції: у разі зміни цін на житлову нерухомість обсяг пропозиції залишається практично незмінним. Така поведінка зумовлена тривалістю фази будівництва. У зв'язку з цим існує постійна кореляція між змінами попиту та пропозиції. Зі збільшенням попиту на житлову нерухомість реакція (зростання) пропозиції відбувається лише через 1-2 роки. Якщо попит впаде, будівельні роботи не зупиняться, оскільки витрати на них дуже великі. Цей взаємозв'язок між попитом та пропозицією тягне за собою розгляд вартості як головного фактора, який регулює та врівноважує попит та

пропозицію на ринку. Отже, існує ризик того, що ринкова вартість власності перевищить справедливую ринкову ціну. У випадку, якщо держава не зможе шляхом регулювання даних процесів згладити дану ситуацію, це призведе до збільшення амплітури економічних циклів. Враховуючи слабку економіку країни, уряд повинен проводити відповідні заходи для стимулювання інтересу до купівлі житла [10].

Водночас у період розквіту ринку житла може статися ситуація «перегріву», коли велике зростання обсягів інвестицій в будівництво стане нерентабельним у зв'язку з погіршенням економічного становища і невідповідності обсягів попиту тому рівню, який прогнозувався спочатку. Тому державі слід ретельно продумувати свої заходи, якщо буде потрібно здійснювати вплив на дестабілізуючі процеси в секторах нерухомості та будівництва. Це питання стає також важливим з ростом поширення іпотечного кредитування, оскільки в умовах економічного занепаду спостерігається зростання безробіття і падіння доходів населення, що створює труднощі у виконанні кредитних зобов'язань з позичальників [35].

Здебільшого ціни залежать від можливостей інвесторів. Попит на ринку нерухомості більш сприйнятливий до змін, ніж пропозиція, оскільки зменшення або збільшення пропозиції грошей займає менше часу, ніж будівництво нових об'єктів нерухомості, що формують зміну обсягу пропозиції.

Здебільшого при купівлі нерухомості враховуються наступні фактори [35]:

- Корисність. Об'єкт нерухомості має певну цінність для зацікавленої в ньому особи. Володіння майном може бути корисним для ведення комерційної діяльності, для задоволення індивідуальних або соціальних потреб.
- Взаємозамінність. Наявність на ринку об'єктів з абсолютно однаковими характеристиками впливає на цінність для покупця.

- Очікування. Цей фактор відображає зміни цінності активу з часом – цінність об'єкта, який може приносити дохід, характеризується величиною грошового потоку, що очікується від його власності або перепродажу.

Об'єкти нерухомості перебувають у вільному цивільному обігу і можуть функціонувати як об'єкти різного роду операцій, створюючи потребу у визначенні їх вартості, тобто у з'ясуванні грошової вартості даного об'єкта в даний момент часу.

Ринок нерухомості є низкою процесів, що забезпечують створення, передачу, використання та фінансування нерухомості.

На розвиток ринку впливають наступні фактори:

- поточний або потенційний економічний підйом;
- фінансові ресурси для купівлі прав на нерухомість;
- зв'язок економічних перспектив району і цін на нерухомість;

В деяких регіонах можуть спостерігатися застійні явища в зв'язку з занепадом або зміною територіального положення промислових об'єктів, що призводить до дисбалансу на ринку нерухомості.

На ринок нерухомості несуть вплив і особливості державного регулювання, загальна економічна ситуація, мікроекономічне положення, стан соціальної сфери та екологічна ситуація в регіоні.

На рівні цін на первинному і вторинних ринках впливають [10]:

- макроекономічні показники;
- рівень життя;
- собівартість будівництва;
- доступність іпотечного кредитування, субсидування;
- політика місцевої влади в області нерухомості і будівництва;
- платоспроможність населення.

Оцінка вартості є доволі трудомістким процесом формування грошового еквівалента об'єкта нерухомого майна. Ця процедура вимагає від особи, яка оцінює високу кваліфікацію, володіння необхідними навичками, інструментами, знаннями правової сфери, а також інформованість щодо ситуації на ринку, особливо в розглянутому сегменті [10].

Необхідність в оцінці об'єктів нерухомості виникає при:

- купівлі, продажу або здачі в оренду;
- плануванні інвестиційних проектів і залученні інвесторів;
- страхуванні нерухомості;
- оподаткування об'єктів нерухомості;
- виконанні юридичних приписів (права спадкування, рішення майнових суперечок і т.д.);
- кредитування під заставу об'єктів нерухомості;
- інші операції над нерухомим майном [2].

Залежно від стадії процесу оцінки майна, виділяються різні фактори, які лежать в основі змін цін на нерухомість. Ці фактори можна розподілити на три рівні.

Перший рівень – глобальний, є результатом впливу таких груп факторів:

- політичних;
- економічних;
- соціальних;
- географічних;
- екологічних.

До даного рівня належать такі фактори, які не мають прямого відношення до об'єкту оцінки, тобто не є його характеристиками. Вони впливають на процеси ринку нерухомості і, як наслідок, на даний об'єкт.

До соціальних факторів даного рівня відносяться: структура населення, демографічні показники, щільність заселення та рівень розвитку культури і освіти.

До економічних чинників даного рівня відносяться:

- рівень якості життя населення;
- будівельні інвестиції;
- податки на нерухомість;
- розвиток будівництва.

До географічно-екологічних факторів даного рівня відносяться: розташування, екологія та природні ресурси.

До політичних факторів даного рівня відносяться: іпотечне і податкове законодавство, кредитна політика, політична стабільність.

Другий рівень – фактори місцевого рівня в межах міста чи району, безпосередньо пов'язані з об'єктом нерухомості. Характерні групи чинників:

- умови фінансування;
- місце розташування об'єкта;
- фізичні особливості нерухомого майна.

До факторів місця розташування можна віднести:

- транспортна доступність;
- оточення;
- наявність соціально-культурних об'єктів;
- розташування щодо плану міста (району).

Розвинена система громадського транспорту, а також наявність стоянок для автомобілів підвищує вартість об'єктів нерухомості.

До фізичних факторів даного рівня відносяться:

- Комфортність об'єкта;
- Функціональна придатність;

- Рівень розвитку комунальних послуг;
- Якість будівництва і експлуатації;
- Фізичні властивості об'єкта.

Характеристики стану об'єкта відіграють важливу роль в професі формування ціни, так само як доступність і якість надання комунальних послуг. Умови позики включають: умови кредитування, процентні ставки та умови надання коштів.

Третій рівень – фактори, що безпосередньо характеризують об'єкт нерухомості.

Архітектурні та будівельні фактори відображають об'ємно-планувальні показники: відповідність кліматичним нормам, вимогам планування, освітленості, зовнішнього вигляду і т.д. Мета використання об'єкта накладає вимоги до його планування та розміщення, тому необхідно перевіряти відповідність характеристик об'єкта нерухомості до передбачуваної функції [10].

До фінансово-експлуатаційних факторів належать будівельні та експлуатаційні доходи.

Вплив цих показників слід розглядати залежно від рівня деталізації оцінки, оскільки вплив може здійснюватися на окремих етапах [35].

1.3 Моделі оцінки об'єктів нерухомості

Вивчення літератури показало, що питанню індивідуальної оцінки вартості окремого об'єкта або масовій оцінці ряду об'єктів приділено чимало досліджень, розроблені підходи і методи аналізу, складені ефективні моделі. Проте, питанню прогнозування і моделювання процесу формування ціни на ринку нерухомості в розрізі регіонів приділяється досить мало уваги. Розглянемо підходи, які можна застосовувати для дослідження даного питання [18].

1. Моделі на основі аналізу трендів.

1.1. Моделі, що використовують тенденції, засновані на цінах на нерухомість, інтерпольованих функціями різної складності. Цей підхід не враховує внутрішнього важеля зміни цін, а тому не забезпечує високу точність прогнозування. Високий ступінь полінома призводить до нестабільності прогнозування та великих помилок у порівнянні з моделями, які мають більш просту структуру. Використання кускового тренду зменшує обсяг вибірки в кожному інтервалі, що впливає на точність наближення та якість прогнозу. Цей метод доцільно застосовувати лише тоді, коли існують періоди, протягом яких спостерігається певна закономірність при цінових змінах, а також при застосуванні методів компонентного розкладання тимчасового ряду для подальшого аналізу сезонної складової [27].

1.2. Авторегресивні моделі, засновані на співвідношенні між поточними значеннями даного часового ряду та значеннями того самого ряду в деякі попередні моменти часу. Також передбачається, що характер зміни вартості не змінюється. Існує баланс попиту та пропозиції, що характерно для саморегулюючої рівноваги на ринку. Прогнози, засновані на авторегресії, можуть використовуватися лише в рамках стабільних процесів), якщо можна припустити, що в прогнозований період не відбудеться суттєвих подій і що зміни цін

відбудуться при збереженні минулих тенденцій. Виникнення раптових криз призводить до порушення стабільних механізмів зміни цін і в цьому випадку вимагає вивчення прихованих важелів, що контролюють динаміку цін [27].

2. Моделі, засновані на статистичній подібності процесів. Вони базуються на припущенні, що економічна система є циклічною. Застосування цього підходу ефективно як під час кризи, так і після неї. Однак недоліком таких моделей є те, що не можна брати до уваги особливості окремих регіонів (географічне розташування, екологічні умови тощо), що мають прямий вплив на формування ціни на нерухомість [17].

3. Моделі кластерного і факторного аналізу.

3.1. При кластерному аналізі модель формується шляхом послідовного або паралельного перетину вихідної вибірки даних (групування, стратифікація) за допомогою факторів, що визначають ціни, які тісніше корелюють із цінами на нерухомість, та обчислення коефіцієнтів моделі на основі порівняння середніх значень. Відбувається формування об'єктних груп (кластерів) через загальну подібність деяких ознак окремих об'єктів. Середня ціна розраховується для кожного кластера і за певних умов може бути використана як ринкова ціна для елементів цієї групи. Моделі цієї категорії не пропонують можливості визначати фактори, що впливають на механізм ціноутворення на ринку нерухомості.

3.2. Модель факторного аналізу виникає внаслідок переходу від спостережуваних показників до узагальнюючих факторів, які згодом можуть бути використані при кореляційному регресійному аналізі. Насамперед факторний аналіз служить в якості первинної обробки та аналізу даних для подальшої оцінки і не передбачає функціонування як самостійний метод прогнозування [32].

3.3. Застосування факторного та кластерного аналізу «стискає» дані, зібрані під час спостереження, оскільки з усього обсягу інформації виділяються середні або факторні дані, що зменшує кількість випадкових відхилень від «реальних»

даних. Таким чином можна досить ефективно визначити закономірності ринку нерухомості і на основі цього побудувати більш надійні моделі оцінки.

4. Нейромережеве моделювання. Для того щоб побудувати нейронну мережу розмір вибірки, на якій буде проводитися "навчання", повинен бути досить великим і мати одну моду. Для кожного регіону необхідно буде проводити «перенавчання» моделі або будувати нову. Проте нейромережеві моделі в області нерухомості показують слабкі прогностичні здібності [18].

5. Машинне навчання. Завдання моделювання ринку нерухомості можна сформулювати як економічну інтерпретацію впливу всіх існуючих факторів на нерухомість у певний момент часу. Застосування побудови прогнозних моделей за допомогою процесів машинного навчання продиктовано їх властивостями для відображення надзвичайно складних залежностей за допомогою нелінійного моделювання. Особливістю цього підходу є відсутність чіткого алгоритму побудови моделі на відміну від стандартних методів параметричного аналізу [9].

Загальним обмеженням використання методів машинного навчання є необхідність використання великої кількості знань для навчання та тестування моделі. Це пояснюється тим, що алгоритми в чистому вигляді базуються лише на даних без апріорних міркувань, і наявних даних може бути недостатньо для навчання.

Численні наукові та літературні джерела вказують на те, що статистичні методи все частіше використовуються для оцінки проблем. Досвід використання моделей у міжнародній практиці в літературі представлений всебічніше з конкретними прикладами для таких застосувань.

Гradientне підсилення(бустінг) – це метод машинного навчання для задач регресії та класифікації, що дозволяє поєднати кілька простих і неточних моделей в ансамбль (суму), в якій кожна наступна модель виправляє помилки моделей, вже доданих до ансамблю.

Найпопулярнішим базовим алгоритмом посилення градієнта є дерева рішень. Дерево рішень – використовується при моделюванні та аналізі даних для прогнозних моделей.

Структура дерева складається з таких елементів: «листя» і «гілки». На ребрах дерева прийняття рішення записані атрибути з бінарною умовою, що впливають на значення цільової функції, в «листі» записані значення які функція може набувати, а в інших вузлах – атрибути, що розрізняють випадки. Для того, щоб класифікувати новий випадок, необхідно опуститись по бінарним умовам дерева до листа і отримати відповідне значення цільової функції [9].

6. Просторове параметричне моделювання. Підхід передбачає, що більша частина ціни визначається низкою значущих показників, для яких перевіряється статична значимість їхніх середніх показників. Доцільно використовувати метод для розвинутих ринків, оскільки для слаборозвинених та неоднорідних результати будуть неефективні [16].

7. Експертна оцінка. Базується на основі знань та досвіду експерта, тому надійність такого прогнозу залежить від його кваліфікації. Звідси і недолік – прогноз суб'єктивний.

Наразі економетричний метод є найпоширенішим для оцінки та прогнозування ціноутворення ринку нерухомості.

2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НА ЦІНОУТВОРЕННЯ РИНКУ НЕРУХОМОСТІ

2.1 Постановка задачі економічного змісту

Поліпшення ефективності державного управління в сфері нерухомості можна досягти за рахунок надійних оцінок, які показали б, як справжній стан ринку, так і потенційно можливий. Ціна об'єктів нерухомості піддається впливу безлічі факторів, таким як характеристика конкретного об'єкта нерухомості, регіональні фактори, які безпосередньо не пов'язані з об'єктом, але впливають на ситуацію і тенденції. Наразі більшість досліджень, які проводяться на дану тему здійснені на рівні країни, проте важливу роль відіграє оцінка нерухомості на рівні регіонів, оскільки кожен з них відрізняється рівнем життя населення, рівнем середньої заробітної плати, рівнем безробіття та іншими факторами.

В такому розрізі мова може йти про розвиток ринку нерухомості за допомогою житлових програм, стимулюванні будівельної діяльності та інвестицій, розвитку доступності іпотечного кредитування.

За рахунок проведення заходів в зазначених напрямках, держава і регіональні інститути управління можуть успішно впливати на ринок нерухомості на регіональному рівні. Однак найчастіше можна спостерігати мінімальну ефективність проведених програм у зв'язку з недостатньою розвиненістю аналітики в даній сфері, яка б враховувала індивідуальні особливості та характеристики регіонів.

Оскільки багато людей з різних куточків України прагнуть переїхати саме до столиці і придбати там квартиру, то попит на первинному ринку в Києві значно переважає попиту в інших містах, тому доцільно окремо дослідити ціноутворення в столиці та визначити фактори впливу.

Побудова невизначеного майбутнього на ринку первинної нерухомості в місті Київ дозволила б знизити ризики як для органів державного управління, а також для пересічних громадян, які бажають придбати або продати квартиру, ріелторів та інвесторів.

Основним завданням даної дипломної роботи є за допомогою економіко-математичного моделювання визначити ряд макроекономічних та регіональних факторів, які впливають на ціноутворення первинного ринку нерухомості. А також побудувати модель, яка дозволила б на основі тенденцій визначених факторів прогнозувати середню ціну за квадратний метр на первинному ринку нерухомості.

2.2 Побудова лінійної багатфакторної регресійної моделі

Проведемо дослідження на основі даних за 2007-2019 роки про вплив макроекономічних факторів на ціноутворення ринку нерухомості. Оскільки через пандемію у світі, дані за 2020 рік є доволі аномальними, то було прийнято рішення не враховувати їх до загальної моделі, оскільки вони можуть спотворити загальну картину впливу. Дослідження здійснимо за допомогою багатфакторної лінійної регресійної моделі, оскільки вона дозволяє оцінити зв'язок між двома або більше незалежними змінними та однією залежною змінною.

Математичне подання множинної регресії подано у формулі (2.1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots + \beta_n X_n + \varepsilon, \quad (2.1)$$

де Y — залежна змінна;

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ – коефіцієнти регресії, які показують яким є вплив незалежної змінної на залежну;

X_i – пояснювальні змінні;

ε – випадкова величина.

У нашому випадку в якості залежної змінної виступатиме середня ціна за кв. м. на первинному ринку у м. Київ, а в якості незалежних змінних було обрано одинадцять різних соціально-економічних показників (Додаток А). Оскільки побудову моделі і її аналіз ми будемо проводити за допомогою програми SPSS Statistic, а дана програма не підтримує кирилицю, то введемо позначення (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Позначення факторів, що досліджуються

Позначення	Опис
Залежна змінна	
Price (m ²)	Середня ціна 1 квадратного метру на первинному ринку в м. Київ (грн.)
Незалежні змінні	
Houses (m ²)	Обсяг прийняття в експлуатацію всього м. кв. у місті Київ
Unemployment	Рівень безробіття (%)
Inflation	Рівень інфляції (%)
Average salary	Рівень середньої заробітної плати (грн.) у місті Київ, у розрахунку на рік
Currency	Курс гривні по відношенню до долару США (грн.)
Vrp	Валовий регіональний продукт м. Київ на душу населення (грн.)
Discount rate	Облікова ставка (% річних), за даними НБУ України
Population	Чисельність наявного населення в місті Київ (осіб)
Subsistence_min	Прожитковий мінімум (грн.), з розрахунку на рік
Expenditure	Витрати населення на одну особу (грн.) по місту Київ
Investment	Капітальні інвестиції в будівельну діяльність (грн) по місту Київ

Перед побудовою моделі необхідно провести аналіз парної кореляції незалежних факторів. Для цього скористуємося коефіцієнтом кореляції Пірсона (див. рис. 2.1).

		Houses (m ²)	Unemployment	Inflation	Average salary	Currency	Vrp	Discount rate	Population	Subsistence_min	Expenditure	Investment
Houses (m ²)	Кореляція Пірсона	1	-.113	.049	-.025	.012	.021	-.135	.124	.090	-.051	.313
	Знач. (двухстороння)		.713	.874	.935	.989	.945	.880	.888	.769	.887	.298
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Unemployment	Кореляція Пірсона	-.113	1	.110	.410	.490	.446	.488	.672 [*]	.563 [*]	.385	.399
	Знач. (двухстороння)		.713	.722	.184	.089	.127	.109	.012	.045	.194	.177
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Inflation	Кореляція Пірсона	.049	.110	1	-.120	-.051	-.077	.557 [*]	.004	-.126	-.118	.154
	Знач. (двухстороння)		.874	.722	.895	.888	.804	.048	.991	.882	.700	.815
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Average salary	Кореляція Пірсона	-.025	.410	-.120	1	.953 ^{***}	.995 ^{***}	.862 ^{**}	.898 ^{***}	.957 ^{***}	.995 ^{***}	.782 ^{***}
	Знач. (двухстороння)		.935	.184	.895	.000	.000	.014	.000	.000	.000	.002
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Currency	Кореляція Пірсона	.012	.490	-.051	.953 ^{***}	1	.981 ^{***}	.734 ^{***}	.891 ^{***}	.920 ^{***}	.924 ^{***}	.781 ^{***}
	Знач. (двухстороння)		.989	.089	.888	.000	.000	.004	.000	.000	.000	.002
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Vrp	Кореляція Пірсона	.021	.446	-.077	.995 ^{***}	.981 ^{***}	1	.892 ^{***}	.929 ^{***}	.972 ^{***}	.989 ^{***}	.827 ^{***}
	Знач. (двухстороння)		.945	.127	.804	.000	.000	.009	.000	.000	.000	.000
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Discount rate	Кореляція Пірсона	-.135	.488	.557 [*]	.862 ^{**}	.734 ^{***}	.892 ^{***}	1	.892 ^{***}	.834 [*]	.848 [*]	.880 [*]
	Знач. (двухстороння)		.880	.109	.048	.014	.009	.009	.009	.020	.017	.014
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Population	Кореляція Пірсона	.124	.672 [*]	.004	.898 ^{***}	.891 ^{***}	.929 ^{***}	.892 ^{***}	1	.979 ^{***}	.887 ^{***}	.879 ^{***}
	Знач. (двухстороння)		.888	.012	.991	.000	.000	.009	.000	.000	.000	.000
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Subsistence_min	Кореляція Пірсона	.090	.563 [*]	-.126	.957 ^{***}	.920 ^{***}	.972 ^{***}	.834 [*]	.979 ^{***}	1	.950 ^{***}	.842 ^{***}
	Знач. (двухстороння)		.769	.045	.882	.000	.000	.020	.000	.000	.000	.000
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Expenditure	Кореляція Пірсона	-.051	.385	-.118	.995 ^{***}	.924 ^{***}	.989 ^{***}	.848 [*]	.887 ^{***}	.950 ^{***}	1	.782 ^{***}
	Знач. (двухстороння)		.887	.194	.700	.000	.000	.017	.000	.000	.000	.002
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Investment	Кореляція Пірсона	.313	.399	.154	.782 ^{***}	.781 ^{***}	.827 ^{***}	.880 [*]	.879 ^{***}	.842 ^{***}	.782 ^{***}	1
	Знач. (двухстороння)		.298	.177	.815	.002	.002	.014	.000	.000	.002	.000
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

* Кореляція значуща на рівні 0,05 (двухсторонній).

Рисунок 2.1 – Значення парних кореляцій факторів

Як видно з рис. 2.1, найбільша кореляція, а саме 0,995 спостерігається між такими парами показників як значення валового регіонального продукту та середньої заробітної плати, а також між витратами населення та рівнем середньої заробітної плати. Також саме ці фактори складають з іншими показниками пари з кореляцією більшою ніж 0,95.

В наслідок цього, було прийнято рішення виключити вище перелічені змінні з аналізу для збільшення точності результатів і уникнення

мультиколеніарності. Оскільки лінійна залежність між пояснюючими змінними не дасть змогу реально оцінити вплив кожного із факторів на ціну і може стати причиною не точної інтерпретації моделі.

При виключенні змінних коефіцієнти попарної кореляції виглядатимуть наступним чином (див. рис. 2.2):

		Корреляции							
		Houses (m ²)	Unemployment	Currency	Discount rate	Investment	Inflation	Population	Subsistence_min
Houses (m ²)	Корреляция Пирсона	1	-,113	,012	-,135	,313	,049	,124	,090
	Знач. (двухсторонняя)		,713	,989	,680	,298	,874	,688	,789
	N	13	13	13	13	13	13	13	13
Unemployment	Корреляция Пирсона	-,113	1	,490	,486	,399	,110	,672 ⁺	,563 ⁺
	Знач. (двухсторонняя)	,713		,089	,109	,177	,722	,012	,045
	N	13	13	13	13	13	13	13	13
Currency	Корреляция Пирсона	,012	,490	1	,734 ^{**}	,781 ^{**}	-,051	,891 ^{**}	,920 ^{**}
	Знач. (двухсторонняя)	,989	,089		,004	,002	,888	,000	,000
	N	13	13	13	13	13	13	13	13
Discount rate	Корреляция Пирсона	-,135	,486	,734 ^{**}	1	,680 ⁺	,557 ⁺	,692 ^{**}	,634 ⁺
	Знач. (двухсторонняя)	,680	,109	,004		,014	,048	,009	,020
	N	13	13	13	13	13	13	13	13
Investment	Корреляция Пирсона	,313	,399	,781 ^{**}	,680 ⁺	1	,154	,879 ^{**}	,842 ^{**}
	Знач. (двухсторонняя)	,298	,177	,002	,014		,615	,000	,000
	N	13	13	13	13	13	13	13	13
Inflation	Корреляция Пирсона	,049	,110	-,051	,557 ⁺	,154	1	,004	-,126
	Знач. (двухсторонняя)	,874	,722	,888	,048	,615		,991	,682
	N	13	13	13	13	13	13	13	13
Population	Корреляция Пирсона	,124	,672 ⁺	,891 ^{**}	,692 ^{**}	,879 ^{**}	,004	1	,979 ^{**}
	Знач. (двухсторонняя)	,688	,012	,000	,009	,000	,991		,000
	N	13	13	13	13	13	13	13	13
Subsistence_min	Корреляция Пирсона	,090	,563 ⁺	,920 ^{**}	,634 ⁺	,842 ^{**}	-,126	,979 ^{**}	1
	Знач. (двухсторонняя)	,789	,045	,000	,020	,000	,682	,000	
	N	13	13	13	13	13	13	13	13

*. Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

**. Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Рисунок 2.2 – Скореговані значення попарної кореляції

Використаємо метод прямого відбору, для визначення факторів, які необхідно включити до моделі [37]. При цьому підході в першу чергу включається та змінна, яка має найбільшу кореляцію з залежною змінною. Показники кореляції середньої ціни 1 кв. м. і незалежних змінних представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Кореляція середньої ціни і незалежних факторів

Фактори	Середня ціна (Price)
Houses (m ²)	-0,135
Unemployment	0,406
Inflation	0,127
Discount rate	0,849
Investment	0,727
Currency	0,957
Population	0,811
Subsistence_min	0,841

З табл. 2.2 спостерігаємо найбільшу залежність між середньою ціною за м. кв та курсом гривні по відношенню до долару США, тому саме ця змінна має першою пройти перевірку на включення до загальної моделі. Знайдемо оцінки значень результуючої ознаки на підставі побудови моделі, яка включає тільки одну незалежну змінну *Currency*. Результати розрахунків подано у табл 2.3:

Таблиця 2.3 – Розрахунки моделі з незалежною змінною *Currency*

Рік	Currency (X)	Price m ² (Y)	($\hat{Y}$)	Y_сер	($\hat{Y} - Y_{сер}$) ²	(Y - $\hat{Y}$) ²
2007	5,05	12407	11820,1	16904,9	25855413,0	344450,1
2008	5,05	14054	11820,1		25855413,0	4990303,6
2009	7,7	14361	13337,9		12723470,8	1046681,2
2010	8	13765	13509,8		11527167,6	65150,1
2011	7,95	12254	13481,1		11722450,7	1505815,2
2012	7,99	11832	13504,0		11566093,0	2795674,9
2013	7,99	11443	13504,0		11566093,0	4247833,0
2014	7,99	12375	13504,0		11566093,0	1274702,4
2015	15,77	20930	17960,1		1113462,6	8820125,2
2016	23,95	21801	22645,3		32952378,3	712908,8
2017	27,18	22738	24495,4		57614835,1	3088337,9
2018	28,32	25063	25148,3		67953553,5	7279,1
2019	28,12	26741	25033,8		66078068,2	2914651,9
Сума					348094491,6	31813913,3

Значення F -критерію будемо знаходити за формулою (2.2) [13]:

$$F = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \div \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - 2}, \quad (2.2)$$

де $\hat{Y}_i$ – оцінка отримана на основі регресійної моделі;

$\bar{Y}$ – значення по всім дослідженням Y_i ;

Y_i – значення результуючої змінної;

n – об'єм вибірки.

Знайдемо значення F -критерію для фактора currency і представимо обчислення у формулі (2.3).

$$F_{currency} = \frac{348094491,6}{31813913,3 \div (13 - 2)} = 120,4. \quad (2.3)$$

Аналогічно проведемо обчислення для інших факторів. Отримані значення занесемо у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – F -критерій для факторів

Фактор	Значення F -критерію
Houses (m ²)	0,204
Unemployment	0,357
Inflation	0,181
Discount rate	28,465
Investment	12,367
Population	21,182
Subsistence_min	26,498

При рівні значимості $\alpha = 0,05$ і степенях свободи $f_1 = 1$ и $f_2 = 13$, $F_{табличне}$ буде дорівнювати 4,67 [38]. Отже, згідно до проведеного прямого відбору до

моделі необхідно включити значення курсу гривні по відношенню до долару США, облікову ставку (% річних), кількість капітальних інвестицій в будівельну діяльність, чисельність наявного населення та прожитковий мінімум.

Побудувавши модель залежності середньої ціни за квадратний метр від вище перерахованих факторів, було виявлено, що значення *p-value* показника *investment* значно перевищує норму 0,05 (рис. 2.3), тому було прийнято рішення виключити даний чинник.

Коэффициенты^а

Модель		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизованные коэффициенты	Т	Значимость
	В	Стандартная ошибка	Бета			
1	(Константа)	189660,625	46522,248		4,077	,005
	Subsistence_min	,865	,273	,827	3,169	,016
	Population	-,069	,018	-,955	-3,924	,006
	Investment	4,624E-8	,000	,033	,417	,689
	Discount rate	561,012	81,932	,464	6,847	,000
	Currency	407,653	71,800	,681	5,678	,001

а. Зависимая переменная: Price (m²)

Рисунок 2.3 – Значення p-value

В результаті отримали модель зі значеннями: $R^2 = 0,990$, скоригований R^2 дорівнює 0,985, стандартна помилка оцінки= 678,168.

Значення R^2 означає, що варіація ціни за кв. метр на первинному ринку нерухомості в м. Київ за 2007-2019 роки на 99% обумовлена наведеними факторами, що є гарною оцінкою для побудованої моделі.

На рис 2.4 подані інші отримані значення для нашої побудованої моделі. Аналізуючи дані зі стовпчика «Бета» можемо зробити висновок, що найбільше на ціну за кв. метр впливає курс прожитковий мінімум ($\beta = 0,811$).

Значення *p-value* для фактору *currency* і *discount rate* дорівнює 0, для фактора *population* = 0,002, а для *subsistence_min* = 0,011, як бачимо всі значення лежать в межах допустимого від 0,000 до 0,05.

Коэффициенты^а

		Нестандартизованные коэффициенты		Стандартизо ванные коэффициент ы		
Модель		B	Стандартная ошибка	Бета	t	Значимость
1	(Константа)	181629,336	40103,901		4,529	,002
	Subsistence_min	,848	,256	,811	3,318	,011
	Population	-,066	,015	-,914	-4,341	,002
	Discount rate	562,634	77,499	,465	7,260	,000
	Currency	409,192	67,902	,684	6,026	,000

а. Зависимая переменная: Price (m²)

Рисунок 2.4 – Коефіцієнти регресійної моделі

Побудована у ході дослідження модель представлена у формулі (2.4). За її допомогою можна оцінити вплив кожного фактора на ціну за квадратний метр.

$$Price(m^2) = 181629,336 + 0,848 * subsistence_{min} - 0,066 * population + 562,634 * discount\ rate + 409,192 * currency. \quad (2.4)$$

Тобто при збільшенні прожиткового мінімуму на 1 гривню за рік ціна квадратного метру на первинну житлову нерухомість у місті Київ піднімається на 0,85 грн, а при зростанні чисельності фактичного населення в місті Київ на одну особу – знижується на 0,07 грн.. Зі зростанням облікової ставки на 1% ціна за квадратний метр збільшується на 562,63 грн, а ріст курсу гривні по відношенню до долара США провокує збільшення ціни на 409,19 гривень

Перевіримо наявність автокореляції в побудованій моделі, за допомогою критерію Дарбіна- Уотсона. При рівні значимості $\alpha = 0,05$, n (об'єм вибірки) = 13, m (число змінних в рівнянні регресії) = 4, критичні значення DW будуть дорівнювати $d_l = 0,574$ та $d_u = 2,094$, для $\alpha = 0,05$ [39]. Знайдемо значення DW для нашої моделі за допомогою статистичного пакету SPSS Statistic (див. рис. 2.5).

Модель	R	R-квадрат	Скорректиро- ванный R- квадрат	Стандартная ошибка оценки	Дарбин- Уотсон
1	,995 ^a	,990	,985	678,168	2,016

a. Предикторы: (константа), Currency, Discount rate, Population, Subsistence_min

b. Зависимая переменная: Price (m²)

Рисунок 2.5 – Значення критерію Дарбіна-Уотсона для побудованою моделі

Оскільки $DW=2,016$ і $0,574 < 2,016 < 2,094$, то можемо зробити висновок про відсутність автокореляції в побудованій моделі.

Також здійснимо перевірку на адекватність за допомогою F -критерію Фішера. Знайдемо значення даного показника за допомогою статистичного пакету *SPSS Statistic* (див. рис. 2.6).

ANOVA ^a						
Модель		Сумма квадратов	ст.св.	Средний квадрат	F	Значимость
1	Регрессия	376229107,8	4	94057276,95	204,511	,000 ^b
	Остаток	3679297,118	8	459912,140		
	Всего	379908404,9	12			

a. Зависимая переменная: Price (m²)

b. Предикторы: (константа), Currency, Discount rate, Population, Subsistence_min

Рисунок 2.6 – Значення критерію Фішера

При рівні значимості $\alpha = 0,05$ і степенях свободи $\nu_1 = 4$ и $\nu_2 = 13-2-1=10$, $F_{\text{табличне}}$ буде дорівнювати 204,5. [38].

Оскільки $F_{\text{фактичне}} > F_{\text{табличне}}$, то побудована регресійна модель відповідає реальній дійсності.

Отже, в результаті регресійно-кореляційного дослідження було виявлено, що на ціноутворення впливають такі фактори як: прожитковий мінімум,

чисельність фактичного населення, облікова ставка та курс гривні по відношенню до долара США. Була побудована лінійна багатофакторна модель зі значенням $R^2 = 0,990$ та досліджена на адекватність.

2.3 Побудова моделі Random Forest

Лінійні методи мають ряд важливих переваг: швидко навчаються, здатні працювати з великою кількістю об'єктів та ознак, прості в оцінці та інтерпретації отриманих коефіцієнтів регресії. При цьому вони мають і значний недолік – враховують лише лінійні зв'язки між цільовою змінною та факторами [13].

Процес ціноутворення на ринку нерухомості є доволі складним явищем, тому між ціною та досліджуваними факторами впливу можуть виявитися і нелінійні зв'язки. Оскільки лінійна багатофакторна регресійна модель не здатна їх врахувати, доцільно дослідити це питання та побудувати модель за допомогою машинного навчання.

Методи класу машинного навчання відносять до методів штучного інтелекту. Їх суть у створенні алгоритмів, які передбачають можливість самонавчатися. Для здійснення навчання алгоритму надається якесь безліч значень, в яких присутня невідома залежність між об'єктами і результатами. Навчаючись на даних об'єктах, чиї значення були отримані при вирішенні подібних завдань, для яких навчається алгоритм, метод виявляє залежності між об'єктами і результатами, вхідними і вихідними значеннями, що дозволяє використовувати алгоритм для вирішення даного типу завдань з абсолютно новими вхідними. Для вирішення поставленої задачі, було обрано метод *Random Forest*.

До переваг даного алгоритму можна віднести [20]:

- універсальність, оскільки його можна використовувати як для задач регресії, так і для класифікації;
- можливість виміру відносної важливості кожної ознаки для прогнозування;
- не потребує нормалізації даних, оскільки він використовує підхід, який базується на правилах.

В алгоритмі *Random Forest* лежить поняття «дерево рішення», що є методом представлення вирішуючих правил в ієрархічній структурі, яка складається з елементів двох типів - вузлів та листя. Дерево рішення будується за принципом розбиття сукупності усіх можливих значень $X_1, X_2, \dots, X_p$ на J окремих областей $R_1, R_2, \dots, R_J$, які між собою не перетинаються. Побудова даних областей здійснюється за принципом мінімізації суми квадратів відхилення по всім віткам [40].

Критерій розподілення на області матиме подано у формулі (2.5):

$$RSS = \sum_{j=1}^J \sum_{i \in R_j} (y_i - \hat{y}_{R_j})^2 \rightarrow \min, \quad (2.5)$$

де $\hat{y}_{R_j}$ – середнє значення відповіді тренувальної вибірки з j -тої області.

З точки зору обчислення, не можливо розглянути всі варіанти розподілу множини значень на J областей. Тому доцільно скористатися таким поняттям як рекурсивний бінарний розподіл.

Для його виконання ми спочатку вибираємо такий предиктор X_j і «точку розриву» s , при яких досягається мінімально можливе значення RSS при розбитті простору предикторів на області $\{X|X_j < s\}$ і $\{X|X_j \geq s\}$.

Тобто для будь-яких j і s ми визначаємо пару напівплощин, які подані у формулі (2.6):

$$R_1(j, s) = \{X | X_j < s\} \text{ і } R_2(j, s) = \{X | X_j \geq s\}. \quad (2.6)$$

А потім знаходимо такі значення j і s , які б задовольнили цільову функцію, яка зазначена у формулі (2.7):

$$\sum_{i: x_i \in R_1(j, s)} (y_i - \hat{y}_{R_1})^2 + \sum_{i: x_i \in R_2(j, s)} (y_i - \hat{y}_{R_2})^2 \rightarrow \min, \quad (2.7)$$

де $\hat{y}_{R_1}$ – середнє значення тренувальної вибірки з області $R_1(j, s)$;

$\hat{y}_{R_2}$ – середнє значення тренувальної вибірки з області $R_2(j, s)$.

Даний алгоритм побудови дерева рішень схематично зображено на рис. 2.7.

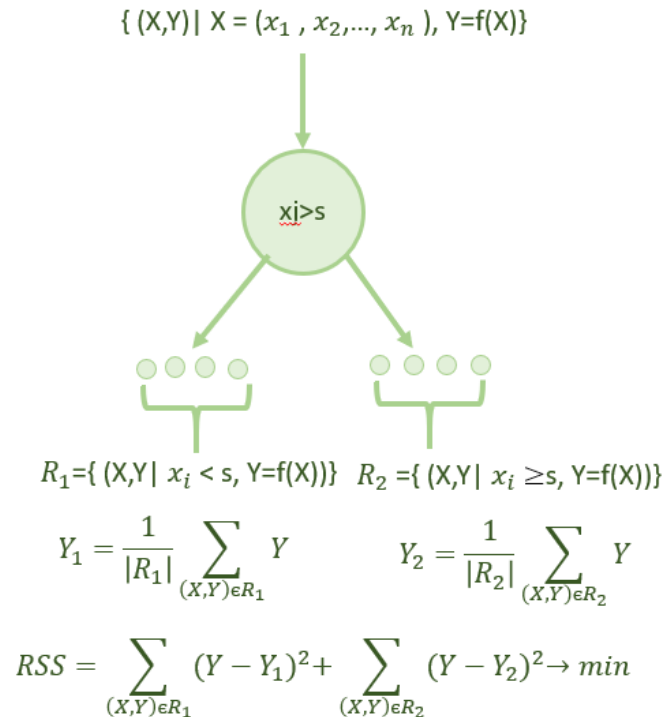


Рисунок 2.7 – Алгоритм побудови дерева рішень

Далі ми повторюємо цей процес знаходження оптимального предиктора і точки розриву з метою подальшого розбиття даних для мінімізації RSS в межах кожної одержуваної області. Проте тепер ми розбиваємо не всю множину предикторів, а лише одну з двох областей, які були отримані на попередньому етапі. Дана процедура виконується до того часу, поки або не закінчиться вибірка, або досягнуто максимальне значення ділення, або досягнута максимальна глибина вузла, або зміна неоднорідності стає менш вагомою [20].

Суть алгоритму *Random Forest* полягає в створенні множини таких незалежних дерев, кожне з яких навчається прийняттю рішення на основі вибору і аналізу випадкової підвибірки усіх можливих факторів. Потім результати усіх дерев усереднюються. Даний процес представлено графічно на рис 2.8.

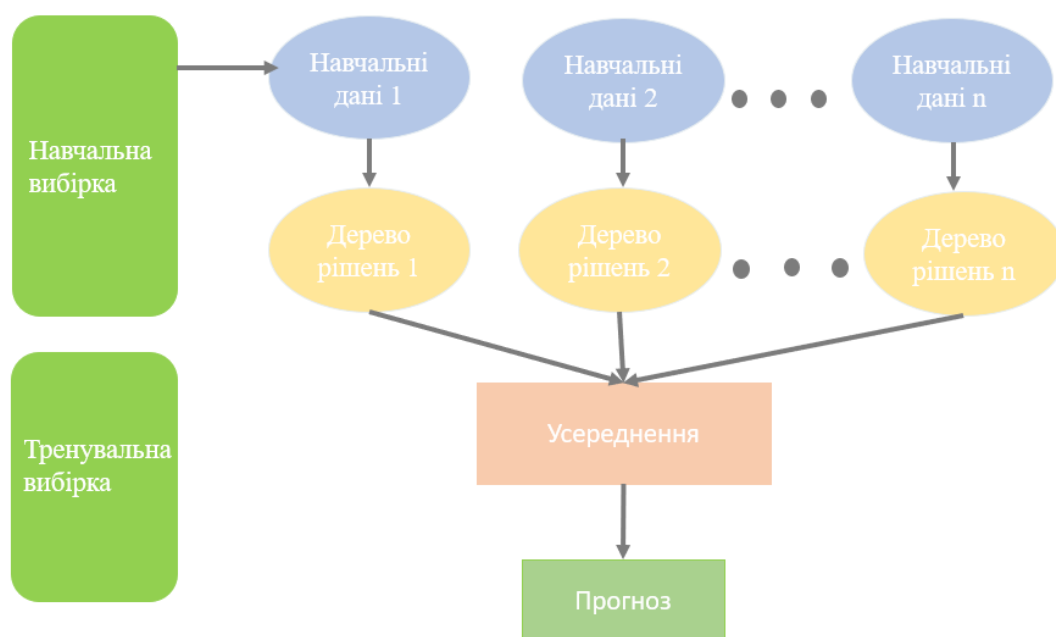


Рисунок 2.8 – Алгоритм побудови випадкового лісу

Тобто для побудови кожного дерева випадковим чином вибирається лише m предикторів з p -вимірної навчальної вибірки. Слід зазначити, що для кожного

розподілу в дереві також створюється новий набір з m предикторів. У мові програмування R розподіл виконується за правилом зазначеним у формулі (2.8).

$$m = \frac{p}{3}. \quad (2.8)$$

Завдяки даному принципу дії випадкового лісу, кореляція між деревами зводиться до мінімуму [43].

Для побудови моделі візьмемо дані за 2007-2019 роки, залежною змінною буде виступати середня ціна за квадратний метр на первинному ринку у місті Київ, а залежними факторами, одинадцять різних соціально-економічні показників (Додаток А), які ми розглядали і для побудови лінійної багатофакторної регресійної моделі.

Побудову випадкового лісу будемо здійснювати на мові програмування R . Спочатку необхідно поділити вибірку на дві частини, на одній частині штучний інтелект буде навчатися, а на іншій буде апробація моделі у вигляді прогнозування. Вибірку було поділено таким чином, що 80% вибірки іде на навчання і 20% на прогнозування.

Результат побудови представлено на графіку (див. рис. 2.9):

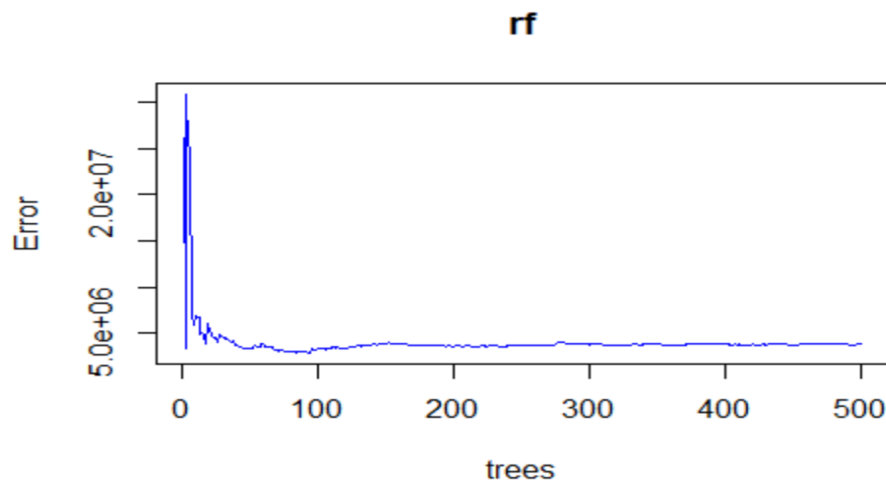


Рисунок 2.9 – Випадковий ліс

Побудова моделі виконувалася по 500 деревам, в яких було використано 88,49% змінних. Середнє значення квадратних залишків складає 3807810. Аналізуючи графік (рис. 2.9) бачимо що мінімальна точка розташована на значенні кількості дерев ≈ 95 , тобто це є достатня кількість дерев для прогнозування. Відсоток в середньому відхилення від медіани нашої вибірки складає 16%. Найбільший відсоток відхилення складає 18%.

Оскільки ми ділили нашу вибірку на навчальну та тренувальну у розмірності 80% і 20% відповідно, а загальна кількість даних була взята за 13 років, то на тренування припали дані за три роки, а саме за 2010, 2011 та 2015. Згідно моделі ціна за 2010 рік складає 13479.64 , що є на 2% менше за реальну. Ціна за 2011 рік була спрогнозована на 2% більше за реальну, а за 2015 рік на 18,7% менше.

Побудуємо графік відображення ціни за квадратний метр у місті Київ, де по вертикалі розміщена шкала прогнозованих значень, а по горизонталі – реальних значень (див. рис. 2.10).

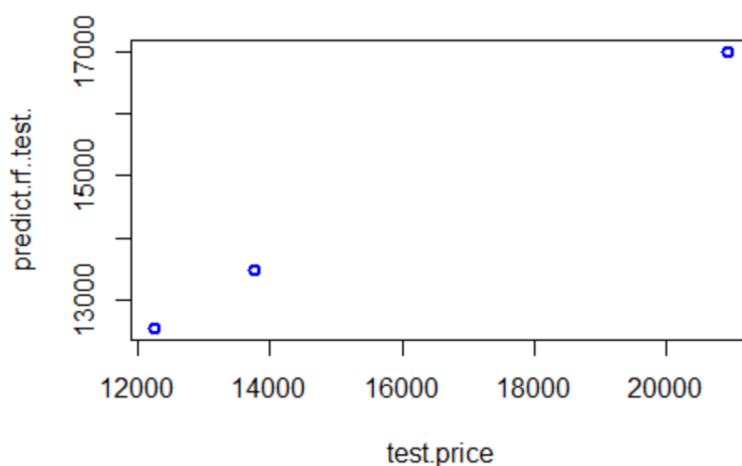


Рисунок 2.10 – Графік відображення прогнозованої ціни до реальної

Також великою перевагою випадкового лісу є те що можна дізнатися які із факторів є більш вагомими для нашої моделі (рис. 2.11). Найбільше відсотків загального результату визначають такі фактори: чисельність наявного населення,

прожитковий мінімум та валовий регіональний продукт на душу населення. В цей же час рівень безробіття, обсяг прийняття в експлуатацію метрів квадратних та рівень інфляції мають найнижчий ступінь важливості, який складає близько нуля.

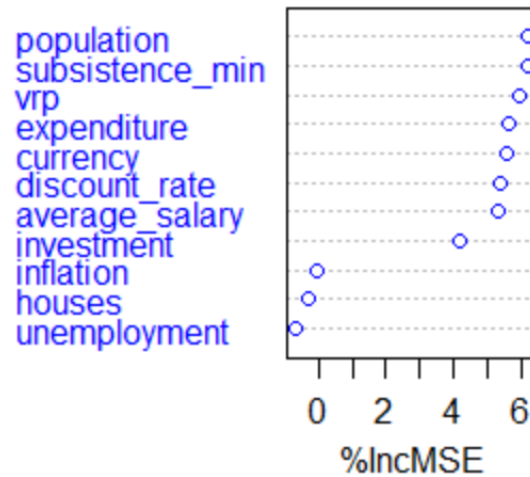


Рисунок 2.11 – Важливість факторів побудованої моделі

На рис 2.12 представлені значення показника *IncNodePurity*, який показує міру середнього збільшення «чистоти вузла» дерева (*node purity*) в результаті розбиття даних по відповідній змінній. У даному випадку для дерев регресії чистота вузла виражається через помилку *RSS* [43]. Найбільша частота вузла спостерігається у показника кількості капітальних інвестицій в будівельну діяльність, а найменша у рівня інфляції.

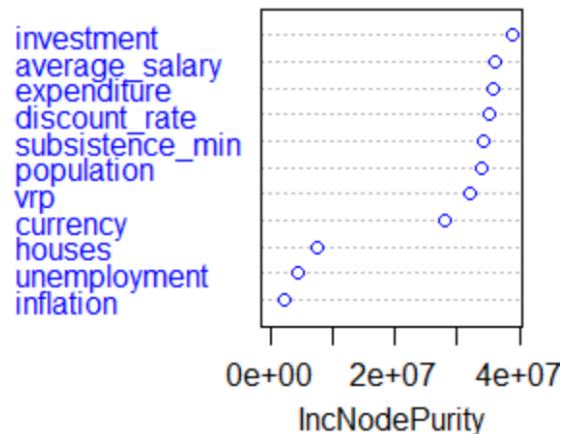


Рисунок 2.12 – Значення показника *IncNodePurity*

Проведемо поступове виключення найменш важливих факторів з моделі. Для оцінки ефективності даного процесу використаємо показник середньої абсолютної похибки, який обчислюється за формулою (2.9) [17].

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{F_t} \right|, \quad (2.9)$$

де A_t – реальне значення середньої ціни за квадратний метр у місті Київ;

F_t – прогнороване значення ціни за допомогою моделі.

Результати обчислення представлено у вигляді графіку на рис. 2.13.

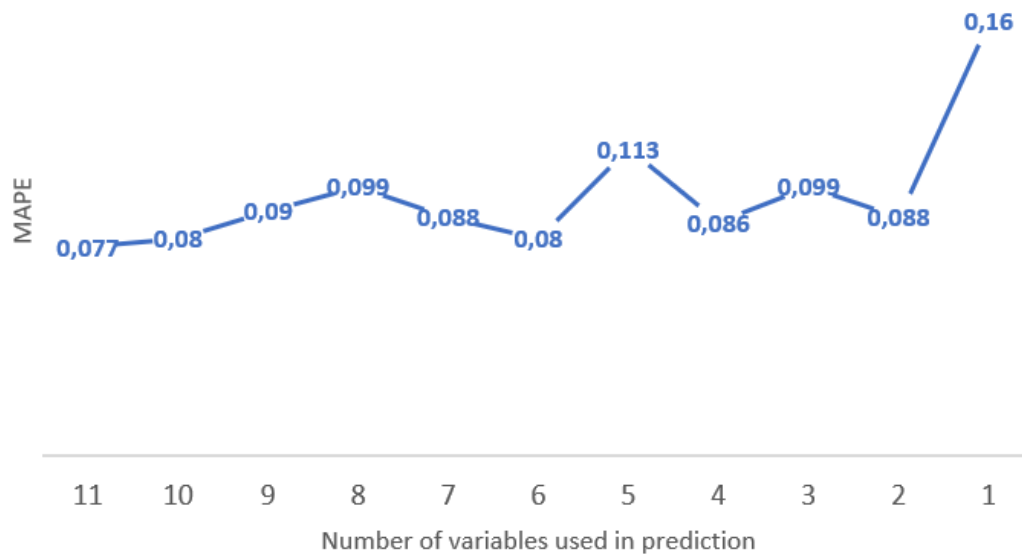


Рисунок 2.13 – Значення MAPE при вилученні з моделі по одному найменш важливому фактору

Аналізуючи рис. 2.13 бачимо, що найменші показники середньої абсолютної похибки спостерігаються у моделях з 11, 10 та 6 факторами. Проведемо порівняльний аналіз усіх показників оцінки моделей з метою вибору найкращої. У таблиці 2.6 представлені результати таких показників: середнє

значення квадратних залишків, відсоток використаних змінних, середнє відхилення від медіани усієї вибірки (у %), максимальне відхилення від медіани усієї вибірки (у %) та показник середньої абсолютної похибки.

Таблиця 2.5 – Порівняння моделей Random Forest з різною кількістю факторів

	Модель з 11 факторами	Модель з 10 факторами	Модель з 6 факторами
Середнє значення квадратних залишків (RSS)	3807810	3395177	2400857
Використано змінних (у %)	88,49 %	89,74%	92,74%
Середнє відхилення від медіани усієї вибірки (у %)	16%	15%	0,14%
Максимальне відхилення від медіани усієї вибірки (у %)	18%	18%	16%
<i>MAPE</i>	0,077	0,08	0,08

Проаналізувавши табл. 2.5 можемо зробити висновок, що більш точну модель можна досягти, при виключені з початкової п'яти менш важливих факторів, таких як: рівень безробіття, обсяг прийняття в експлуатацію всього м. кв. у місті Київ, рівень інфляції, капітальні інвестиції в будівельну діяльність та рівень середньої заробітної плати.

На рис 2.14 зображений графік випадкового лісу для нової моделі. Побудова виконувалася по 500 деревам, проте згідно графіку достатня кількість дерев для прогнозування складає ≈ 45 .

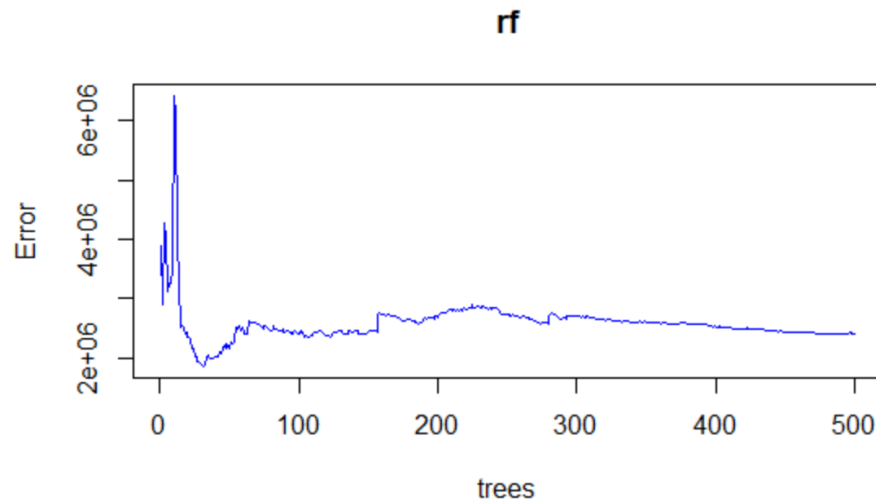


Рисунок 2.14 – Випадковий ліс

Згідно рис. 2.15 у даній моделі фактори по ступеню важливості знаходяться майже на одному рівні від 5,9% до 7%. Таким чином облікова ставка визначає 5,9% загального результату, прожитковий мінімум та валовий регіональний продукт по 6,6%, витрати населення та курс валюти по відношенню до долара США по 6,9%, а фактична чисельність населення - 7%.

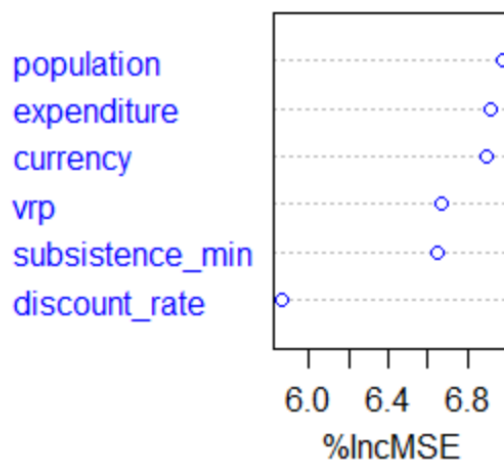


Рисунок 2.15 – Важливість факторів

На рис 2.16 представлені значення показника *IncNodePurity*. Найбільша міра середнього збільшення «чистоти вузла» дерева спостерігається в результаті розбиття даних по показнику відсотки облікової ставки.

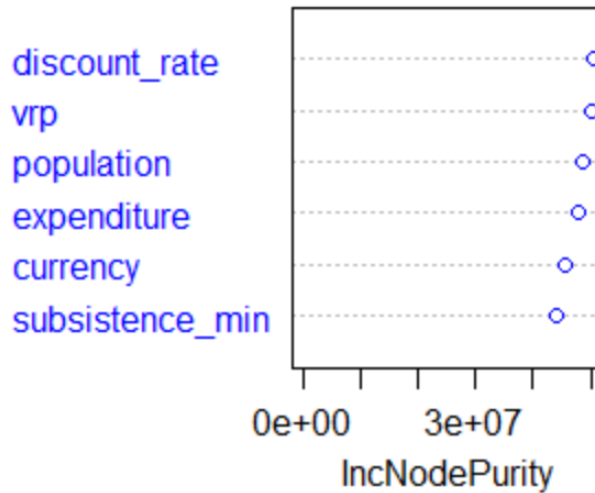


Рисунок 2.16 – Значення показника *IncNodePurity*

Отже, за допомогою машинного навчання, а саме методу *Random Forest* на мові програмування *R* було побудовано модель відображення впливу соціально-економічних показників на ціноутворення первинного ринку нерухомості в місті Київ. Далі було здійснено поступове виключення з неї менш значущих елементів і проведений аналіз результатів апробації. В результаті було з'ясовано, що модель яка містить, такі фактори як облікова ставка, курс валюти, витрати населення на одну особу, валовий регіональний продукт, прожитковий мінімум та чисельність наявного населення є більш точною.

2.4 Порівняльний аналіз отриманих моделей

В ході проведення дослідження впливу макроекономічних факторів на ціноутворення первинного ринку нерухомості було побудовано дві моделі, а саме регресійно лінійна та *Random Forest*. Оцінку їх точності та якості можна здійснити за рахунок порівняння відповідності прогнозованих даних до реальних. Для проведення аналізу нами було розглянуто такі показники: середня абсолютна похибка (*MAE*), середня абсолютна похибка у відсотках (*MAPE*), середньоквадратична похибка (*MSE*) та корінь від середньоквадратичної похибки (*RMSE*). *MAE* вимірює середнє значення різниць між прогнозом та відповідним спостереженням і обчислюється за формулою (2.10) [17].

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|, \quad (2.10)$$

де n — кількість спостережень;

y_i — фактичні значення;

$\hat{y}_i$ — прогнозовані значення.

MAPE вимірює середній відсоток похибки прогнозів від фактичних значень, формула (2.9). Відсоткові помилки для кожної вибірки усереднюються після взяття абсолютних значень.

Показник *MSE* дозволяє виявити великі похибки за рахунок піднесення кожної з них до квадрату. Чим менший даний показник у моделі, тим менше грубих помилок вона має. Обчислення *MSE* відбувається за формулою (2.11) [17].

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (2.11)$$

де n – кількість спостережень;

y_i – фактичні значення;

$\hat{y}_i$ – прогнозовані значення.

$RMSE$ – це корінь від середньоквадратичної похибки. Її легко інтерпретувати, оскільки даний показник має ті ж одиниці виміру, що і вихідні значення. Даний показник обчислюється за формулою (2.12) [28].

$$RMSE = \sqrt{MSE}. \quad (2.12)$$

Результати обчислення показників представлено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Порівняння побудованих в роботі моделей

	Багатофакторна регресійна модель	Random Forest
MAE	1351,08	1196,75
MAPE	0,09	0,08
MSE	2109779,71	1649266,00
RMSE	1452,51	1284,24

Було встановлено, що середня абсолютна похибка в моделі *RF* складає 1196,75, що на 13% менше ніж у лінійній регресійній моделі. Середнє відсоткове відхилення між прогнозованою та фактичною ринковою ціною у моделі випадкового лісу складає близько 8%, тоді як у лінійній багатофакторній моделі цей показник дорівнює 9%. Середньоквадратична похибка моделі *Random Forest* менша на 21,8 відсотків ніж регресійної моделі, а $RMSE$ менше на 11,6 відсотків.

Ці результати показують, що на практиці масової оцінки метод *Random Forest* може бути корисним доповненням до гедонічної регресії, оскільки він більш адекватно фіксує складність або нелінійність.

2.5 Розробка сценарію ціноутворення на ринку нерухомості

Побудована модель за допомогою машинного навчання може слугувати інструментом для розробки сценаріїв ціноутворення на ринку нерухомості та вирішення проблеми доступності житла на їх основі.

В Україні вже багато років існує проблема недобудов. Люди вкладають свої кошти в квартири на етапі будівництва, оскільки у такому випадку їх вартість виходить значно меншою, ніж якщо здійснювати купівлю вже в готовому будинку. Проте в результаті чимало будівництв заморожується і можуть знаходитися в такому стані роками. Дана ситуація в більшості випадків виникає через проблеми з фінансовим плануванням, коли забудовник не правильно розрахував затрати на будівництво і на початкових етапах не вистачає інвестицій. Ще однією причиною може слугувати порушення закону – будівництво без документів, відсутність ліцензії або самозахват землі. Також вже побудовані будівлі можуть роками не здаватися в експлуатацію, якщо були виявлені порушені технічні вимоги.

Станом на кінець 2020 року в Україні налічувалося 150 будівель з ознаками недобудов або довгобудів і майже половина з них розташована в столиці, а саме 70 будівель. Проте 2020 рік був доволі аномальним і затримку по введенню в експлуатацію будинків можна обґрунтувати карантинними обмеженнями у зв'язку з пандемією. Тому скористаємося відкритими джерелами і проаналізуємо кількість незданих квадратних метрів до даного періоду. Таким чином на кінець 2019 року налічувалося 66 недобудов, кількість квартир у даних будинках склало 32304. А загальна площа території, яка під них зайнята налічує близько 60 гектарів [25].

Оскільки немає відкритих статистичних даних, скільки саме будинків було заморожено в певний рік, то візьмемо аналітичні дані компанії *DC Evolution* за

2019 рік, які представлені в Додатку В. Покладемо що середній термін вводу в експлуатацію 1-1,5 роки і обчислимо скільки незданих квадратних метрів щорічно прибавлялося. Результати приведемо у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Кількість квадратних метрів, які були не здані вчасно

Рік	Кількість недобудов	Кількість квартир в недобудовах	Кількість квадратних метрів не здано усього	Кількість кв метрів не здано за рік	Скільки мало було здано в експлуатацію
2007	14	7693	461580	26400	1427400
2008	15	8107	486420	24840	1454840
2009	18	9523	571380	84960	1032960
2010	18	9523	571380	0	1012000
2011	21	12446	746760	175380	1676380
2012	23	14757	885420	138660	1641660
2013	30	18763	1125780	240360	1749360
2014	37	22139	1328340	202560	1644560
2015	47	26878	1612680	284340	1650340
2016	54	30970	1858200	245520	1579520
2017	55	31330	1879800	21600	1755600
2018	64	32229	1933740	53940	1309940
2019	66	32304	1938240	4500	1118500

З табл. 2.7 бачимо, що з кожним роком кількість незданих в експлуатацію квадратних метрів збільшується. Станом на кінець 2019 року налічувалося заморожених 1938240 м. кв., що на 74% більше ніж було здано в тому році. Зробимо графічне порівняння по рокам кількості зданих в експлуатацію

квадратних метрів та які мали б бути зданими. Результати представлені на рис. 2.17.



Рисунок 2.17 – Кількість введених і не введених кв. метрів за 2007-2019 роки

Аналізуючи рис. 2.17 спостерігаємо найбільшу різницю між плановою і реальною кількістю зданих квадратних метрів у період з 2011 по 2017 роки.

Доцільно дослідити як саме впливає кількість довгобудів на ціноутворення первинного ринку нерухомості у місті Київ. Для цього на основі даних з таблиці 2.7 спрогнозуємо вартість квадратного метру в новобудовах, за умови введення будівель в експлуатацію за планом. Використаємо вже побудовану модель за допомогою машинного навчання на основі алгоритму *Random Forest*, яка містить 10 чинників, оскільки згідно таблиці 2.5 вона є найточнішою з тих, які включають у себе фактор вводу в експлуатацію.

У результаті підстановки у модель нових значень зданих квадратних метрів в експлуатацію було отримано прогнозовані ціни на період 2007-2019, які могли б бути на первинному ринку нерухомості (див. рис 2.18).

	inputdata.predictedlabel
1	12912.31
2	13121.73
3	13288.89
4	13281.59
5	12516.43
6	12401.49
7	13129.59
8	13433.73
9	20174.72
10	22327.26
11	22911.01
12	23736.35
13	23875.25

Рис. 2.18 – Прогнозована ціна за квадратний метр за 2007-2019 роки

Проналізуємо як прогнозована ціна у випадку вчасної задачі всіх наявних квадратних метрів відрізняється від фактичної за допомогою графічного співставлення цін. Дані представлені на рис. 2.19.



Рисунок 2.19 – Прогнозована і реальна ціна за квадратний метр 2007-2019 роки

Як бачимо з рис. 2.19 у більшості випадків вартість була б або меншою, або такою ж. Особливу різницю між наявною ціною і прогнозованою спостерігаємо

у 2008, 2009, 2013, 2018 та 2019 роках. Для даних років, у табл. 2.8 представлена порівняльна характеристика наявних і можливих цін на однокімнатну, двокімнатну та трьокімнатну квартири. Таким чином у 2019 році ціна за квадратний метр була б на 10,7% менше за наявну. Вартість однокімнатної квартири, площа якої 40 квадратних метрів дорівнювала б на 114630 гривень дешевше. Вартість двокімнатної з площею 60 квадратних метрів була б на 171954 гривень дешевше, а трьокімнатної на 229260 гривень. У 2018 році ціна була б меншою на 5,29%. Вартість однокімнатної квартири склала б 949454 грн замість 1002520 грн. У 2008 та 2009 роках прогнозована вартість менша за реальну на 6,63 і 7,46 відсотків відповідно. А стосовно 2013 року, то там спостерігається протилежна ситуація. Фактична ціна на 14,7% менша за прогнозовану.

Таблиця 2.8 – Фактична і прогнозована вартість квартир

	Рік	Фактична ціна (грн)	Прогнозована ціна (грн)	Різниця (грн)
Однокімнатна квартира	2008	562160	524869	37291
	2009	574440	531556	42884
	2013	457720	525184	-67464
	2018	1002520	949454	53066
	2019	1069640	955010	114630
Двокімнатна квартира	2008	843240	787304	55936
	2009	861660	797333	64327
	2013	686580	787775	-101195
	2018	1503780	1424181	79599
	2019	1604460	1432515	171945
Трьокімнатна квартира	2008	1124320	1049738	74582
	2009	1148880	1063111	85769
	2013	915440	1050367	-134927
	2018	2005040	1898908	106132
	2019	2139280	1910020	229260

Отже, на основі даного дослідження бачимо, що вирішення проблеми недобудов може суттєво посприяти зниженню ціни нерухомості на первинному ринку в місті Київ.

Для вирішення проблеми недобудов і довгобудів у свою чергу можемо запропонувати такі заходи для державної влади:

- Притягнення до персональної відповідальності забудовників, які порушили терміни здачі в експлуатацію, та контроль даного процесу, для уникнення корупційних схем;
- Розробка законопроектів, які могли б з одного боку розв'язати проблему вже наявних недобудов, а з іншого – посприяти зупинці появи нових проблемних об'єктів та захистити майнові права інвесторів.

Люди вкладають свої кошти в квартири на етапі будівництва переважно з тієї причини, що їх манить дешева ціна, проте вони не усвідомлюють всіх ризиків. Як показало проведене дослідження в даній дипломній роботі, якби не було в Києві такої великої кількості проблемних об'єктів, то вартість квартири була меншою. З усієї кількості довгобудів більша половина об'єктів знаходиться в цьому статусі через порушення закону (будівництво без документів, відсутність ліцензії або самозахват землі) або порушення технічних вимог. Саме тому людям варто перевіряти усі документи та дозвіл на будівництво, перед тим як інвестувати. Купуючи будинки з порушеними нормами люди створюють підґрунття для афер нечесних забудовників.

Отже, в практичній частині дипломної роботи, було побудовано дві моделі, одна – лінійна багатофакторна регресійна, інша – за допомогою машинного навчання на основі алгоритму випадкового лісу на мові програмування R.

При побудові першої моделі, було виявлено що на середню ціну за квадратний метр найбільшою мірою впливають такі фактори: прожитковий мінімум, чисельність фактичного населення, облікова ставка та курс гривні по відношенню до долара США. Модель *Random Forest* включає у себе крім вище

перелічених факторів ще й витрати населення та значення валового регіонального продукту.

В результаті апробації та порівняльного аналізу було виявлено, що модель побудована за допомогою машинного навчання є кращою та більш точною за рахунок врахування нелінійності та складності процесів ціноутворення.

За допомогою моделі *Random Forest*, було спрогнозовано ціну за квадратний метр, яка могла б бути на первинному ринку нерухомості у період 2007-2019 років за умови вчасної здачі в експлуатацію всіх житлових об'єктів.

Розроблено рекомендації державній владі, щодо зменшенні проблемних будівель та зменшення ціни на нерухомість.

Модель *Random Forest* може слугувати інструментом для аналізу впливу вирішення якоїсь державної або регіональної проблеми на ціноутворення ринку нерухомості.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи було проаналізовано вплив на середню ціну за квадратний метр в місті Київ, таких факторів: обсяг прийняття в експлуатацію всього м. кв., рівень безробіття, рівень середньої заробітної плати, рівень інфляції, курс гривні по відношенню до долара США, валовий регіональний продукт, облікова ставка, чисельність наявного населення, прожитковий мінімум, витрати населення та інвестиції в будівельну діяльність.

За допомогою *SPSS Statistic* на основі даних за 2007-2019 роки була побудована та досліджена на адекватність лінійна багатofакторна регресійна модель. В результаті побудови якої було з'ясовано, що на рівні столиці на ціноутворення впливають лише такі фактори, як прожитковий мінімум, облікова ставка, чисельність наявного населення та курс гривні по відношенню до долару.

Оскільки регресійно-кореляційний аналіз враховує лише лінійні зв'язки між цільовою змінною та факторами, а процес ціноутворення на ринку нерухомості є доволі складним, то була побудована ще одна модель за допомогою машинного навчання, а саме методу *Random Forest* на мові програмування *R*.

Спочатку була побудована модель на основі всіх досліджуваних чинників та виявлено що деякі з них мають мінімальний вплив на середню ціну за квадратний метр. Тому було проведено дослідження на основі поступового вилучення найбільш незначних чинників і порівняно результати. В результаті було побудовано модель і включено до неї такі фактори: облікова ставка, курс валюти, витрати населення на одну особу, валовий регіональний продукт, прожитковий мінімум та чисельність наявного населення.

Був проведений аналіз якості побудованих моделей. Середня абсолютна похибка в моделі *RF* склала 1196,75, що на 13% менше ніж у лінійній регресійній

моделі. Середнє відсоткове відхилення між прогнозованою та фактичною ринковою ціною у моделі випадкового лісу склало близько 8%, тоді як у лінійній багатофакторній моделі цей показник дорівнював 9%. Середньоквадратична похибка моделі *Random Forest* менша на 21,8 відсотків ніж регресійної моделі, а *RMSE* менше на 11,6 відсотків.

Ці результати показують, що машинне навчання, а саме метод *Random Forest*, є більш ефективним для дослідження складних питань, таких як вплив макроекономічних факторів на ціноутворення ринку нерухомості. Даний метод може бути корисним доповненням до гедонічної регресії, оскільки він більш адекватно фіксує складність або нелінійність.

За допомогою моделі *Random Forest*, було спрогнозовано ціну за квадратний метр, яка могла б бути на первинному ринку нерухомості у період 2007-2019 років за умови вчасної здачі в експлуатацію всіх житлових об'єктів.

Розроблено рекомендації державній владі, щодо регулювання ціни за рахунок вирішення проблем з довгобудами.

У ході виконання дипломної роботи, була виконана основна ціль, а саме створення основи для вирішення проблем населення пов'язаних із купівлею житла в місті Київ.

ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2011, № 34, ст.343.
2. Закон України «Про ціни і ціноутворення» // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 19-20, ст.190.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 10 вересня 2003 р. N1440 «Про затвердження Національного стандарту N 1 "Загальні засади оцінки майна і майнових прав"».
4. Коваленко М.А. Ринок нерухомості: фінансові аспекти: навч. посіб./ М.А. Коваленко. — Херсон: ОЛДІ"плюс, 2002. — С. 5
5. Ринок нерухомості та іпотека / [М. А.Коваленко, Ю. М. Сафонов, О. В. Лепьохіна, Т. О. Мацієвич.] – Херсон: олдді-плюс, 2015. – 460 с.
6. Кобзан С. Формування ринку нерухомості. Практичні аспекти та особливості оцінки / Сергій Кобзан., 2019. – 212 с.
7. Шаркова І. Правове регулювання ринку нерухомості в Україні / Ірина Шаркова. – Київ: КНЕУ, 2005. – 180 с.
8. Особливості ринку нерухомості [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://stud.com.ua/44563/ekonomika/osoblivosti_rinku_neruhomosti.
9. Масова оцінка житлової нерухомості з використанням методів машинного навчання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.16.50.html>.
10. Оцінка та управління нерухомістю: навчальний посібник / [В. Р. Кучеренко, М. А. Заєць, О. В. Захарченко, Н. В. Сментина, В. О. Улибіна]. – Одеса: Видавництво ТОВ «Лерадрук», 2013. – 272 с.
11. Тітова С. Ринок землі як сегмент ринку нерухомості [Електронний

ресурс] / С. Тітова, О. Бабенко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. – 2018. – Вип. 2. – С. 62-65.

12. Павлов К. В. Оцінка соціально-економічних особливостей столичного регіонального ринку житлової нерухомості в Україні [Електронний ресурс] / К. В. Павлов // Причорноморські економічні студії. – 2019. – Вип. 39(2). – С. 42-47.

13. Лінійний множинний регресійний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ekonometrika.ho.ua/4.htm>

14. Кореляційний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://pidru4niki.com/12461220/statistika/korelyatsiyniy_analiz

15. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

16. Лукьяненко І. Г. Економетрика : підручник / І. Г. Лукьяненко, Л. І. Краснікова – К. : Товариство «Знання», КОО, 1998. – 494 с.

17. Єрмоменко В. О. Економетрія (економетрика) : навчальний посібник для студентів заочної форми навчання економічних спеціальностей / В. О. Єрмоменко, А. М. Алілуйко, О. М. Мартинюк, С. Ю. Попіна. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2011. – 114 с.

18. Економіко-математичне моделювання: навчальний посібник / за ред. О. Т. Іващука. – Тернопіль : ТНЕУ Економічна думка, 2008. – 704 с.

19. Штучний інтелект: випадковий ліс [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://russianblogs.com/article/58941427593/>.

20. Випадковий ліс (Random Forest) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dyakonov.org/2016/11/14/случайный-лес-random-forest/>.

21. Ціни в новобудовах києва [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://korter.ua/uk/price/city/kyiv>

22. Ціни на нерухомість в м. Київ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://domik.ua/nedvizhimost/dinamika-cen.html>

23. Ціни на нерухомість в м. Київ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dom.ria.com/>
24. Перелік проблемних об'єктів житлового будівництва [Електронний ресурс] – https://kyivcity.gov.ua/mistobuduvannia_ta_zemelni_dilianky
25. Перелік недобудов станом на 2019 рік будівництва [Електронний ресурс] – <http://budport.com.ua/news/14947-opublikovano-perelik-kijvskih-nedobudov-vsogo-jh-66>
26. Шаповалова В. О. Прогнозування цін на нерухомість з урахуванням тенденцій ділових циклів [Електронний ресурс] / В. О. Шаповалова // Економіка та держава. – 2015. – № 9. – С. 37-41.
27. Економічна теорія: Політекономія: Підручник / За ред. В.Д. Базилевича. – 3-тє вид., перероб. і доп. - К.: Знання-Прес, 2015 – 525 с.
28. Практикум по эконометрике: Учеб. пособие / Под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2001.
29. Ронова Г.Н., Осоргин А.Н. Оценка недвижимости: Учебно-методический комплекс. – М.: Изд. центр ЕАОИ. 2008. – 356 с.
30. Максимов С. Н. Экономика недвижимости / С. Н. Максимов. – Санкт-Петербург, 2019. – 423 с.
31. Совершенствование управления [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.bseu.by:8080/bitstream/edoc/85556/1/Gavrilov_24_31.pdf
32. Обзор методов прогнозирования [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ivan-shamaev.ru/overview-forecast-methods/>
33. Понятие, сущность и структура рынка недвижимости [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-suschnost-i-struktura-rynka-nedvizhimosti/viewer>
34. Цыганенко В. С. Экономика рынка недвижимости / В. С. Цыганенко. – Санкт-Петербург, 2008. – 123 с.

35. Калашникова Н. Ю. Экономика недвижимости / Н. Ю. Калашникова. – Архангельск: Северный федеральный университет, 2014. – 183 с.
36. Азнабаев А.М., Математическая модель массовой оценки рынка жилой недвижимости // Автореф. дис. на соиск. ученой степ. канд. экон. наук. – Уфа: 2012. – 25 с.
37. Методы отбора переменных в регрессионные модели [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://basegroup.ru/community/articles/feature-selection>.
38. Таблица значень F-критерия Фишера при уровне значимости [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://univer-nn.ru/econometrica/Fisher-Student-table.pdf>.
39. Значения статистик Дарвина - Уотсона [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://economics.studio/ekonometrika/prilojenie-tablitsa-kriteriya-darbina-uotsona-81074.html>.
40. Ансамбли моделей: бэггинг, случайные леса, бустинг [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://ranalytics.github.io/data-mining/044-Ensembles.html>.
41. Pricing Strategies in newly developed housing projects [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:737518/fulltext01.pdf>
42. A characterization of the real estate market [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://ceejme.eu/wp-content/uploads/2018/10/ceejme_4_7_art_10.pdf
43. Clinton S. Tree-based Machine Learning Algorithms: Decision Trees, Random Forests, and Boosting / Sheppard Clinton., 2019.

ДОДАТОК А

ЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ЗА 2007-2019 РОКИ

Таблиця А.1 – Значення вихідних даних за 2017-2019 роки [15]

Рік	Середня ціна 1 квадратного метру на первинному ринку в м. Київ (грн.)	Обсяг прийняття в експлуатацію всього м. кв.	Рівень безробіття (%)	Рівень інфляції (%)	Рівень середньої заробітної плати (грн. за рік)	Курс гривні по відношенню до долару США (грн.)	Валовий регіональний продукт м. Київ на душу населення (грн)	Облікова ставка (% річних)	Чисельність наявного населення в місті Київ (осіб)	Прожитковий мінімум (грн за рік)	Витрати населення на 1 особу (грн)	Інвестиції в будівельну діяльність (грн)
2007	12407	1401000	3,3	116,6	27600	5,05	49795	8	2718100	6195,96	37167	3378303000
2008	14054	1430000	3,3	122,3	36936	5,05	61592	11	2740200	7215,6	49963	5681607000
2009	14361	948000	7,1	112,3	38016	7,7	61088	10,6	2765500	7962	49661	2613855000
2010	13765	1012000	6,4	109,1	41316	8	70424	8,6	2785100	10183,2	51891	1953294000
2011	12254	1501000	6,1	104,6	48192	7,95	79729	7,8	2799200	11076	51752	3555723000
2012	11832	1503000	6	99,8	55332	7,99	97429	7,5	2814300	12607,2	67843	3421229000
2013	11443	1509000	5,7	100,5	55284	7,99	109402	7	2845000	13704	74009	10345973000
2014	12375	1442000	7,2	124,9	64812	7,99	124163	10,7	2868700	14112	79565	9163862000
2015	20930	1366000	7,5	143,3	80484	15,77	155904	21,6	2888000	15036	95293	9929905000
2016	21801	1334000	7,1	112,4	103032	23,95	191736	17,1	2906600	17091,6	105960	11204962000
2017	22738	1734000	7,4	113,7	133608	27,18	238622	13,5	2925800	19472,4	142526	12345893000
2018	25063	1256000	6,6	109,8	162576	28,32	283097	17,1	2934500	21320,4	178238	10396124000
2019	26741	1114000	6,2	104,1	189396	28,12	315068	16,3	2950800	23264,4	215814	12330972000

ДОДАТОК Б

КОД ПОБУДОВИ МОДЕЛІ

```
data <- read.csv("flats1.csv", header=T)
head(data)
# Random sampling
samplesize = 0.80 * nrow(data)
index = sample( seq_len(nrow(data)), size = samplesize )
# creating training and test set
train <- data[index , ]
test <- data[-index , ]
#tree
install.packages("rpart.plot")
install.packages("rattle")
library(rpart)
library(rpart.plot)
library(rattle)
library(RColorBrewer)
model_cer<-rpart(price ~ currency + discount_rate + population+ subsistence_min,
                 data = train, method = "anova",
                 control=rpart.control(minbucket = 1))
model_cer
prp(model_cer,type=2)
fancyRpartPlot(model_cer)
pred<-predict(model_cer, newdata = test, type="vector")
sqrt(sum((pred - test$price)^2)/length(pred))/median(data$price)
max(abs(pred - test$price)/test$price)
```

```
#random forest
library(randomForest)
rf <- randomForest(price ~ ., train, importance = TRUE)
rf
plot(rf)
randomForest::importance(rf)
varImpPlot(rf)
predictions <- predict(rf, test)
result <- data.frame(test$price,predict(rf, test))
result
plot(result,col = "orange", lwd = 2)
sqrt(sum((predictions - test$price)^2)/length(predictions))/median(data$price)
max(abs(predictions - test$price)/test$price)
```

ДОДАТОК В

ПЕРЕЛІК НЕДОБУДОВ СТАНОМ НА КІНЕЦЬ 2019 РОКУ

Назва	Адреса	Площа території, га	Кількість поверхів	Кількість квартир	Рік старту	Стадія будівництва
ЖК 4U	вул. Академіка Булаховського, 2	0,80	26	324	2014	68%
ЖК Aston Park	вул. Солом'янська, 17в	0,50	24	202	2004	15%
ЖК Bergen	вул. Полковника Потехіна, 9	1,60	27	3 268	2015	5%
ЖК Cascade house	вул. Велика Китайська, 71	0,44	4	15	2017	85%
ЖК Champion City	вул. Ракетна, 24	1,80	16	749	2013	35%
ЖК Fresco Sofia	вул. Олеся Гончара, 17-23	0,44	9	45	2008	70%
ЖК Lego house	вул. Сиваська і пров. Хорольського	0,18	25	551	2013	45%
ЖК Panorama city	вул. Панорамна, 24	0,92	19	400	2013	66%
ЖК Park hills	вул. Степана Руданського, 9а	0,34	25	675	2012	80%
ЖК Praga	вул. Лісківська, 31	0,10	8	100	2017	90%
ЖК Royal Hills	вул. Вільшанська, 2	2,50	18	1 500	2012	5%
ЖК Silver Breeze	вул. Дніпровська набережна, 1, 1а, 1б	1,58	32	576	2004	90%
ЖК Slovesky	вул. Славська, 58	0,50	6	95	2017	85%
ЖК SunRise House	просп. Кудряшова, 10г	0,09	5	34	2017	10%
ЖК Акварин	просп. Перемоги, 131	1,15	24	378	2004	80%
ЖК Акрополь	просп. Лук'янівський, 4	0,67	6	30	2017	5%
ЖК Белла-віста	вул. Сошенка, 33	0,57	4	25	2012	2%
ЖК Вектор	вул. Добробутня, 7	0,25	16	112	2017	5%
ЖК Виноградний	просп. Правди, 102	0,85	23	882	2004	40%
ЖК вул. Богдана Хмельницького 58а, 58б	вул. Богдана Хмельницького 58а, 58б	0,55	19	620	2002	75%
ЖК вул. Героїв Севастополя, 23б	вул. Героїв Севастополя, 23б	0,10	6	40	2003	0%
ЖК вул. Львівська / вул. Живописна	вул. Львівська / вул. Живописна	0,58	16	269	2017	2%
ЖК вул. Старонаводницька, 2-20	вул. Старонаводницька, 2-20	0,70	16	448	2005	60%
ЖК вул. Старонаводницька/вул. Алмазова	вул. Старонаводницька / вул. Алмазова	0,40	20	140	2015	2%
ЖК вул. Толбухіна, 43а, 43б	вул. Толбухіна, 43а, 43б	0,30	10	104	2017	55%
ЖК Дніпровські вежі	просп. Генерала Ватутіна, 9	3,50	34	1 224	1999	65%
ЖК Доміно	вул. Фанерна, 5	1,12	25	368	2015	2%
ЖК Єнісейська садиба	вул. Писаржівського, 8, вул. Іртишська, 20	6,27	13	624	2014	51%
ЖК Жуляни	вул. Добробутня, 1	0,26	9	154	2014	90%
ЖК Замковецький	вул. Замковецька, 5	0,11	24	240	2014	2%
ЖК Затишний	вул. Степана Руданського, 3, 3а	1,01	14	482	2006	95%
ЖК Клубний будинок Марсель	вул. Нижньоюрківська, 8б	0,09	5	51	2018	15%
ЖК Клубний будинок Як у Львові	вул. Петропавлівська, 38б	0,08	4	24	2018	60%
ЖК Космополітен	вул. Детярівська, 25а	1,55	21	1 176	2008	70%
ЖК Кузьминський-2	вул. Магістральна, 33	0,12	16	230	2014	80%
ЖК Люксембурзький	вул. Гаврилюка, 77	0,18	7	140	2015	2%
ЖК Мاستок Желань	вул. Трубіні, 18	0,40	6	48	2015	45%
ЖК Маргарита	вул. Булгакова, 12	1,25	16	769	2014	65%
ЖК Mera-Citi	вул. Харківське шосе, 19,19а	2,34	33	1 190	2003	90%
ЖК Милославський	вул. Милославська, 31в	0,42	3	55	2014	90%
ЖК Мозаїка	вул. Стратегічне шосе, 53	1,27	25	902	2011	75%
ЖК на вул. Жиланський, 120б	вул. Жиланський, 120б	0,30	4	13	2013	90%
ЖК Науковий	вул. Петропавлівська, 40	0,30	25	300	2013	90%
ЖК НебоSky	вул. Закревського, 42а	3,50	22	1 409	2011	70%
ЖК Нова хвиля	вул. Харківське шосе, 15а	0,27	16	336	2012	90%
ЖК Оболонський бриз	просп. Оболонський, 30а	0,30	22	166	2015	90%
ЖК Перлина Нивок	вул. Щербаківська, 52	1,70	20	414	2007	90%
ЖК Перспектива	вул. Теодора Драйзера, 40	2,45	22	1 540	2014	30%
ЖК Південний квартал	вул. Сім'ї Стеценків, 9	0,69	21	443	2013	65%
ЖК Покрова	вул. Січових Стрільців (Артема), 59	0,56	19	360	2016	5%
ЖК Прибалтійський	вул. Ризька, 19а	0,20	7	52	2015	35%
ЖК Приозерний	вул. Здобувницька, 11в	0,91	25	440	2006	75%
ЖК просп. Перемоги, 115а	просп. Перемоги, 115а	1,01	18	268	2010	65%
ЖК просп. Правди, 80-82	просп. Правди, 80-82	0,60	24	168	2014	90%
ЖК Родинний затишок	буль. Гашека Ярослава, 20, 22, 24	1,00	22	755	2010	30%
ЖК Рубін	просп. Любарський, 2а	0,17	6	50	2015	1%
ЖК Симфонія	просп. Науки, 66-70	0,70	25	327	2005	22%
ЖК Славгородський	вул. Славгородська, 25	0,30	4	40	2012	80%
ЖК Совські ставки	вул. Кіровоградська, 70	1,10	25	920	2013	30%
ЖК Сосновий бір	вул. Олевська, 3, 15, 17	1,70	16	560	2005	90%
ЖК Стольний град	вул. Лисенська, 9	0,06	5	35	2012	90%
ЖК Східна Брама	вул. Світла, 3д	1,57	23	1 395	2012	50%
ЖК Три Богатирі	вул. Борщагівська, 182в	0,87	22	324	2005	80%
ЖК Тропініна	вул. Тропініна, 3-5	0,17	16	195	2008	90%
ЖК Флагман	просп. Лобачевського, 7, 7а	1,64	22	1 900	2010	35%
ЖК Шевченківський квартал	вул. Новоукраїнська, 24а	0,80	24	635	2014	65%

Рисунок В.1 – Перелік недобудов станом на кінець 2019 року [25]