

Київський національний торговельно-економічний університет

Кафедра цифрової економіки та системного аналізу

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Економіко-математичне моделювання обмінних курсів валют»

Студента 2 курсу, 1м
групи,

спеціальності 051
«Економіка»

Спеціалізації
«Цифрова економіка»

Науковий керівник
кандидат економічних
наук

Гарант освітньої
програми
доктор фізико-
математичних наук,
професор

Салько Владислав
Михайлович

підпис студента

Лазоренко Віталій
Валерійович

підпис керівника

Гамалій Володимир
Федорович

підпис гаранта

Київ 2021

Київський національний торговельно-економічний університет

Факультет інформаційних технологій
Кафедра цифрової економіки та системного аналізу
Освітній ступінь магістра
Спеціальність 051 «Економіка»
Спеціалізація «Цифрова економіка»

Затверджую

Зав. кафедри _____ Роскладка А. А.
«__» _____ 2021 р.

Завдання
на випускню кваліфікаційну роботу (проект) студенту

Салько Владиславу Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи (проекту)
«Економіко-математичне моделювання обмінних курсів валют»
Затверджена наказом КНТЕУ від «__» _____ 2021 р. № _____
2. Строк здачі студентом закінченої роботи «__» _____ 2021 р.
3. Цільова установка та вихідні дані до роботи

Метою роботи є розробка економіко-математичної моделі обмінних курсів валют.

Об'єктом дослідження є сукупність процесів, які формують обмінний курс валют.

Предметом дослідження є фактори та засоби, які забезпечують розробку моделі обмінного курсу.

4. Консультанти по роботі (проекту) із зазначенням розділів, за якими здійснюється консультування:

Розділ	Консультант (прізвище, ініціали)	Підпис, дата	
		Завдання видано	Завдання прийнято
1	Лазоренко В. В.	15.06.2021	15.06.2021
2	Лазоренко В. В.	15.06.2021	15.06.2021
3	Лазоренко В. В.	15.06.2021	15.06.2021

5. Зміст випускної кваліфікаційної роботи (проекту) (перелік питань за кожним розділом)

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ

1.1. Аналіз сучасної валютної системи

1.2. Аналіз сучасних тенденцій світової економіки

1.3. Стан валютної системи в Україні

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ

2.1. Сутність та основні методи економіко-математичного моделювання

2.2. Основні фактори впливу на обмінний курс валют

2.3. Етапи розробки економіко-математичної моделі обмінних курсів валют

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ

3.1. Проектування процесу розробки економіко-математичної моделі обмінних курсів валют

3.2. Програмна реалізація економіко-математичної моделі обмінних курсів валют

3.3. Перевірка адекватності реалізованої моделі

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

6. Календарний план виконання роботи (проєкту)

№ пор.	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
		за планом	фактично
1	2	3	4
1	<i>Вибір теми випускної кваліфікаційної роботи</i>	25.06.2021	25.06.2021
2	<i>Розробка та затвердження завдання на випускну кваліфікаційну роботу</i>	15.06.2021	15.06.2021
3	<i>Вступ</i>	20.06.2021	20.06.2021
4	<i>Розділ 1. Особливості функціонування обмінних курсів валют</i>	30.06.2021	30.06.2021
5	<i>Розділ 2. Основи економіко-математичного моделювання обмінних курсів валют</i>	31.07.2021	31.07.2021
6	<i>Розділ 3. Програмна реалізація економіко-математичної моделі обмінних курсів валют</i>	15.08.2021	15.08.2021
7	<i>Підготовка статті у збірник наукових статей магістрів</i>	07.09.2021	07.09.2021
8	<i>Висновки</i>	10.09.2021	10.09.2021
9	<i>Здача випускної кваліфікаційної роботи на кафедрі науковому керівнику</i>	15.11.2021	15.11.2021
10	<i>Попередній захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	28.11.2021	
11	<i>Виправлення зауважень, зовнішнє рецензування випускної кваліфікаційної роботи</i>	03.12.2021	
12	<i>Представлення готової зшитої випускної кваліфікаційної роботи на кафедрі</i>	05.12.2021	
13	<i>Публічний захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	<i>За розкладом роботи ЕК</i>	

7. Дата видачі завдання «15» червня 2021 р.

8. Науковий керівник випускної кваліфікаційної роботи (проєкту)

Лазоренко В. В.
(підпис, прізвище, ініціали)

9. Гарант освітньої програми

Гамалій В. Ф.
(підпис, прізвище, ініціали)

10. Завдання прийняв до виконання студент

Салько В. М.
(підпис, прізвище, ініціали)

Анотація

У роботі розглянуто засади побудови сучасної валютної системи, зокрема процеси, фактори впливу та світові економічні тенденції, які формують її. Проаналізовано сучасний стан валютної системи України. Визначено сутність та основні методи економіко-математичного моделювання обмінного курсу валют. Розроблено економіко-математичну модель обмінного курсу валют та створено її програмну реалізацію у вигляді десктопного додатку на базі бібліотек Python. Проведено перевірку адекватності моделі за допомогою прогнозування майбутніх значень обмінного курсу української гривні до долара США.

Ключові слова: економіко-математична модель, обмінний курс валют, українська гривня, долар США, розробка моделі, Python, Keras, TensorFlow.

Summary

The principles of building of modern monetary system was considered in this paper, in particular the processes, factors of influence and global economic trends that form it. The current state of the monetary system of Ukraine was analyzed. The essence and basic methods of economic and mathematical modeling of the exchange rate are determined. An economic and mathematical model of the exchange rate has been developed and its software implementation in the form of a desktop application based on Python libraries had been created. The adequacy of the model was checked by forecasting of the future values of the exchange rate of the Ukrainian hryvnia to the US dollar.

Keywords: economic-mathematical model, exchange rate, Ukrainian hryvnia, US dollar, model development, Python, Keras, TensorFlow.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ	6
1.1. Аналіз сучасної валютної системи.....	6
1.2. Аналіз сучасних тенденцій світової економіки	12
1.3. Стан валютної системи в Україні.....	17
РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ	24
2.1. Сутність та основні методи економіко-математичного моделювання	24
2.2. Основні фактори впливу на обмінний курс валют	29
2.3. Етапи розробки економіко-математичної моделі обмінних курсів валют.....	32
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ	37
3.1. Проектування процесу розробки економіко-математичної моделі обмінних курсів валют.....	37
3.2. Програмна реалізація економіко-математичної моделі обмінних курсів валют.....	42
3.3. Перевірка адекватності реалізованої моделі	54
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

Однією з головних вимог для економіко-соціального розвитку людства був перехід від системи бартерного обміну товарами та послугами до певних умовних засобів обміну, тобто грошей. Гроші – це особливий товар, що є загальною еквівалентною формою вартості інших товарів та послуг. Не зважаючи на їх вигляд та форму, починаючи від океанічних мушлів і до сучасних криптовалют, гроші мають виконувати наступні функції [1]:

1. Засоби обігу. Гроші повинні забезпечувати обмін товарами та послугами між людьми та організаціями.
2. Міра вартості. Гроші дають змогу оцінити вартість товару чи послуги у вигляді ціни. При чому, вартість може бути розрахована у будь-якій валюті через співвідношення обмінних курсів.
3. Засіб нагромадження. Гроші можуть зосереджувати необмежену вартість, тобто бути втіленням абстрактного багатства. Якщо гроші є ліквідними, то їх власник може накопичувати для відкладеної купівлі більш вартісних товарів та послуг або більшої їхньої кількості.
4. Засіб платежу. Гроші забезпечують проведення інших фінансових операцій, наприклад, надання та виплата боргу, тощо.

З розвитком економічних відносин людства та прискоренням глобалізаційних процесів, виникла необхідність організації систем обігу різних валют та правил їх обміну на світових ринках. Таким чином, сформувались валютні системи різного рівня, в рамках яких проводились різні фінансові операції.

В основі кожної такої валютної системи лежать обмінні курси валют. У обміні, як правило, виступають дві валюти, одна з яких є «рідною» для даної валютної системи.

Питання формування обмінних курсів валют є досить популярним серед українських та іноземних вчених. До них можна віднести Береславську О. І., Боринець С. Я., Гальчинський А. С., Дзюблюк О. В., Луцишин З. О., Мороз А. М., Петрашко Л. П., Філіпенко А. С. та інші [2-10].

Серед учених, які розглядали моделі формування та динаміки валютного курсу, варто виділити Кучеренка С. А., Олейніка Д. А., Сергієнка О. А., Кривди О. В., Сергієнко О. А., Татар М. С. тощо [11-15].

Актуальність даного дослідження зумовлена глибокою інтеграцією національних економік у єдину світову, що впливає у необхідність аналізувати та прогнозувати обмінні курси валют для планування господарської діяльності економічними суб'єктами. Адже, навіть незначні коливання обмінного курсу національної валюти до основних світових валют може призвести до значних цінових змін і, як наслідок, до додаткових витрат або ліквідації підприємств.

Метою дослідження є розробка економіко-математичної моделі обмінних курсів валют.

Досягнення поставленої мети обумовило необхідність вирішення наступних **завдань**:

- розглянути принципи роботи сучасної світової валютної системи;
- провести аналіз сучасних тенденцій у світовій економіці, які мають безпосередній вплив на валютні системи світу;
- проаналізувати сучасний стан валютної системи України;
- виділити основні фактори впливу на обмінний курс валют, на прикладі української гривні;
- розглянути сутність та методологію побудови економіко-математичних моделей;
- встановити етапи розробки економіко-математичної моделі обмінних курсів валют;
- провести проектування процесу економіко-математичного моделювання обмінного курсу на прикладі української гривні;
- створити програмну реалізацію даної моделі;
- провести перевірку адекватності моделі обмінного курсу української гривні.

Об'єктом дослідження є сукупність процесів, які формують обмінний курс валют.

Предметом дослідження є фактори та засоби, які забезпечують розробку моделі обмінного курсу.

Методи дослідження. Для безпосереднього вирішення завдань випускної кваліфікаційної роботи були використані наступні методи:

- методи економіко-математичного моделювання;
- аналітичний метод;
- інтелектуальні методи.

Теоретична значущість випускної кваліфікаційної роботи полягає у систематизації існуючих знань, щодо процесу формування обмінних курсів валют, вивчення його основних системоутворюючих факторів та побудова на відповідній економіко-математичної моделі.

Практичне значення отриманих в рамках виконання випускної кваліфікаційної роботи результатів полягає у втіленні економіко-математичної моделі обмінних курсів у вигляді десктопного додатку, здатного прогнозувати майбутнє значення обмінного курсу (на прикладі обмінного курсу української гривні до додала США).

Апробація результатів дослідження. За результатами проведеного дослідження опубліковано наукову статтю на тему «Основні чинники формування обмінного курсу української гривні», яка увійшла до збірника наукових статей студентів КНТЕУ «Цифрова економіка», м. Київ, 2021 рік.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи - 69 сторінок. Вона містить 1 таблицю, 42 рисунка та 2 додатки. Кількість використаних джерел становить 67, їх список наведений на 8 сторінках.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ

1.1. Аналіз сучасної валютної системи

Міжнародні валютні відносини - сукупність валютно-грошових і розрахунково-кредитних зв'язків у світогосподарській сфері, які виникають у процесі взаємного обміну результатами діяльності національних господарств [16].

Валютна система – форма організації міжнародних грошових відносин; сукупність правил та механізмів, що забезпечують співвідношення між валютами[1].

Розрізняють наступні види валютних систем:

- Національна;
- Регіональна;
- Світова.

Національна валютна система (виникла першою) – сукупність валютно-економічних відносин, за допомогою яких здійснюється міжнародний платіжний обіг, утворюються і використовуються валютні ресурси країни.

Наступною ланкою розвитку валютних систем є міжнародна (регіональна) валютна система, яка представляє собою договірно-правову форму організації валютних відносин між групою країн. Яскравим прикладом регіональної валютної системи є Європейська валютна система.

Світова валютна система – це форма організації міжнародних валютних (грошових) відносин, що історично склалася і закріплена міждержавною домовленістю. Це сукупність способів, інструментів, міждержавних органів, за допомогою яких здійснюється взаємний платіжно-розрахунковий оборот у рамках світового господарства [17].

Для успішного функціонування світової валютної системи повинні виконуватись наступні вимоги [17]:

- **Забезпечення відповідної ліквідності.** Ця умова припускає існування офіційних резервів в урядів країн, які приймають участь у міжнародній торгівлі. Також потребує стимулів для того, щоб комерційні банки, які діють в якості дилерів, що торгують іноземною валютою, мали достатні її резерви для забезпечення потреб приватного сектору.
- **Дія механізму вирівнювання (регулювання).** Ця мета потребує, щоб окремі країни проводили економічну та фінансову політику, яка б сприяла підтриманню збалансованої міжнародної системи платежів; фінансові механізми забезпечували регулювання платіжного балансу; уряди сприяли збереженню рівноваги на ринках іноземної валюти.
- **Впевненість у міжнародній грошовій системі.** Якщо фірми та інвестори приватного сектору будуть впевнені у тому, що уряди проводять політику, яка веде до збалансованої міжнародної системи платежів. Вони будуть мати довіру до системи. Міжнародні організації, такі як МВФ, намагаються сприяти проведенню такої політики урядами. У доповнення до цього уряди здійснюють спільні зусилля для того, щоб викликати довіру до системи.

Основні елементи національної і світової валютних систем представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

Основні елементи валютних систем різних рівнів

<i>Національна валютна система</i>	<i>Світова та регіональна валютні системи</i>
Національна валюта	Резервні валюти, міжнародні рахункові валютні одиниці
Умови конвертування національної валюти	Умови взаємного конвертування валют
Паритет національної валюти	Уніфікований режим валютних паритетів
Режим курсу національної валюти	Регламентація режимів валютних курсів

Продовження таблиці 1.1.

<i>Національна валютна система</i>	<i>Світова та регіональна валютні системи</i>
Наявність чи відсутність валютних обмежень, валютний контроль	Міждержавне регулювання валютних обмежень
Національне регулювання міжнародної валютної ліквідності країни	Міждержавне регулювання міжнародної валютної ліквідності
Регламентація використання міжнародних кредитних засобів обігу	Уніфікація правил використання міжнародних кредитних засобів обігу
Регламентація міжнародних розрахунків країни	Уніфікація основних форм міжнародних розрахунків
Режим національного валютного ринку та ринку золота	Режим світових валютних ринків та ринку золота
Національні органи, що керують та регулюють валютні відносини країни	Міжнародні організації, які здійснюють міждержавне валютне регулювання

Джерело: Побудовано автором на основі [17]

Термін «валюта» в широкому розумінні означає грошову одиницю будь-якої країни (долар, фунт стерлінгів, гривня). Всі існуючі валюти класифікують за наступними принципами [2]:

- за статусом (національна, іноземна);
- за сферою застосування (національна, міжнародна, регіональна);
- за режимом застосування (вільно конвертована, частково конвертована, неконвертована);
- відносно курсів інших валют (сильна або тверда, слаба або м'яка);
- за матеріально-речовою формою (готівкова, безготівкова);
- відносно валютних запасів країни (резервна та ін.).

Однією з основних характеристик будь-якої валюти вважається її здатність до конвертації [10].

Конвертованість валюти – це здатність резидентів та нерезидентів вільно без обмежень обмінювати її на іноземну і використовувати в угодах з реальними і

фінансовими активами. Згідно статті 8 статуту МВФ, умови конвертованості валюти включають в себе вільне застосування при розрахунках за поточними операціями платіжного балансу, відсутність обмежень щодо використання резидентами та нерезидентами, вільне функціонування в якості інструменту руху капіталів між країнами. Розрізняють декілька рівнів конвертованості:

- Вільна конвертованість – необмежено обмінюється на інші іноземні валюти (охоплює як поточні операції, так і операції, пов'язані з зовнішніми запозиченнями та іноземними інвестиціями). Валюти індустриально розвинених країн, країн базування світових офшорних та фінансових центрів, країн-експортерів нафти. Іноді – валюти країн, що входять до міжнародної банківської системи CLS.

- Часткова конвертованість – застосовуються обмеження для резидентів з окремих видів валютних операцій. Обмінюється не на всі валюти та не з усього комплексу операцій (внутрішня – в Україні).

- Неконвертована валюта – функціонує виключно в межах країни та не обмінюється іншими валютами

Світова валютна система переживала декілька етапів еволюції, від біметалізму до її сучасного стану, т.з. Ямайської валютної системи (затверджена у м. Кінгстон, Ямайка, 1976 рік). Основними принципами даної системи є [2]:

- демонетизація золота (відміна офіційного золотого паритету, скасування офіційної ціни на золото, зняття обмеження на його приватне використання);

- перехід до плаваючих валютних курсів, вільний вибір будь-якого режиму валютного курсу;

- зростання ролі міждержавного валютного регулювання через МВФ;

- знято обов'язковість обмежень щодо офіційних валютних резервів;

- визнання спеціальних прав запозичення (СПЗ, з англ. «Special Drawing Rights») як світового грошового еталону, основи валютних паритетів (замість золота). СПЗ – це мультивалютний кошик із валют економік-лідерів, а саме: Великобританії, ЄС, Японії, Китаю та США. Склад СПЗ та структура світових

валютних резервів наведені у Додатку А. Фактично, склад СПЗ складений на основі основних резервних валют світу.

Резервна валюта – це валюта, яка виконує наступні основні вимоги [18]:

- виконує функції міжнародного платіжного та резервного засобу;
- має вільну конвертованість та відповідну фінансову інфраструктуру для її забезпечення;
- слугує базою визначення валютного паритету та валютного курсу для інших країн;
- використовується для здійснення валютних інтервенцій з метою регулювання курсів валют.

Фактичне функціонування валютної системи відбувається на валютних ринках. Валютний ринок – це система стійких економічних та організаційних відносин, пов'язаних з операціями купівлі – продажу іноземних валют та платіжних документів в іноземних валютах [18]. Валютні ринки виконують наступні функції:

- забезпечення виконання міжнародних розрахунків;
- забезпечення умов для функціонування зовнішньої торгівлі країн, визначення еквіваленту обміну (валютного курсу);
- забезпечення ефективного функціонування світових кредитних та фінансових ринків;
- страхування валютних та кредитних ризиків;
- отримання спекулятивного прибутку учасниками ринку у вигляді різниці курсів валют;
- визначення валютних курсів;
- диверсифікація валютних резервів банків, підприємств, держав;
- регулювання економіки.

Валютний ринок має свої особливості: нематеріальність; не має єдиного центру; 24-годинний характер функціонування; є переважно міжбанківським; гнучка система організації торгівлі та гнучка стратегія оплати за укладення угод; ліквідний, включає операції з різними валютами; глобальний через систему телекомунікацій.

Суб'єктами валютного ринку є:

- 1) державні установи (центральні банки; казначейства окремих країн);
- 2) юридичні та фізичні особи, зайняті у різноманітних сферах зовнішньоекономічної діяльності (компанії, що приймають участь у міжнародній торгівлі; компанії, які здійснюють закордонні вкладення активів; приватні особи);
- 3) комерційні банківські установи, які забезпечують валютне обслуговування зовнішніх зв'язків;
- 4) валютні біржі, валютні відділи товарних фондових бірж, валютні брокерські фірми.

Виділяють декілька валютних ринків за територіальною ознакою [19]:

- 1) Європейський ринок (Лондон, Франкфурт-на-Майні, Париж, Цюрих);
- 2) Американський ринок (Нью-Йорк, Чикаго, Лос-Анджелес, Монреаль);
- 3) Азійський ринок (Токіо, Гонконг, Сінгапур, Бахрейн).

Обсяги сучасного валютного ринку зображені на рис. 1.1.

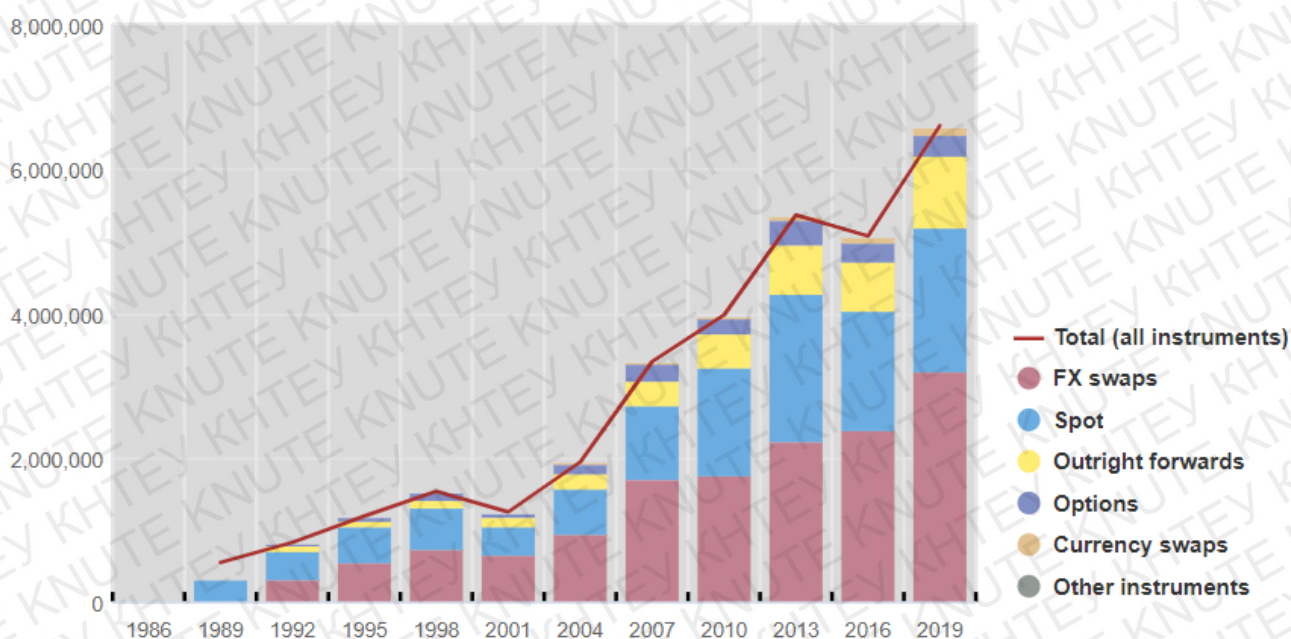


Рис.1.1. Середній щоденний обсяг світового валютного ринку за операціями, у млн. дол. США

Джерело: Побудовано автором на основі [20]

Як можна побачити, обсяги валютного ринку щороку зростають. Ця тенденція і буде продовжуватись надалі. Процес активізації та легалізації криптовалют ще більше збільшить його обсяги.

1.2. Аналіз сучасних тенденцій світової економіки

Фактично, останні кілька років розвитку світової економіки визначались пандемією COVID-19. Пандемія була повністю непередбачуваною і не тільки змусила людство обмежувати соціальні та бізнесові контакти, оголошувати карантин та локдаун, а й дала значне прискорення і так стрімкому розвитку та впровадженню ІТ технологій у повсякденне життя.

Основними тенденціями розвитку під впливом COVID-19 є наступні [46]:

3. Необхідність суттєвої модернізації всіх інформаційних систем

Останні роки стали серйозним випробуванням для інформаційної інфраструктури. Базові системи не були спроектовані для роботи при даних обсягах та темпах змін.

Програми допомоги, такі як Програма захисту оплати праці (PPP) у США, мали величезний попит, але обробка документів, особисті перевірки та затвердження стали вузькими місцями і не дозволяли працювати з інформацією в режимі реального часу. Для подолання коронакризи, виникла потреба у сучасній, гнучкій, масштабованій, безпечній та стійкій технологічній інфраструктурі.

2. Прискорення переходу з готівкових до цифрових розрахунків.

Ще до 2020 року, безконтактні платежі були способом життя в Європі та Азії. За даними опитування, проведеного у 2020 року, навіть у США, 27% підприємств повідомили про збільшення безконтактних платежів клієнтами внаслідок пандемії. Ця тенденція збережеться і надалі. Очікується, що розмір світового ринку безконтактних платежів зросте з 10,3 млрд. дол. США у 2020 р. (на початку пандемії) до 18 млрд. дол. США до 2025 р. При загальному річному темпі зростання у 11,7% протягом прогнозного періоду.

Ця тенденція поширюється і на банківську справу. У 2020 році 44% клієнтів роздрібного банкінгу використовували мобільні додатки для ведення бізнесу. У міру зростання завантаження мобільних додатків обсяги транзакцій різко зросли.

Таким чином, обсяги інвестування у сучасні інструменти обробки та аналізу даних, розвиток штучного інтелекту та цифрових платформ і надалі зростатимуть.

3. Страхування стає персоналізованим

Наслідками пандемії водночас стали серйозні кризи як у сфері охорони здоров'я, так і у економіці. Через це страховим компаніям довелось переглянути спосіб ведення бізнесу, щоб забезпечити стабільність, комфорт та спокій своїм клієнтам. Наприклад, постачальники автомобільного страхування пропонували знижки або відшкодування з огляду на кількість пройдених миль, медичні страхові компанії скоригували свої премії з урахуванням скорочення неважливих операцій, тощо.

Стало зрозуміло, що найкорисніші продукти повинні бути адаптовані до конкретних потреб клієнта, і що гіперперсоналізація буде поглиблюватися і надалі. Побудова такого рівня персоналізації для клієнтів потребує технологічної інфраструктури, яка дає змогу отримувати інформацію в режимі реального часу з величезної кількості потокових даних з різних джерел.

4. Заміна роботи «в офісі» на роботу «з дому».

Ще у 2019 році більшість світових компаній вважали, що працівники повинні працювати в офісі, і що саме такий режим роботи є найбільш ефективним. Однак, з введенням карантинних обмежень та локдаунів, більшість компаній дозволила працювати своїм робітникам з дому. Як виявилось, робота з дому не тільки зменшує час працівників на поїздки у офіс, а й більше мотивує його до роботи. Майже половина роботодавців, особливості роботи яких дозволяють виконувати роботу віддалено, заявили, що не будуть викликати своїх працівників з дому і після закінчення пандемії.

Інформаційна архітектура нового рівня, необхідна для роботи у такий час, вимагає відокремлення професійної діяльності від фізичних об'єктів за допомогою використання таких технологій, як мережі з нульовою довірою, які забезпечують безпечний доступ незалежно від місцезнаходження.

Однак, з переходом на віддалену роботу виникла низка проблем, вирішення яких є обов'язковим. Адже кожен робітник повинен бути захищений від проблем з підключенням до Інтернету, обмеженням пропускну здатності, проблем безпеки, спілкування з колегами та передачі досвіду. Нові способи гібридної роботи та

зв'язку з клієнтами також будуть спиратися на гнучкі сучасні інструменти, реалізовані на хмарному середовищі.

Однак, не всі наслідки пандемії однаково впливають на динаміку курсу валют. Деякі з них мають прямий вплив на це, а саме:

4. Глибока криза ресторанного, туристичного та інших напрямів бізнесу

Одною з головних рис COVID-19 є його надзвичайно швидке поширення. Тому для контролю над ситуацією уряди країн регулярно вводять жорсткі обмеження на пересування людей. Внаслідок цього, підприємства, що розраховують на “фізичне” відвідування клієнтами зазнали великих втрат, або взагалі закрились. Найбільший негативний ефект отримали туристична галузь, ресторанний бізнес, транспортна галузь та інші напрями сфери розваг та послуг, де клієнт має бути присутнім фізично. В результаті, суттєво збільшилось кількість непрацюючих, частина відповідних бізнесів збанкрутувало.

Такий перерозподіл витрат звичайних людей суттєво впливає на курс валют. Наприклад, жорсткий локдаун під час сезону відпусток приведе до того, що люди не будуть купувати іноземну валюту для поїздок, або суттєво зменшать витрати на розваги, зберігши ці кошти для майбутніх покупок (що відобразиться на рівні інфляції).

5. Виплати грошової допомоги громадянам

Тільки за 2020 рік, уряд США надрукував і видав своїм громадянам 9 трлн. доларів, що склало 22% від всього обсягу валюти, випущеної за все існування країни. Не дивлячись на всі розбіжності, новий президент Дж. Байден продовжуватиме політику попередника і ініціюватиме нові транші допомоги. Аналогічним чином діють і інші розвинені країни.

Логічним висновком з цього є зростання інфляції. І дійсно, теми інфляції різко зросли, однак не на стільки сильно, як прогнозувалось (див. рис. 1.2.).



Рис. 1.2. Темпи інфляції у США

Джерело: [22]

Не дивлячись на збільшення доларової маси на 22%, максимальний рівень інфляції у США за період пандемії склав лише 5,4%. Причиною тому є те, що більша частина виданих грошей не попала на ринок країни. За даними опитувань, 60% американців не витрачали кошти, отримані від уряду, а інвестували їх у фінансові ринки, або зберігали на банківських рахунках.

6. Значне вливання коштів у світові фінансові ринки

Отже, виплати урядів країн допомоги своїм громадянам призвели до того, що значна їх частина попала на світові фінансові ринки. Слід зауважити, що нові учасники ринка були інвесторами, а не трейдерами. Тому більшість з них купляли наявні активи з метою згодом продати їх дорожче. В результаті, ціни на фондових ринках підіймалися протягом останніх двох років.

Така поведінка ринку є нездоровою, адже ціновий рух є хвилеподібним і саме на початок 2020 року багато аналітиків прогнозувало спадну тенденцію. На графіку ціни SP500 (рис. 1.3.) можна побачити різке просідання у лютому 2020 року. Однак, справедливо буде відзначити, що причиною цього може бути як циклічність ринку, так і панічні настрої на початку пандемії.



Рис. 1.3. Динаміка зміни індексу SP500

Джерело: [23]

7. Значні стрибки у ціні на сировину

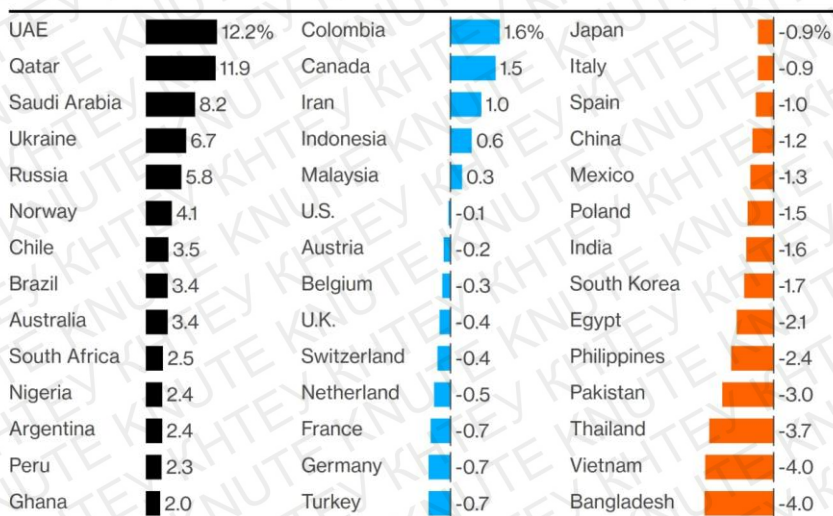
COVID-19 також суттєво вплинув і на ціну на сировину (в т.ч. сільськогосподарську продукцію). Країни, ВВП яких залежить від імпорту, у 2021 році отримали додатковий дохід. На рисунку можна побачити, що найбільший прибуток отримали країни-постачальники нафти та газу. Україна також збільшила ВВП за рахунок збільшення вартості сільськогосподарської продукції. І навпаки, розвинені країни з сильними економіками (наприклад, європейські) змушені витратити більше коштів на експорт сировини (див. рис. 1.4.).

Однак, окрім пандемії у світі були і інші події, які мають суттєвий вплив на глобальну економіку і курси валют відповідних країн [21]:

- стрімке зростання економічної сили КНР. За прогнозами економістів, якщо ситуація не зміниться, у 2028 році китайська економіка перевищить американську у доларовому еквіваленті і стане найбільшою національною економікою світу;
- утворення нових зон вільної торгівлі RCEP, що значно прискорить економічний розвиток таких країн як, знову ж таки, КНР, Японія, Австралія та інші.
- світовий тренд до “озеленення” економіки, а саме – перехід на джерела відновлювальної енергії та перехід на електротранспорт.

Who Wins From a Commodity Boom?

Gains and losses from the commodity boom as proportion of 2021 GDP



Source: Bloomberg Economics

Рис. 1.4. Доходи та прибутки від збільшення цін на сировину до ВВП країни

Джерело: [24]

- нові витрати на підйом американської економіки – тільки у США планується вкласти понад 1,9 трлн. дол.

- новий “вибух” криптовалют. Прихід нових інвестицій відбувався не тільки у фондовий ринок, а й у криптовалютний, що спричинило зростанням вартості Біткоіну (на піку – аж до 60 тис. дол.) та інших активів. Окрім цього, цифрові валюти суттєво збільшили світове визнання і, фактично, у більшості країн світу відношення до криптовалют змінюється. Так, у США, Японії та інших країнах інституціональним фондам дозволено вкладати частину своїх коштів у цифрову валюту.

1.3. Стан валютної системи в Україні

Невід’ємною складовою грошово-кредитної політики Національного банку є валютно-курсова політика.

За останні 12 років, окрім 2019 р. спостерігається значний ріст загального обсягу державного боргу України, а саме – його збільшення більш ніж у 7 разів з 316884,6 до 316884,6 млрд. грн. у 2020 р. [25].

Необхідно відзначити, що ріст загального державного боргу був зумовлений зростанням як зовнішнього так і внутрішнього державного боргу.

Станом на 31 березня 2020 р. міжнародні резерви України, за попередніми даними, становили 224923,75 млн дол. США (в еквіваленті). У лютому вони знизились на 1,5 %. Зменшення міжнародних резервів у лютому зумовлене, насамперед, збереженням не сприятливої ситуації на валютному ринку.

Хоча чиста пропозиція валюти збільшилася внаслідок збереження на достатньому рівні надходжень від експорту та одночасного зменшення попиту на валюту з боку імпортерів через нижчі ціни та потребу в енергоносіях на тлі теплої зими, а також поширення світом коронавірусу, яке ускладнило світову торгівлю і стримувало міжнародний туризм. Як результат, обсяги купівлі валюти НБУ на міжбанківському валютному ринку перевищили обсяги продажу на 689,0 млн дол. США. Національний банк поповнював міжнародні резерви в окремі дні, коли пропозиція валюти була більшою за попит, і загалом купив 734,0 млн дол. США. Водночас для згладжування надмірних коливань гривні в бік знецінення Національний банк також провів валютну інтервенцію з продажу валюти на 45,0 млн. дол. США [26].

Також, на обслуговування та погашення державного боргу в іноземній валюті загалом було спрямовано 768,8 млн дол. США (в еквіваленті). З них 417,2 млн дол. США сплачено за облігаціями внутрішньої державної позики (ОВДП), номінованими у валюті, 213,6 млн дол. [26].

США – за зобов'язаннями уряду та Національного банку на користь Міжнародного валютного фонду, 33,7 млн дол. США – за єврооблігаціями (ОЗДП). Решта коштів сплачена за іншими зобов'язаннями перед іноземними кредиторами та міжнародними фінансовими організаціями [26].

Отже, на динаміку резервів впливали такі основні чинники [27]:

- по-перше, операції Національного банку на міжбанківському валютному ринку.
- по-друге, операції уряду з управління державним боргом.

– по-третє, переоцінка фінансових інструментів (зміна ринкової вартості та курсу гривні до іноземних валют).

Сучасний валютний ринок України функціонує в умовах вкрай несприятливого зовнішнього середовища та загострення соціально-політичного напруження в суспільстві, що негативно впливає на національну економіку та не сприяє інноваційному розвитку.

Ситуація на валютному ринку є ще вкрай напруженою. Валютно-курсова політика національної економіки на нинішньому етапі розвитку націлена на реалізацію регулятивного впливу держави, а саме НБУ, на стан і можливості коливання обмінного курсу національної грошової одиниці щодо долара США. Саме тому динаміка обмінного курсу гривня/долар найбільш точно відображає зміни у валютно-курсовій політиці НБУ.

Загалом з початку 2019 р. пом'якшено або припинено дію вже понад 30 валютних обмежень. Одним з ключових рішень у другому кварталі стало скасування обов'язкового продажу частини валютних надходжень. Цей захід застосовувався упродовж майже 7 років – з кінця 2012-го [28].

Проте, ще у той період виникали сумніви щодо довгого періоду такого стану на валютному ринку. Про це свідчив досвід сезонного ослаблення, яке спостерігалось протягом кількох останніх років. Загалом, висока невизначеність економічної та політичної ситуації в країні, безліч малопередбачуваних факторів роблять прогнозування обмінного курсу складним і сумнівним. У таких умовах можна хіба що покластися на довгострокову оцінку макроекономічної ситуації й поточні очікування учасників ринку.

Щодо впливу ситуації з коронавірусом на валютний ринок, то з 10 березня спостерігався значний попит на іноземну валюту. Щоденні обсяги попиту на валюту збільшувалися більш ніж у 2 рази.

Через зростання попиту на валюту НБУ довелося продавати валюту із золотовалютних резервів. В окремі дні обсяги продажу сягали понад 300 млн дол. США за день. Частково, на стабілізацію ситуації вплинуло і ухвалення Верховною Радою України закону про ринок землі та ухвалення у першому читанні

банківського законопроекту, оскільки ці закони є ключовими умовами для продовження співпраці України та МВФ.

Загалом, обсяги інтервенцій НБУ у валютний ринок протягом пандемії відображені на рисунку 1.5.

Валютні інтервенції НБУ

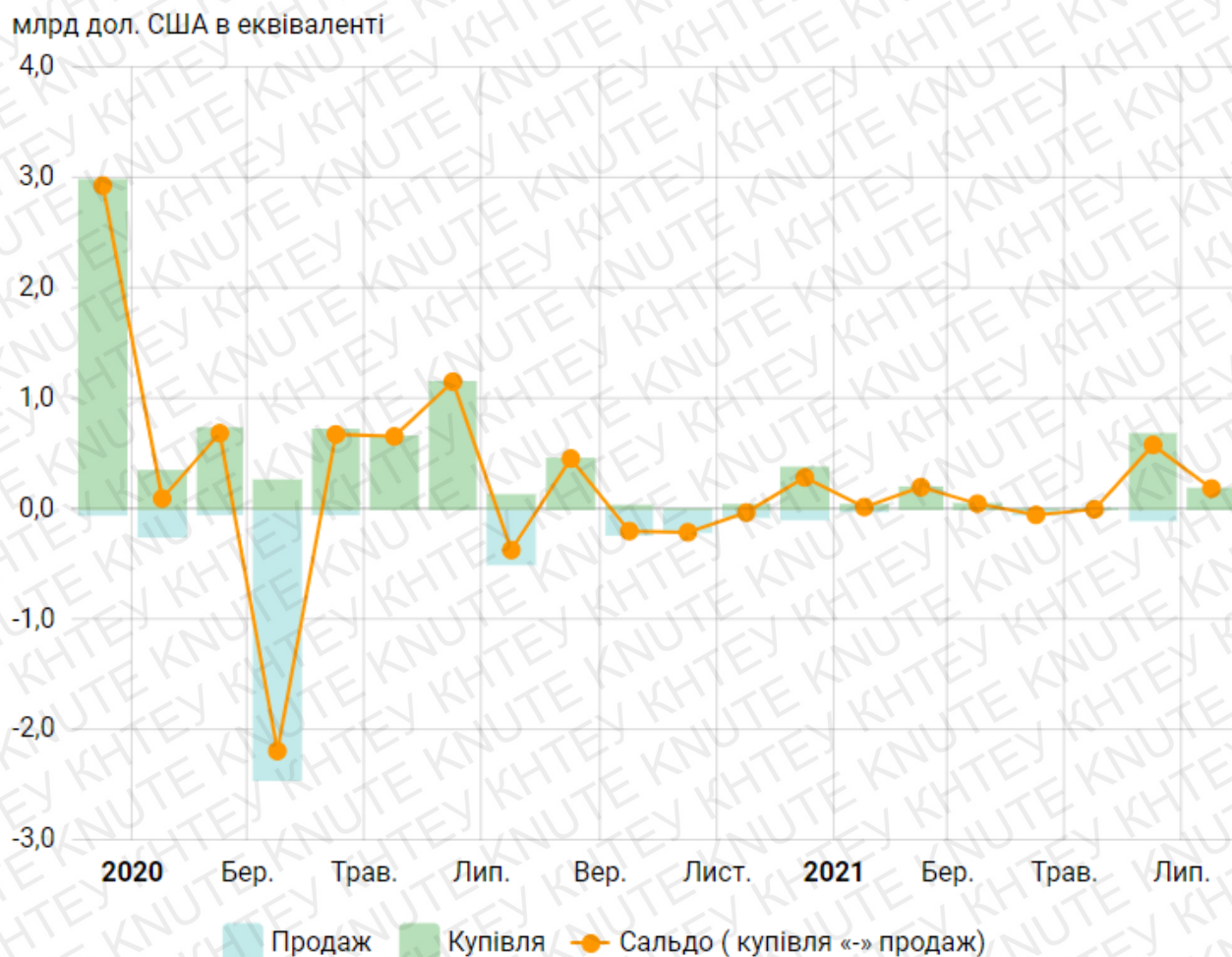


Рис. 1.5. Інтервенцію НБУ з 01.01.2020 року

Джерело: [4]

Проведений аналіз ситуації на валютному ринку в Україні дає можливість визначити такі основні тенденції та обґрунтувати певні особливості функціонування. Зокрема, основний тиск на курс, як і раніше, надає зовнішньоторговельний дефіцит. Також значно послаблюють гривню девальваційні очікування, які зокрема підігріваються необхідністю погашати значні суми валютного боргу уряду [30].

Проте жорстка монетарна політика НБУ та стримана фіскальна політика уряду підтримують умовну стабільність національної валюти, знижуючи доступність гривневого ресурсу та стримуючи зростання попиту на іноземну валюту й зміцнюючи довіру до України зовнішніх кредиторів [30].

Одним з факторів, що сприяє покращенню ситуації є зростання попиту іноземних інвесторів на гривневі ОВДП українського уряду. Протягом 2019 р. обсяг придбаних іноземними інвесторами ОВДП виріс у майже чотирнадцять разів до 84 млрд грн з початку року. Проте ситуація з ОВДП є вкрай нестабільною і в подальшому може призвести до вкрай негативної ситуації на ринку [30].

Підвищення глобальних ризиків, як правило, спонукає інвесторів скорочувати свої позиції на найбільш небезпечних ринках, навіть незважаючи на привабливо високі прибутковості, нажаль, український ринок схильний до таких ризиків [31].

Протягом аналізованого періоду відбулося припинення заходів захисту щодо обов'язкового продажу надходжень в іноземній валюті також було обумовлено втратою його дієвості. Так, за умов досягнення макрофінансової стабільності і відкриття доступу до міжнародних ринків капіталу (завдяки насамперед співпраці з МВФ) роль захисту щодо обов'язкового продажу надходжень в іноземній валюті останнім часом недотримувались. Фактично продавалося близько 90 % валютних надходжень, хоча норматив було встановлено на рівні 30 % [32].

З урахуванням усіх особливостей валютного ринку значний вплив фактору сезонності на динаміку курсу зберігається. Цьому сприяють невеликі розміри валютного ринку й домінування на ньому сезонно-орієнтованих гравців: експортерів агропродукції, імпортерів енергоносіїв і споживчих товарів, а також компаній, що сплачують дивіденди за кордон. Виходячи з дій цих ключових гравців, кожен рік можна умовно розділити на дві частини. Спочатку настає період зміцнення гривні, коли переважає попит на неї з боку агроекспортерів у зв'язку з проведенням посівної кампанії. Водночас імпортери малоактивні. Таким чином, запаси валютного ресурсу у цей період витрачаються на поточні гривневі потреби. Потім ситуація змінюється на протилежну, і йде період ослаблення гривні, коли

вже імпортери, а також платники валютних дивідендів, активно витрачають гривневий ресурс для придбання валюти. Усі інші учасники ринку враховують ці сезонні рухи курсу, а значить – можуть їх посилити[31].

Стійке поліпшення макроекономічної ситуації в Україні впродовж 2019 р. дало змогу НБУ продовжувати заходи з лібералізації валютного ринку. НБУ за умов покращення макроекономічної ситуації та з урахуванням оцінки ефектів від вже знятих обмежень на валютному ринку продовжуватиме послаблювати та припиняти дію заходів захисту. Кінцева мета валютної лібералізації – забезпечення режиму вільного руху капіталу без будь-яких обмежень [33]. Проте ситуація яка склалася у 2020 р. змусила частково повернутися до попередніх методів.

Дорожня карта лібералізації зображена на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Дорожня карта лібералізації валютних обмежень в Україні

Джерело: [33]

Отже, проаналізовані показники, які дають змогу оцінити тенденції вітчизняного валютного ринку, зберігають стабільно негативну динаміку, зокрема, на тлі пандемії COVID-19. Також, фінансова і політична нестабільність дестабілізують національну валюту що у свою чергу стримує розвиток валютного ринку. За таких умов, Національний банк України має провадити валюту політику зосереджену на: лібералізації валютного ринку; дедоларизація державного боргу; зниженні зовнішньоторговельного дефіциту; забезпеченні режиму плаваючого курсоутворення; формуванні достатніх обсягів міжнародних резервів для виконання зобов'язань України; забезпеченні високого рівня довіри до національної валюти [31].

Висновки до розділу 1

Валютна система – це сукупність правил та механізмів, що забезпечують співвідношення між валютами. Обов'язковим елементом валютної системи є конвертована валюта. Фактичне функціонування валютної системи відбувається на валютних ринках. Суб'єктами таких ринків є державні установи, фізичні та юридичні особи, зайняті у зовнішньоекономічній діяльності, банківські установи, валютні біржі, валютні брокерські фірми, тощо.

Аналізуючи обмінний курс валют слід багато уваги приділити основним світовим тенденціям в економіці та стану валютної систем країн, що досліджуються. Більшість сучасних світових тенденцій зумовлена наслідками пандемії COVID-19, а також стрімким нарощування економічної домінації Китаю (тобто, пов'язаними з цим економічними процесами та економічною політикою інших країн).

Українська економіка, відповідно, також зазнає великих втрат на тлі боротьби з коронавірусом. Основними факторами, що впливають на обмінний курс гривні є діяльність уряду та інтервенції НБУ, випуск ОВДЗ, сезонні операції експортерів, лібералізація валютних обмежень, тощо.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ

2.1. Сутність та основні методи економіко-математичного моделювання

Економіко-математичне моделювання – наукова дисципліна, яка займається розробкою та практичним використанням математичного апарату, як найбільш вигідного засобу керування різними соціально-економічними системами та процесами [34].

Процес керування будь-якою економічною системою повинен підкорятись певним принципам. Реалізація цих принципів надає можливість дізнатись умови успішного моделювання процесу. Необхідним для цього є кількісне вимірювання всіх його характеристик. Отже, під економіко-математичним моделюванням можна розуміти так прийняття рішень відносно керування процесами, що базується на кількісному базисі.

Мета та обмеження у моделювання дуже часто залежать від розмірності системи, що досліджується, та її складності. Тому, щоразу перед дослідниками постає задача у зниженні обсягу реальної розмірності таким чином, щоб при цьому не втратити якість у відображенні об'єкта моделювання.

Саме тому, основним завданням при побудові моделі, можна вважати пошук основних параметрів та меж об'єкту, які могли б спростити майбутні розрахунки.

Для того, щоб сформувані систему з різних елементів моделі, слід врахувати наступні її ознаки[34]:

- цілісність системи, тобто незвідність її властивостей до суми властивостей складових елементів системи;
- наявність мети та критерію дослідження множини елементів;
- наявність структурно-логічної, зовнішньої у відношенні до досліджуваної, системи (тобто «середовища»);
- можливість виділення в описуваній системі взаємозв'язаних частин (підсистем).

Економіко-математична модель є концентрованим виразом існуючих взаємозв'язків і закономірностей процесу функціонування економічної системи в математичній формі і складається із сукупності пов'язаних між собою математичних залежностей у вигляді формул, рівнянь, нерівностей, логічних умов та факторних величин, всі або частина яких має економічний зміст. За своїм призначенням в економіко-математичних моделях ці фактори доцільно поділити на параметри та характеристики (рис. 2.1.) [34].

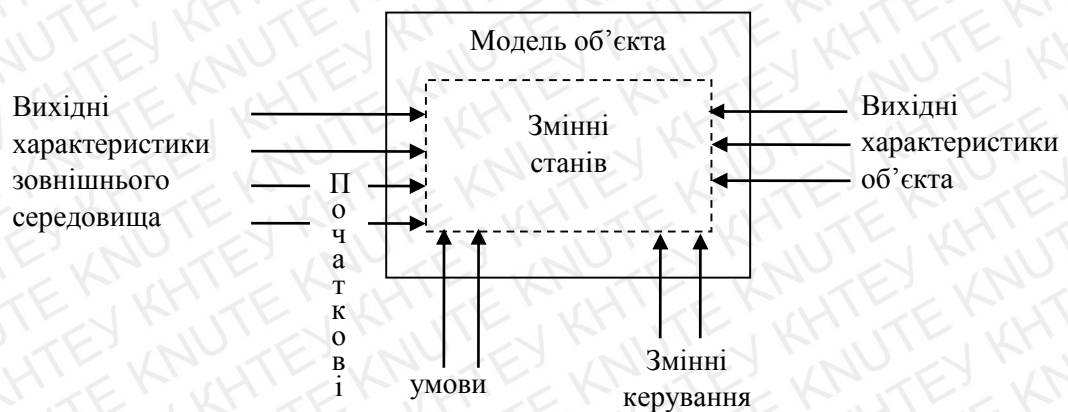


Рис. 2.1. Класифікація факторів за їх місцем в економіко-математичних моделях

Джерело: Побудовано автором на основі [34]

В означенні моделі можна визначити декілька важливих моментів:

- модель може бути матеріальним об'єктом або абстрактним представленням, і, як наслідок, конкретне втілення моделі не буде суттєвим для мети моделювання;
- основна властивість моделі – здатність представити об'єкт при дослідженні його властивостей;
- моделлю може бути тільки така структура, яка дозволить отримати на її основі більш повну інформацію, в порівнянні з безпосереднім дослідженням об'єкта.

Розрізняють фізичне та математичне моделювання. Математичне моделювання дозволяє дослідникам вивчити кількісні показники моделі, їх взаємозв'язки та вплив одне на одного, а також передбачити її основні функціональні можливості та потенційний розвиток. Фізичне моделювання – це

уявлення системи, об'єкта, явища або процесу з метою їхнього дослідження, тобто представлення за допомогою іншого фізичного («реального») об'єкта.

Математичну модель – це формалізований, тобто представлений математичними співвідношеннями, набір правил, що описують фактори суттєвого впливу на функціонування об'єкта дослідження [34].

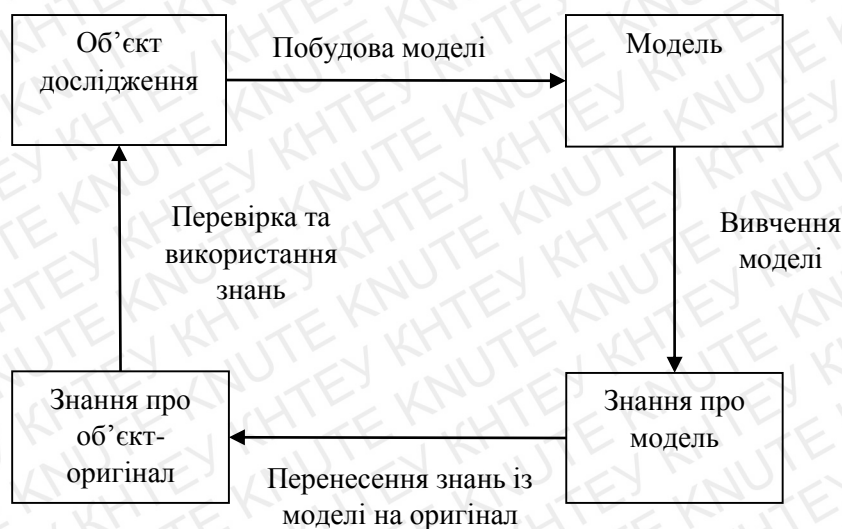


Рис. 2.2. Основні складові процесу моделювання

Джерело: Побудовано автором на основі [34]

Розглянемо коротко основні якісні характеристики деяких економічних моделей (Рис. 2.3). За ступенем масштабованості всі моделі можна поділити на макроекономічні та мікроекономічні. Перші з них намагаються описати економічний розвиток країни в цілому, а саме, поєднуючи її фінансові та виробничі процеси. Як правило, їх характеризують такі показники як ВВП, інвестиційна активність, рівень безробіття, рівень інфляції, стан державного боргу, сальдо експорту та імпорту, тощо. Мікроекономічні моделі описують економіку в середині країни. Як правило, такі моделі побудовані для вивчення її складових, їх структури та поведінки в різних формах ринкової економіки (вільному ринку, олігополії, тощо).

Також, окремо можна виокремити й інші види моделей, а саме:

- теоретичні моделі – вивчають особливості функціонування економіки та її складових з точки зору формалізованих фактів та висновків, отриманих з їх аналізу;
- прикладні моделі – стають в нагоді при прийнятті управлінських рішень, за допомогою конкретних висновків та техніко-економічних розрахунків властивостей того чи іншого об'єкта (до таких моделей відносяться й економетричні);
- рівновагові моделі – враховують декілька станів об'єкта, в залежності від зовнішніх та внутрішніх станів. Так, об'єкт може бути у стані рівноваги, або ж перебувати у мінливих умовах, коли зміни одного його параметру компенсуються змінами у іншому;
- оптимізаційні моделі – описують об'єкти на рівні національної економіки, причому, стан його рівноваги на пряму залежить від його ж поведінки;
- статистичні моделі – описують об'єкти, зафіксовані у певний період часу;
- динамічні моделі – враховують зміни характеристик та зв'язків об'єкта за певний проміжок часу;
- детерміновані моделі – вивчають об'єкт з огляду на існування функціональних зв'язків між його елементами;
- стохастичні моделі – вивчають об'єкт з розумінням існування випадкових подій, використовуючи у якості основних інструментів теорію ймовірності та економетрику;

Моделі можуть будуватись для досягнення таких цілей [34]:

1. Виявлення функціональних співвідношень – розрахунок кількісних характеристик між вихідними та вхідними даними моделі об'єкта. Дана ціль, як правило, притаманна всім відомим математичним моделям і є, фактично, описовою.
2. Аналізу чутливості – мають на меті пошук саме тих факторів, що мають нерозривний зв'язок з вихідними характеристиками об'єкту. Як правило, такі моделі мають певні фактори, що можуть змінюватись з часом, і використовуються для оцінки точності розрахунків.

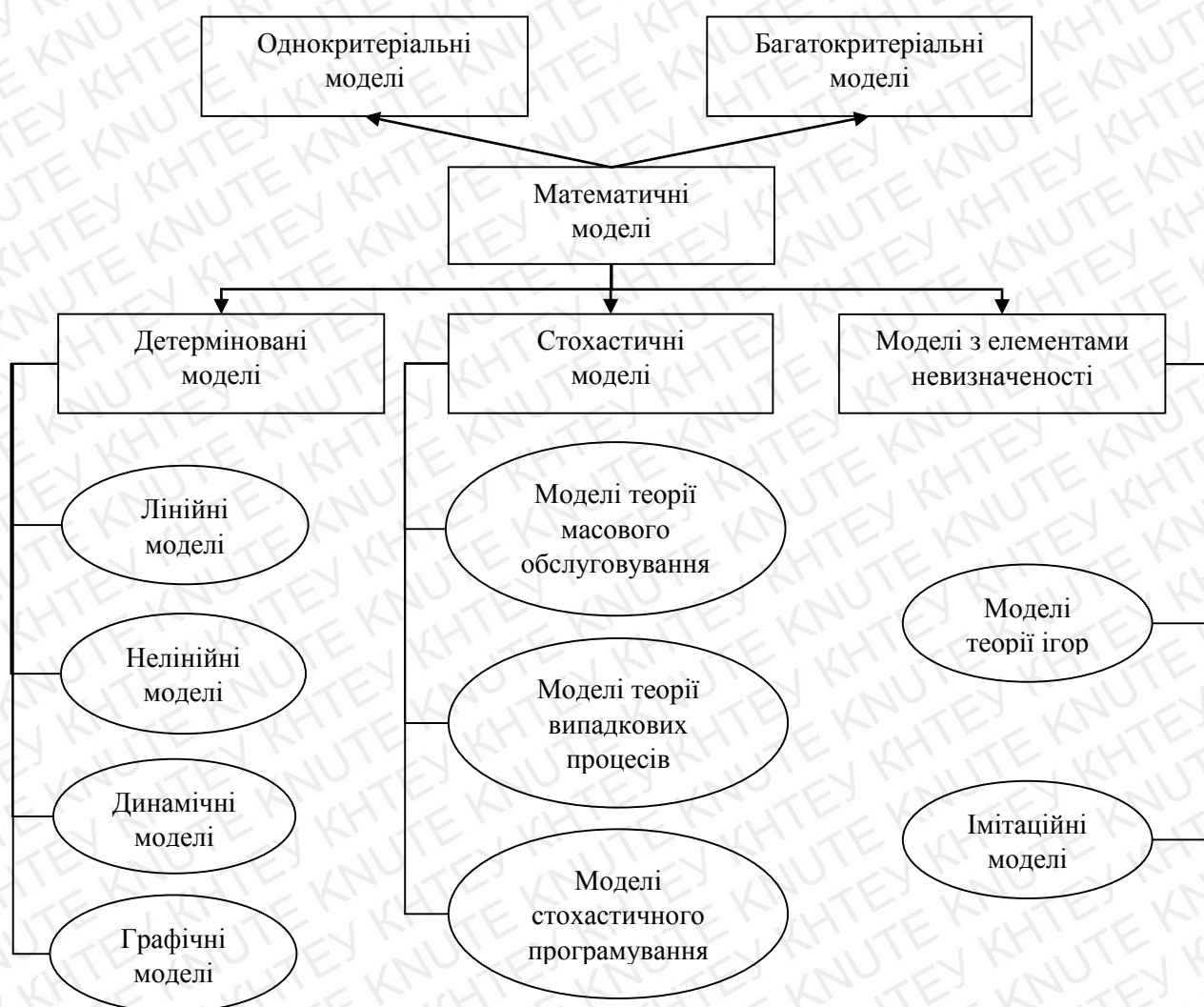


Рис. 2.3. Схема класифікації математичних моделей

Джерело: Побудовано автором на основі [34]

3. Прогноз – оцінювання характеристик об'єкта, що моделюється, в межах певного часового діапазону, при впливі певних факторів. Прогнозні моделі мають в собі і динамічні частини, до яких відноситься вхідні параметри, і статичні – часові інтервали.

4. Оцінка – дозволяє оцінити, наскільки характеристики об'єкта моделювання будуть відповідати певним заздалегідь визначеним умовам. Як правило, в таких моделях використовується інтегральний показник, тобто оцінка відповідності параметрів моделі певним критеріям. На відміну від оптимізаційних моделей, тут не виконується оптимізація, а лише проводиться порівняння та робиться висновок на її основі.

5. Порівняння – співставлення параметрів, принципів побудови, поведінки або опису декількох альтернативних різновидів об'єкта моделювання. Як правило, використовуються тільки ті варіанти, що є найбільш адекватними, оскільки проводиться поступовий перебір, що займає багато часу. Хоча даний тип моделей нагадує оптимізаційні, однак їх функціональність не є тотожною.

6. Оптимізація – пошук такого набору параметрів об'єкта, при яких забезпечується граничне значення його цільової функції. На відміну від типів, наведених вище, у таких моделях існує спеціальний оптимізаційний відділ, покликаний швидко та ефективно оцінювати альтернативні варіанти опису об'єкта.

2.2. Основні фактори впливу на обмінний курс валют

Валютний (обмінний) курс – вираз ціни грошової одиниці однієї країни в грошових одиницях іншої [35]. В основі валютного курсу лежить валютний паритет (співвідношення між валютами різних країн, що встановлюється законодавчо).

На обмінний курс валют впливають багато чинників як зовнішніх, так і внутрішніх, як макроекономічного та мікроекономічного характеру. Найбільш змістовними і популярними є наступні класифікації цих чинників[36]:

1. Класифікація за часовими параметрами:

- Довгострокові чинники: до них відноситься місце країни у світовій економіці, демографічні показники, темпи зростання ВНД, показник продуктивності праці, тощо;
- Середньострокові чинники: динаміка внутрішніх цін, сальдо державних фінансів, платіжний баланс країни за поточними операціями тощо;
- Короткострокові чинники: інтервенції банківських установ в середині країни, інтервенції регулятора валютного ринку, психологічні тренди та маніпуляції.

2. Класифікація за джерелом походження:

- Чинники структурного характеру: обсяги наявної грошової маси, темпи інфляції, динаміка облікової ставки, дефіцит та профіцит державного бюджету, структура платіжного балансу, рівень закредитованості уряду країни, тощо;

- Чинники кон'юнктурного характеру: міжнародна економічна та політична кон'юнктура, валютні спекуляції, очікування населення, інші фінансові операції.

Слід зазначити, що всі ці фактори мають різний степінь впливу на валютний курс, регулярність виникнення. Тож, їх використання у економіко-математичному моделюванні не завжди може бути адекватно виконане. Так, зібрати дані про дефіцит державного бюджету і врахувати їх є необхідним та може бути автоматизованим певною мірою. Але, збирати інформацію про спекулятивні валютні операції і будувати на їх основі модель, є надзвичайно складною задачею, для розв'язання якої потрібно буде залучати цілий колектив т.з. квантів.

Також, коли йдеться про валютний курс, слід враховувати його види. Так, валютний курс може бути номінальним або реальним.

Номінальний валютний курс встановлюється на основі валютних паритетів в залежності від режиму валютного курсу країни

Реальний ефективний валютний курс – показник, що характеризує динаміку валютних курсів. Показує зміни цінової конкурентоспроможності товарів країни по відношенню до продукції основних торговельних партнерів. Стандартна методика розрахунку реального обмінного курсу враховує відношення індексів споживчих цін (ІСЦ) всередині країни і за кордоном, а також долю кожної країни в зовнішньоторговельному обороті.

Характер даного дослідження передбачає використання номінального валютного курсу. Оскільки реальний ефективний валютний курс має інший принцип формування і вплив на нього будь-яких чинників буде суттєво відрізнятися від впливу на номінальний валютний курс.

За видами ринків валютний курс може бути [36]:

- спотовим – курс обміну протягом не більше 2 робочих днів з моменту досягнення угоди про курс, фактично це відношення цін валют на ринку на певну дату.

- форвардним – узгоджений курс, обмін за цим курсом здійснюється в майбутньому, понад 3 дня після узгодження (курс аутрайт), залежить від відсоткових ставок в країнах.

Ф'ючерсний курс – це курс, за яким базовий актив ф'ючерсної угоди буде проданий або куплений у визначений час та на визначених умовах у майбутньому.

Якщо форвардна угода, як правило, укладена між двома контрагентами без посередників і передбачає реальну поставку товару, то ф'ючерсна угода, як правило, укладена на відповідній біржі і, як правило, передбачає передачу власнику еквіваленту вартості предмету угоди. Часто останній використовується для хеджування ризиків зміни курсу на певному проміжку часу.

Характер даного дослідження передбачає використання спотового валютного курсу, оскільки форвардний та ф'ючерсні курси мають більш спекулятивний характер, а також враховують майбутні припущенні і сподівання учасників ринку, що значно ускладнює побудову моделі.

За режимами регулювання (класифікація та дані згідно звіту МВФ за квітень 2011 року) виділяють наступні основні різновиди валютних курсів [розроблено на основі 19]:

- режим фіксованого курсу (режим валютного управління або валютної ради (Гонконг, Домініка, Гренада, Бруней), інші орієнтовані режими фіксованого курсу (ОАЕ, Катар, Оман, Саудівська Аравія));

- перехідні режими (режим стабілізованого курсу(Гайана, Ямайка, Ліван, В'єтнам), фіксований курс з можливістю корекції(Ботсвана, Узбекистан), інші режими з можливістю корекції курсу (Ефіопія, Казахстан, Китай, Єгипет), фіксований курс в рамках горизонтального коридору(Тонга), інші режими курсу, що управляється (Ангола, Сінгапур, Вануату, Йемен));

- режими плаваючого курсу (режим плаваючого курсу(Гамбія, Монголія, Бразилія, Грузія, Індонезія, Молдова, Індія), режим вільно плаваючого курсу(Австралія, Канада, Чилі, Мексика, Японія)).

До становлення Європейської валютної системи більшість розвинених країн Європи відносилось до режиму вільно плаваючого курсу.

До режиму фіксованого курсу відносяться країни, які законодавчо відмовились від власної національної валюти або вона функціонує паралельно з іноземною (н-д, Еквадор, Сальвадор(зараз – і біткоїн), Панама та деякі інші країни використовують долар США).

За даною класифікацією Україна відноситься до країн з режимом стабілізаційного курсу. Тобто уряд України та НБУ контролюють курс гривні і проводять низку заходів для його стабілізації (інтервенції НБУ, зміна відсоткової ставки, тощо).

Ціна, за якою можна купити або продати одну валюту за іншу називаються котируванням. При цьому базовою валютою називають ту, за допомогою якої оцінюють вартість інших валют. Часто у якості базової валюти виступає долар США, Валюта котирування – це та валюта, вартість якої оцінюють.

Також використовуються крос-курс:

- 1) це співвідношення між двома валютами, яке впливає з їх курсів щодо третьої валюти;
- 2) це курс, де долар не є валютою, що торгується;
- 3) це курс обміну між двома валютами через долар США, євро чи СПЗ.

Існує два метода котирування *іноземної валюти до національної* [37]:

1. Пряме котирування – це вираження одиниці іноземної валюти у національній: 1долар=28 гривень
2. Непряме котирування – це вираження одиниці національної валюти в іноземній. Переважно цей метод застосовується у Великобританії та її колишніх колоніях: 1фунт стерлінгів = 0.7 доларів США.

В Україні частіше за все використовується пряме котирування на базі долара США.

2.3. Етапи розробки економіко-математичної моделі обмінних курсів валют

У реальній економіці існує велика кількість чинників економічного, політичного, правового чи психологічного характеру, які прямо або опосередковано впливають на курс національної валюти. Спираючись на дані,

наведені у попередніх розділах, виділимо ключові макроекономічні показники впливу (рис. 2.4).

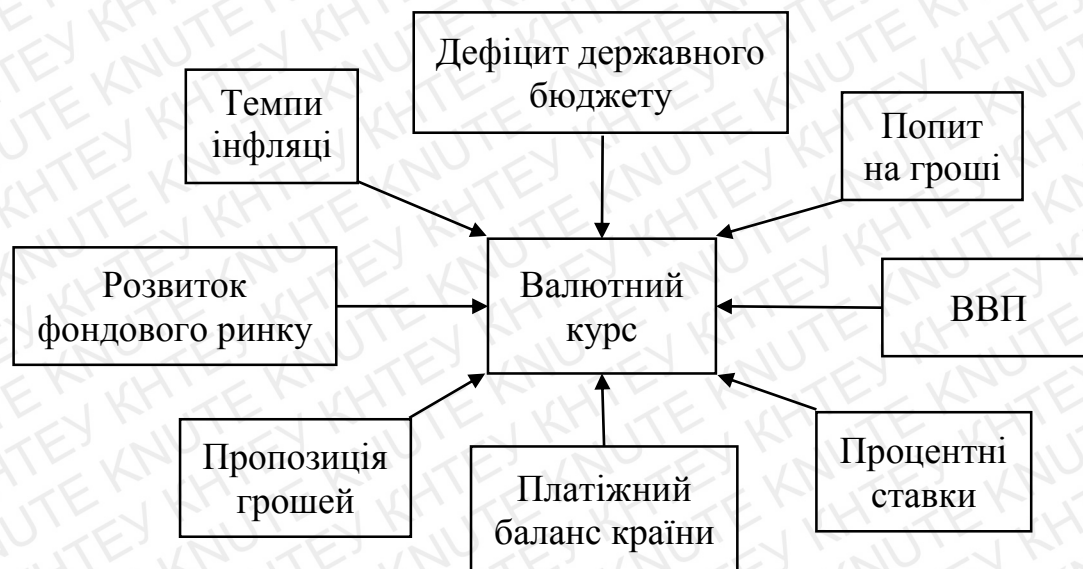


Рис. 2.4. Ключові макроекономічні показники, які впливають на валютний курс

Джерело: Побудовано автором на основі [38]

Найважливішим фактором, який впливає на валютний курс, є платіжний баланс країни. У випадку, коли торговельне сальдо країни є активне, тобто надходження з-за кордону перевищують її валютні витрати, курс національної валюти має тенденцію зростати. Це пов'язано з тим, що збільшення частки експорту порівняно з імпортом, по-перше, призводить до зростання попиту на національну валюту з боку виробників продукції; по-друге, за рахунок поживлення експорту зростають надходження іноземної валюти в країну, що позитивно впливає на розвиток її економіки, на підвищення рівня валютних резервів центрального банку, а це, у свою чергу, дозволяє проводити монетарну політику, спрямовану на стабілізацію курсу національної валюти.

Одним з вагомих чинників, що впливають на валютний курс, є пропозиція грошей. Як правило, зростання у країні на 1% грошової маси призводить до миттєвого зростання на 1% внутрішніх цін, при цьому механізм паритету

купівельної спроможності забезпечує відповідне знецінення національної валюти на 1%.

Дефіцит державного бюджету є безпосередньою причиною збільшення грошової маси в обігу й призводить до зниження курсу національної валюти у довгостроковому періоді.

Не менш важливими чинниками є ВВП – основний індикатор стану національної економіки, рівень реальних процентних ставок, який визначає загальну дохідність інвестицій в економіку країни, темп інфляції тощо.

Оскільки відповідно до положення НБУ «Про встановлення офіційного курсу гривні до іноземних валют та курсу банківських металів» офіційний курс гривні до долара США визначається на підставі котирування валюти на міжбанківському валютному ринку та з урахуванням інформації про діючий офіційний курс Національного банку і про проведені ним операції з купівлі-продажу іноземних валют, у якості вихідної змінної моделі доцільно обрати саме значення валютного курсу на міжбанківському ринку, а не офіційного [39].

Узагальнений алгоритм розробки моделі передбачатиме наступні етапи:

1) Збір даних.

Збір даних повинен відбуватись відповідно до факторів, які мають найбільший вплив на курс валют. Як приклад, модель буде демонструвати роботу з українською гривнею, однак реально вона зможе працювати з будь-якими валютами, якщо дані будуть відповідно підготовлені. Необхідні дані будуть зібрані як з офіційних джерел, які ці дані публікують, так і з датасетів (з обов'язковою перевіркою щодо достовірності даних).

2) Дослідження та обробка даних.

Даний етап, перш за все, передбачає їх візуальне вивчення. Дані повинні бути нормалізовані, тобто мати однаковий формат, одиниці вимірювання, тощо. Також, потрібно стежити за тим, щоб у робочому датасеті не було відсутніх, некоректних або помилкових значень. Даний етап не можна повністю автоматизувати, оскільки лише спеціаліст, заглиблений у контекст проблеми, розуміє яким приблизно повинні виглядати значення датасету, яке відхилення від середніх значень може

бути припустимим і які значення можна видалити, навіть якщо вони реальні, однак є аномальними і не відображають загальну тенденцію.

Також на цьому етапі можуть бути застосовані методи візуального та статистичного аналізу даних.

3) Моделювання обмінних курсів валют.

Після нормалізація та початкового аналізу, підготовлені дані потрібно завантажити в модель та провести навчання. Для цього будуть використовуватися інструментальні засоби модуля Keras. Як правило, всі існуючі дані розбиваються на дві частини (2 до 1). На більшій частині вибірки проводиться навчання моделі. Після чого друга частина використовується для її тестування. Тобто, в модель поступають нові значення факторів і її відповідь порівнюється з еталонними. Нормальною вважається ситуація, якщо відповіді моделі відрізняються від еталонних на 1-3%. Якщо похибка суттєво більша, потрібно проаналізувати параметри моделі, визначити які з них привели до негативного результату. Іноді змінюється і сама модель.

Після навчання в модель можна завантажувати нові дані, за якими потрібно виконати прогноз валютного курсу. Для покращення роботи моделі, потрібно перенавчати її, використовуючи актуальний датасет.

4) Реалізація програмного додатку працюючої моделі.

Програмний додаток моделі буде складатись з користувацького додатку з графічним інтерфейсом. Даний додаток буде виконувати наступні функції:

- Зберігати нормалізованих датасетів та додавати до існуючих нові дані;
- Проводити навчання моделі за поточним датасетом;
- Проводити прогнозування обмінного курсу.

Оскільки метою даної роботи є моделювання обмінних курсів, то модель повинна працювати з будь-якою валютною парою і будь-якою кількістю факторів, що мають найбільшу значущість. Визначати які це будуть фактори та їх кількість повинен фахівець.

Висновок до розділу 2

Економіко-математичне моделювання – це процес імітації певних систем чи характеристик об'єкту з метою його вивчення. Моделювання може бути фізичним або математичним. Основними цілями для проведення моделювання є виявлення функціональних співвідношень, аналіз чутливості, прогноз, оцінка, порівняння або оптимізація.

При моделювання обмінного курсу валют, необхідно чітко виділити фактори, які впливають на нього. Фактично, вони і представляють собою характеристики об'єкта (системи обміну валют). Для моделювання обмінних курсів гривні основними факторами будуть дефіцит державного бюджету, попит на гроші, ВВП, процентні ставки, платіжний баланс країни, пропозиція грошей, розвиток фондового ринку, темпи інфляції.

Етапами розробки моделі обмінних курсів є збір даних, дослідження та обробки даних, моделювання обмінних курсів валют та її програмна реалізація.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОБМІННИХ КУРСІВ ВАЛЮТ

3.1. Проектування процесу розробки економіко-математичної моделі обмінних курсів валют

При проектуванні економіко-математичної моделі, слід визначитись з інструментарієм, який буде для цього використовуватись. Принциповою вимогою для вибору була наявність у моделі елементів машинного навчання. Тому для роботи було обрано мову програмування Python та його модулі для роботи з машинним навчанням.

Основними перевагами мови програмування Python є наступні [40]:

- Простота синтаксису. Код Python є простим і не переобтяженим зайвими дужками та виразами;
- Гнучкість. Саме завдяки цьому мова програмування отримала популярність серед розробників, оскільки з її допомогою можна вирішувати задачі різної масштабованості;
- Інтерпретованість. Інтерпретатор Python існує для всіх популярних платформ і за замовчуванням входить в більшість дистрибутивів Linux;
- Ком'юніті. Навколо Python утворилося досить дружнє і приємне ком'юніті, яке готове прийти на допомогу будь-якому починаючому або вже вмілому розробнику і розібратися в його проблемі;
- Open Source. Код інтерпретатора Python є відкритим, що призвело до значного поліпшення коду ком'юніті;
- Масштабна екосистема. Мова Python має у своїй екосистемі багато інструментарію, зокрема IDE, різних модулів, в т.ч. тих, що значно спрощують роботу з машинним навчанням.

У даному дослідженні будуть використовуватися два IDE Python, а саме – PyCharm та Jupyter Notebook.

Jupyter Notebook – це інструмент для розробки та представлення проектів Data Science у інтерактивному вигляді [41]. Він поєднує в собі виконання коду та

нотаток у вигляді звичайного документу, що містить в собі текст, математичні вирази та візуалізацію. Такий покроковий підхід забезпечує швидкий, послідовний процес розробки, оскільки результати роботи кожного блоку демонструються відразу. Саме тому даний інструмент став настільки популярним у дослідників даних за останній час. Більша частина Kaggle Kernels (роботи учасників дослідницьких конкурсів на платформі Kaggle [48]) створені саме з допомогою Jupyter Notebook (див. рис. 3.1).

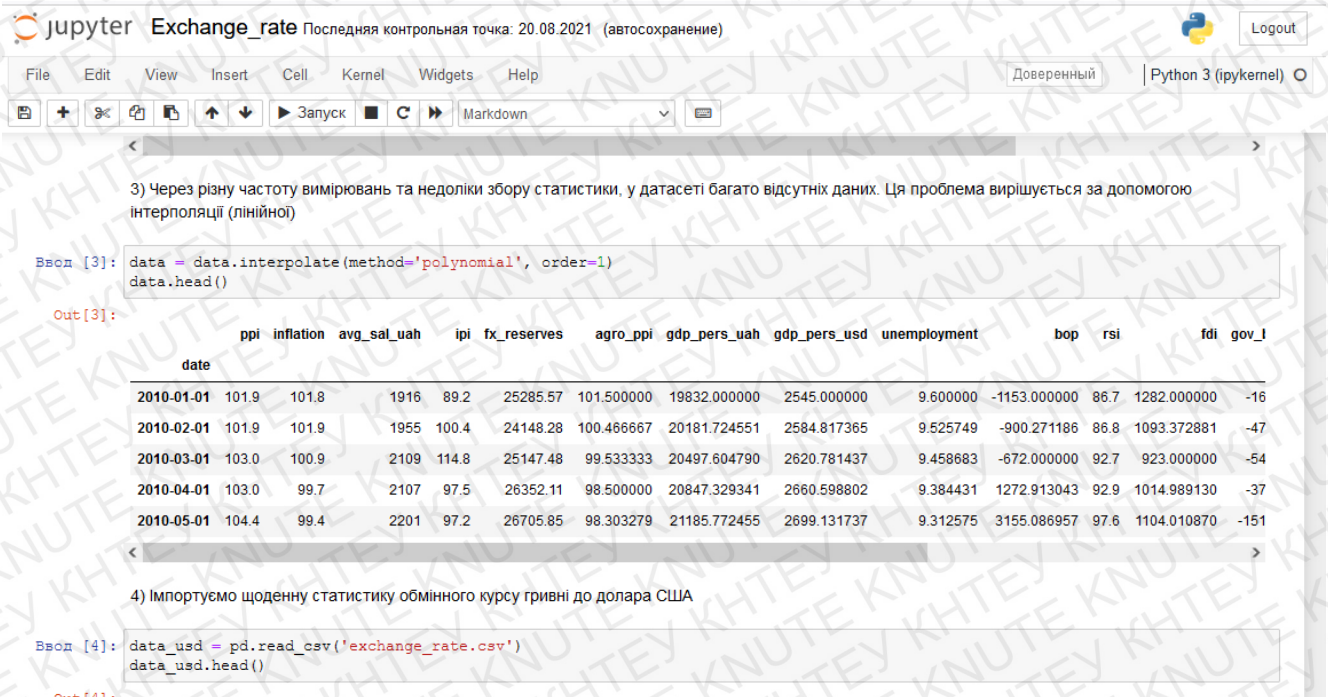


Рис. 3.1. Інтерфейс Jupyter Notebook

Джерело: [Авторська розробка]

Первинне ознайомлення та обробка даних, процес аналізу та побудови моделі буде відбуватись саме у Jupyter Notebook.

PyCharm - це відома IDE, яка також має власні версії для більшості відомих операційних систем, що значно полегшує використання та створення програм за допомогою Python [53]. PyCharm має не тільки редактор коду, а й налагоджувач, інтерпретатор та інші інструменти, які допоможуть створювати та експортувати створені програми. PyCharm має інтерпретатор в редакторі коду, який допомагає дізнатися про можливі помилки в коді в режимі реального часу.

IDE PyCharm розробляє компанія JetBrains (власник IntelliJ IDEA). Розробники підтримують дві версії ПЗ: преміум-версія, за яку потрібно заплатити, та інша версія freemium, яка є безкоштовною, але не має тієї самої підтримки, що і преміум-версія.

PyCharm буде використаний для формування прототипу програмного додатку, який дозволить використовувати дану модель спеціалістам, що не мають навичок програмування та роботи з Python, його модулями та Jupyter Notebook (див. рис. 3.2.).

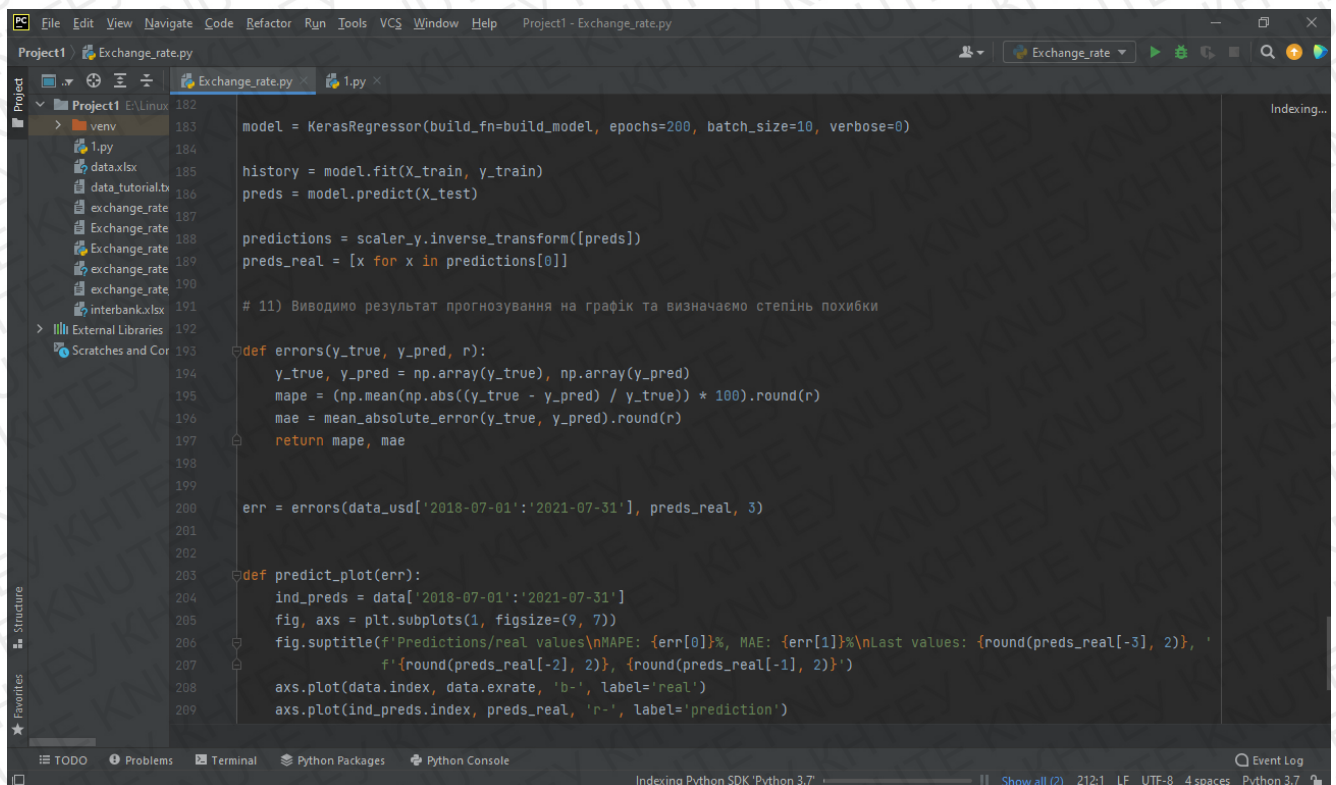


Рис. 3.2. Інтерфейс PyCharm

Джерело: [Авторська розробка]

Для побудови економіко-математичної моделі обмінного курсу валют будуть використовуватись модулі, вбудовані у стандартну збірку Python та наступні імпортовані:

- Numpy – розширення мови програмування Python, що додає підтримку великих багатовимірних масивів і матриць, разом з великою бібліотекою високорівневих математичних функцій для операцій з цими масивами [44]. Оскільки Python – інтерпретована мова, математичні алгоритми часто працюють в

ньому набагато повільніше ніж у компільованих мовах, таких як С або навіть Java. NumPy намагається вирішити цю проблему, забезпечуючи підтримку багатовимірних масивів для великої кількості обчислювальних алгоритмів, безліч функцій і операторів для роботи з ними. Таким чином будь-який алгоритм, який може бути виражений в основному як послідовність операцій над масивами і матрицями, працює так само швидко, як еквівалентний код, написаний на С. NumPy можна розглядати як альтернативу MATLAB, оскільки інструментарій MATLAB зовні нагадує NumPy: обидві вони інтерпретовані, і обидві дозволяють користувачам писати швидкі програми поки більшість операцій проводяться над масивами або матрицями, а не над скалярами [44].

- Pandas – модуль Python для маніпулювання даними та їхнього аналізу. Він, зокрема, пропонує структури даних та операції для маніпулювання чисельними таблицями та часовими рядами[45]. Можливості Pandas включають в себе [45]:

- об'єкт DataFrame із вбудованим індексуванням для маніпулювання даними.
- інструменти для зчитування та записування даних між структурами даних у пам'яті та різними форматами файлів.
- вирівнювання даних та вбудована підтримка пропущених даних.
- переформатування для отримання зведених наборів даних.
- отримання зрізів за мітками, індексування з розширеними можливостями та отримання наборів з великих масивів даних.
- додавання та вилучення стовпчиків у структурах даних.
- групування даних.
- злиття та з'єднання наборів даних.
- ієрархічне індексування осей для роботи з даними високої розмірності в структурі даних нижчої розмірності.
- розширена функціональність для часових рядів.

Даний модуль оптимізовано за продуктивністю, критичні ланцюжки коду написано мовами Cython та С.

- Matplotlib – бібліотека на мові програмування Python для візуалізації даних за допомогою двовимірної 2D графіки (3D графіка також підтримується). Зображення, які генеруються в різних форматах, можуть бути використані в інтерактивній графіці, наукових публікаціях, графічному інтерфейсі користувача, веб-додатках, де потрібно будувати діаграми [46].

- Re – модуль Python, який використовується для роботи з регулярними виразами [47].

- Scikit-learn (також відома як sklearn) – це безкоштовний модуль машинного навчання для мови програмування Python, який надає функціональність для створення та тренування різноманітних алгоритмів класифікації, регресії та кластеризації, таких як лінійна регресія, random forest, градієнтний бустинг, і працює у зв'язці з бібліотеками NumPy та SciPy. Scikit-learn є однією з найбільш популярних бібліотек машинного навчання [48].

- TensorFlow – це відкрита програмна бібліотека для машинного навчання, розроблена компанією Google для задоволення її потреб у системах, здатних будувати та тренувати нейронні мережі для виявлення та розшифровування образів та кореляцій, аналогічно до навчання й розуміння, які застосовують люди[49]. Серед застосувань, для яких TensorFlow є основою, відносяться програмне забезпечення автоматизованого опису зображень, таке як DeepDream. Іншим прикладом застосування є використання у складі програм FakeApp з метою безшовного поєднання фото- та відеозображень для створення подробиць, але правдоподібних відео, відомих під назвою Deepfake [49].

TensorFlow надає бібліотеку готових алгоритмів чисельних обчислень, реалізованих через графи потоків даних. Вузли в таких графах реалізують математичні операції або точки входу/виводу, в той час як ребра графу представляють багатовимірні масиви даних (тензори), які перетікають між вузлами. Вузли можуть бути закріплені за обчислювальними пристроями і виконуватися асинхронно, паралельно обробляючи разом всі підходящі до них тензори, що дозволяє організувати одночасну роботу вузлів нейронної мережі за аналогією з одночасною активацією нейронів у мозку людини[49].

- Keras – це відкрита нейромережева бібліотека, написана для мови програмування Python. Вона здатна працювати поверх TensorFlow, Microsoft Cognitive Toolkit, R, Theano та PlaidML, та була спроектована для проведення швидких експериментів з мережами глибинного навчання. Keras було спроектовано скоріше як інтерфейс, аніж як самостійну систему машинного навчання. Вона пропонує високорівневий, інтуїтивний набір абстракцій, який спрощує процес розробки глибинно-нейромережевих моделей [50].

- Tkinter – це багатоплатформна графічна бібліотека інтерфейсів на основі засобів Tk, яка поширюється як Open Source код, входить у стандартний пакет Python[51]. Бібліотека Tkinter не реалізує власний інтерфейс до бібліотеки Tk, а забезпечує конвертування запитів Python у запити Tcl, тобто являється обгорткою для Tcl/Tk.

3.2. Програмна реалізація економіко-математичної моделі обмінних курсів

ВАЛЮТ

В якості статистичних даних для побудови та перевірки економіко-математичної моделі обмінних курсів валют було взято дані щодо обмінного курсу української гривні до долара США,

У якості показників економіко-математичної моделі було взято наступні:

- Обсяг продажу валюти на міжбанківському валютному ринку України (interbank) [52];
- індекс цін виробників (ppi) [53];
- індекс інфляції (inflation) [54];
- середня зарплата, грн (avg_sal_uah) [55];
- індекс промислового виробництва (ipi) [56];
- золотовалютні резерви НБУ, млн. дол США (fx_reserves) [57];
- індекс цін реалізації сільськогосподарської продукції (agro_ppi) [58];
- ВВП на душу населення, млн. грн (gdp_pers_uah) [59];
- ВВП на душу населення, млн. дол США (gdp_pers_usd) [59];

- рівень безробіття, % (unemployment) [60];
- платіжний баланс зведений, млн. дол США (bor) [61];
- індекс реальної заробітної плати (rsi) [62];
- прямі іноземні інвестиції(сальдо), млн. дол США (fdi) [63];
- виконання державного бюджету(сальдо), млн. грн (gov_budg) [64];
- сальдо експорт/імпорт, млн дол. США (int_trade) [65];
- загальний держборг, млн. грн (state_debt_uah) [66];
- загальний держборг, млн. дол США (state_debt_usd) [66];

Побудова та реалізація економіко-математичної моделі обмінних курсів валют складається з наступних кроків:

- 1) Імпорт модулів numpy, pandas.

```
import numpy as np
import pandas as pd
```

Рис. 3.3. Імпорт модулів numpy та pandas

Джерело: [Авторська розробка]

- 2) Імпорт основного датасету зі статистичними даними.

```
data = pd.read_excel("data.xlsx", parse_dates = True, index_col = 'date')
data.head()
```

date	ppi	inflation	avg_sal_uah	ipi	fx_reserves	agro_ppi	gdp_pers_uah	gdp_pers_us
2010-01-01	101.9	101.8	1916	89.2	25285.57	101.5	19832.0	2545
2010-02-01	101.9	101.9	1955	100.4	24148.28	NaN	NaN	Na

Рис. 3.4. Імпорт датасету data

Джерело: [Авторська розробка]

- 3) Через різну частоту вимірювань та недоліки збору статистики, у датасеті багато відсутніх даних. Ця проблема вирішується за допомогою лінійної інтерполяції.

```
data = data.interpolate(method='polynomial', order=1)
data.head()
```

date	ppi	inflation	avg_sal_uah	ipi	fx_reserves	agro_ppi	gdp_pers_uah	gdp_pers_
2010-01-01	101.9	101.8	1916	89.2	25285.57	101.500000	19832.000000	2545.00
2010-02-01	101.9	101.9	1955	100.4	24148.28	100.466667	20181.724551	2584.81

Рис. 3.5. Використання лінійної інтерполяції

Джерело: [Авторська розробка]

Імпорт щоденної статистики обмінного курсу української гривні до долара США.

```
data_usd = pd.read_csv('exchange_rate.csv')
data_usd.head()
```

	date	amount	total_ex	exrate
0	01.01.2010	100	798.5	7.985
1	02.01.2010	100	798.5	7.985

Рис. 3.6. Імпорт статистики обмінного курсу української гривні до долара США

Джерело: [Авторська розробка]

4) Стовпчик №2 (кількість валюти, що обмінюються) є нізмінним по всьому датасету. Стовпчик №3 (кількість гривні, яку отримаємо після обміну) напряму залежить від 2 та 4 стовпчиків і не впливає на сам курс. Тож, дані стовпчики потрібно видалити. Також, слід перенести дату у індекс датасету, оскільки весь датасет складається з часових рядів.

5) Використовуючи модуль `matplotlib`, необхідно створити графік обмінного курсу, що аналізується, для його подальшого візуального аналізу.


```
data_usd = data_usd[['date', 'exrate']]
data_usd['date'] = pd.to_datetime(data_usd['date'], format='%d.%m.%Y', errors='')
data_usd = data_usd.set_index('date')
data_usd.head()
```

date	exrate
2010-01-01	7.985
2010-01-02	7.985

Рис. 3.7. Обробка датасету data_usd

Джерело: [Авторська розробка]

```
import matplotlib.pyplot as plt
from pandas.plotting import register_matplotlib_converters
register_matplotlib_converters()

plt.plot(data_usd)
plt.show()
```

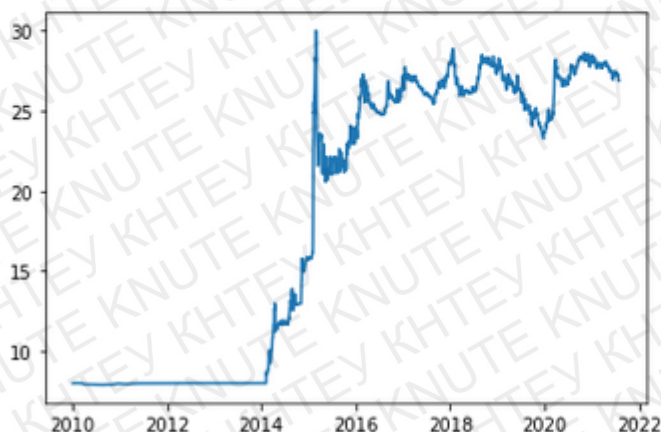


Рис. 3.8. Графік обмінного курсу української гривні до долара США

Джерело: [Авторська розробка]

б) Оскільки датасет data містить дані по місяцям, а data_usd – по дням, потрібно звести їх до одного розміру за параметром дати. Крім того, датасет data починається з початку 2012 року, тож це теж потрібно врахувати при суміщенні цих даних.


```

data_usd = data_usd.resample('M').mean()
end_date = "2021-08-30"

data_usd = data_usd[:end_date]
data = data.assign(exrate = data_usd[3:].values)

start_date = "2012-01-01"
data = data[start_date:]

data.head()

```

date	ppi	inflation	avg_sal_uah	ipi	fx_reserves	agro_ppi	gdp_pers_uah	gdp_pers_
2012-01-01	99.2	100.2	2722	86.2	31364.11	107.658197	28990.784153	3594.224
2012-02-01	100.8	100.2	2799	101.7	31048.64	103.516393	29168.568306	3618.448

Рис. 3.9. Об'єднання датасетів data та data_usd

Джерело: [Авторська розробка]

7) Тепер потрібно імпортувати датасет, де показана кількість валюти проданої НБУ.

```

data_interbank = pd.read_excel('interbank.xlsx')
data_interbank.head()

```

	date	total_amount_usd	part_of_usd
0	04.01.2012 Ср	738,29	614,69
1	05.01.2012 Чт	750,70	645,63

Рис. 3.10. Імпорт датасету щодо інтервенцій НБУ

Джерело: [Авторська розробка]

8) Щоб обробити цей датасет подібно до data_usd, потрібно позбутись останніх кирилических символів з першого стовпчику за допомогою модуля re та адаптувати все під один формат.

```

import re

def regexp(reg):
    res = re.findall(r'\d{2}.\d{2}.\d{4}', reg)
    return res[0]

data_interbank['date'] = data_interbank['date'].apply(regexp)

data_interbank['date'].head()

```

0	04.01.2012
1	05.01.2012

Рис. 3.11. Адаптація формату даних датасету data_interbank

Джерело: [Авторська розробка]

9) Крім того, останні два стовпчики датасету data_interbank не є числовими. Отже, потрібно замінити роздільні знаки (замість «.» вставити «,») та конвертувати їх у числовий формат.

```

def replace(rep):
    rep = rep.replace('.', ',')
    return rep

def to_float(fl):
    fl = float(fl)
    return fl

data_interbank['total_amount_usd'] = data_interbank['total_amount_usd'].apply(replace)
data_interbank['total_amount_usd'] = data_interbank['total_amount_usd'].apply(to_float)

data_interbank['total_amount_usd'].head()

```

0	738.29
1	750.70

Рис. 3.12. Адаптація формату чисел з дробовою частиною

Джерело: [Авторська розробка]

10) Наступним кроком буде нормалізація датасету data_interbank відповідно до data_usd та поєднання всіх датасетів в один.


```

data_interbank['date'] = pd.to_datetime(data_interbank['date'], format='%d.%m.%y')
data_interbank = data_interbank.set_index('date')
data_interbank = data_interbank['total_amount_usd']
data_interbank = data_interbank.resample('M').sum()
data_interbank = data_interbank[start_date:]

data = data.assign(interbank = data_interbank.values)
data.head()

```

date	ppi	inflation	avg_sal_uah	ipi	fx_reserves	agro_ppi	gdp_pers_uah	gdp_pers_usd
2012-01-01	99.2	100.2	2722	86.2	31364.11	107.658197	28990.784153	3594.224
2012-02-01	100.8	100.2	2799	101.7	31048.64	103.516393	29168.568306	3618.444

Рис. 3.13. Додавання датасету data_interbank до основного

Джерело: [Авторська розробка]

11) Для успішного будування нейромережевої моделі потрібно розділити наявний датасет на 2 частини - для навчального та тестового датасетів X та Y. Для кожного з них буде використовуватись свій MinMaxScaler.

```

from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler

scaler_X = MinMaxScaler(feature_range = (0, 1))

X = data.drop(labels=['exrate'], axis=1)
X = pd.DataFrame(scaler_X.fit_transform(X), columns = X.columns)

X.head()

```

	ppi	inflation	avg_sal_uah	ipi	fx_reserves	agro_ppi	gdp_pers_uah	gdp_pers_usd
0	0.198582	0.098039	0.000000	0.156863	0.988614	0.627429	0.000000	0.737768
1	0.312057	0.098039	0.008070	0.663399	0.976496	0.485099	0.002640	0.749848

Рис. 3.14. Використання моделі MinMaxScaler для побудови навчального та тестового датасетів по осі X

Джерело: [Авторська розробка]

Аналогічно потрібно зробити і для датасету Y, однак тут для роботи потрібно прибрати 1 зайвий запис.


```

scaler_y = MinMaxScaler(feature_range = (0, 1))

y = np.array(data['exrate'])
y = np.reshape(y, (len(y), -1))
y = pd.DataFrame(scaler_y.fit_transform(y))

y.head()

```

```

0
0 0.000000
1 0.000198

```

Рис. 3.15. Використання моделі MinMaxScaler для побудови навчального та тестового датасетів по осі Y

Джерело: [Авторська розробка]

12) Тепер потрібно опрацювати кожен стовпчик датасету, а саме - прибрати надмірні аномальні значення. Як приклад, можна привести стовпчик «ppi», де можна побачити аномальне значення біля 40-го індексу.

```

def raw_plot(data, column_name):

    plt.plot(data.index, data[column_name], label = column_name)
    plt.legend()
    plt.show()

raw_plot(X, "ppi")

```

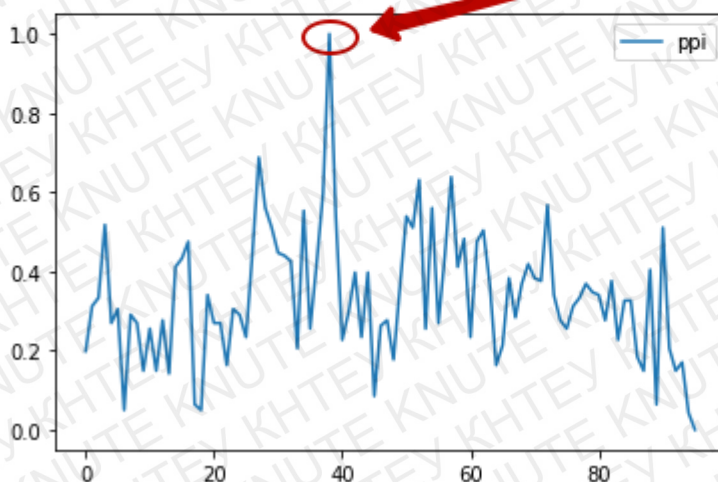


Рис. 3.16. Зображення аномально великих значень показника, які можуть негативно вплинути на результат моделювання

Джерело: [Авторська розробка]

Для того, щоб виявити наявність аномально великих значень (викидів), простіше за все користуватись діаграмою розмаху (також його називають коробковим графіком або графіком «ящик з вусами»). Це засіб візуалізації в описовій статистиці груп числових даних через їх квантілі). На графіку показана окрема точка, яка не входить у поле інших значень, поряд з квантілями.

```
def box(feat):
    plt.boxplot(x=X[feat])
    plt.title(feat)
    plt.show()

box('ppi')
```

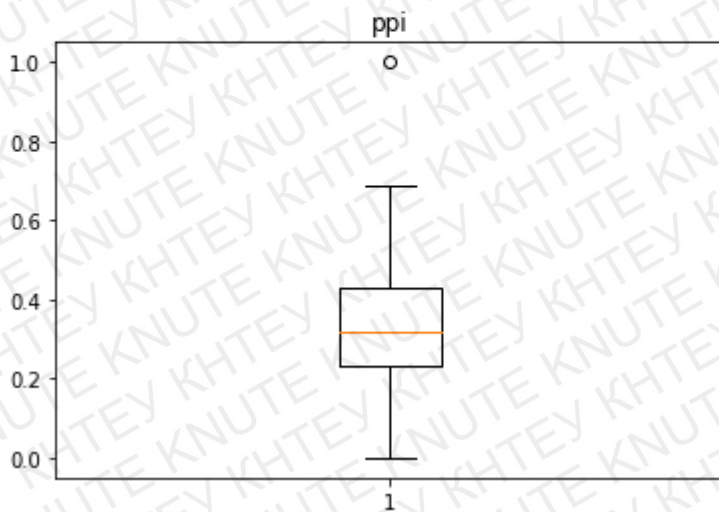


Рис. 3.17. Використання діаграми розмаху для знаходження аномально великих значень

Джерело: [Авторська розробка]

13) Аномальні значення повинні бути видалені. Спочатку слід побудувати список назв стовпців, який буде використовуватись при видаленні.

```
features = list(X.columns)
print(features)
```

```
['ppi', 'inflation', 'avg_sal_uah', 'ipi', 'fx_reserves', 'agro_ppi', 'gdp_pers_uah', 'gdp_pers_usd', 'unemployment', 'bop', 'rsi', 'fdi', 'gov_budg', 'int_trade', 'state_debt_uah', 'state_debt_usd', 'interbank']
```

Рис. 3.18. Побудова колекції стовпців основного датасету

Джерело: [Авторська розробка]

Наступна функція буде видаляти викиди, що не входять у квантиль. Розмір квантилю слід задавати вручну, в залежності від візуального аналізу даних. В даному випадку, оптимальними значеннями буде від 0,25 до 0,75.

```
def fix_outliers(column):
    learning_rate = 0.35

    q1 = X[column].quantile(0.25)
    q3 = X[column].quantile(0.75)
    iqr = q3 - q1
    fence_low = q1 - 1.5*iqr
    fence_high = q3 + 1.5*iqr

    X[column].loc[(X[column] >= fence_high)] = X[column].quantile(1-learning_rate)
    X[column].loc[(X[column] <= fence_low)] = X[column].quantile(learning_rate)

for col in features:
    fix_outliers(col)
```

Рис. 3.19. Видалення аномально великих значень зі всіх стовпчиків датасету

Джерело: [Авторська розробка]

Тепер всі аномальні значення усунені на обох графіках.

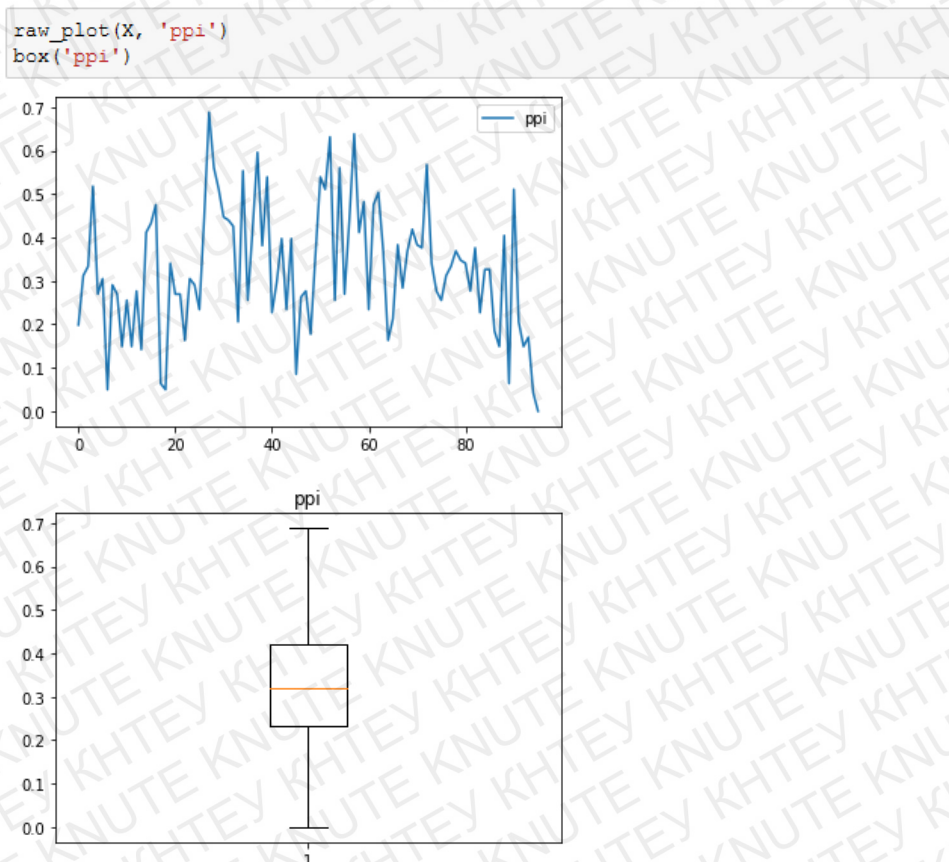


Рис. 3.20. Візуальна перевірка наявності аномально великих значень

Джерело: [Авторська розробка]

14) Оскільки завданням моделі є прогнозування курсу валют на основі існуючих даних, не можна використовувати дані одного і того самого місяця для прогнозування самих себе. Тому потрібно створити відставання показників. Це змінні, які будуть демонструвати вплив даних за попередні кілька місяців на поточні значення обмінного курсу. Після цього потрібно буде знищити дані, які ні на що не впливають.

```
def feature_lag(features):
    for feature in features:
        X[feature + '-lag1'] = X[feature].shift(1)
        X[feature + '-lag2'] = X[feature].shift(2)
        X[feature + '-lag3'] = X[feature].shift(3)
        X[feature + '-lag6'] = X[feature].shift(6)
        X[feature + '-lag12'] = X[feature].shift(12)

feature_lag(features)
X.drop(features, axis = 1, inplace = True)
```

Рис. 3.21. Створення відставання показників для подальшого прогнозування

Джерело: [Авторська розробка]

Оскільки дані були зсунуті, утворились пусті значення, які теж потрібно видалити.

```
real_X_size = len(X)
X = X.dropna()
dropna_X_size = len(X)
y = y[real_X_size-dropna_X_size:]
```

Рис. 3.22. Видалення пустих значень з основного датасету

Джерело: [Авторська розробка]

Тепер слід визначити розмір навчальної та тестової вибірок даних та розподіл X та Y відповідно.

```
train_size = 0.78
separator = round(len(X.index) * train_size)

X_train, y_train = X.iloc[0:separator], y.iloc[0:separator]
X_test, y_test = X.iloc[separator:], y.iloc[separator:]
```

Рис. 3.23. Створення вибірок для машинного навчання

Джерело: [Авторська розробка]

15) Тепер слід створити модель за допомогою модулю KerasRegressor.

```
from keras.wrappers.scikit_learn import KerasRegressor
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense, Dropout
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
from keras.constraints import maxnorm

def build_model():
    model = Sequential([
        Dense(128, activation='relu', input_shape=[len(X.columns)], kernel_constraint=maxnorm(1)),
        Dropout(0.3),
        Dense(1, kernel_initializer='normal', activation='sigmoid')])
    optimizer = Adam(lr=0.01)
    model.compile(optimizer=optimizer, loss='mean_squared_error', metrics=['accuracy'])
    return model

model = KerasRegressor(build_fn=build_model, epochs=200, batch_size=10, verbose=1)
```

Рис. 3.24. Розробка моделі обмінного курсу на базі модуля Keras

Джерело: [Авторська розробка]

16) Наступним кроком слід провести навчання моделі та прогнозування.

```
history = model.fit(X_train, y_train)
preds = model.predict(X_test)
```

Рис. 3.25. Навчання моделі

Джерело: [Авторська розробка]

В результаті було отримано прогнозовані значення, які необхідно перевести зі шкали 0-1 до нормальних значень.

```
predictions = scaler_y.inverse_transform([preds])
preds_real = [x for x in predictions[0]]

print(preds_real)

[26.88349917405556, 26.92849503405878, 26.8797733866824, 27.158354298956183,
27.040227216990473, 27.34846573801093, 27.464385623073532, 27.26565746281228
5, 27.51761916605196, 27.482402736170517, 27.511765401984803, 27.50206519207
2138, 27.497448482039577, 27.06239790658983, 27.398426876966806, 27.53814938
793647, 27.9134983950269, 28.08396687853919]
```

Рис. 3.26. Прогнозовані значення моделі обмінного курсу української гривні до долара США

Джерело: [Авторська розробка]

3.3. Перевірка адекватності реалізованої моделі

Для перевірки адекватності моделі слід перевірити результат її моделювання на реальних даних. У прикладі було використано статистичні дані, що стосуються обмінного курсу української гривні до долара США. Тож, потрібно вивести на графік дані моделювання обмінного курсу та реальні показники цього курсу (див. рис. 3.27-28).

```
def predict_plot():
    ind_preds = data['2018-07-01':'2021-07-31']
    fig, axs = plt.subplots(1, figsize=(9, 7))
    fig.suptitle('Predictions/real values')
    axs.plot(data.index, data.exrate, 'b-', label='real')
    axs.plot(ind_preds.index, preds_real, 'r-', label='prediction')
    axs.legend(loc=2)

predict_plot()
```

Рис. 3.27. Формування лінійного графіку для порівняння модельованого та реального обмінного курсу української гривні до долара США

Джерело: [Авторська розробка]

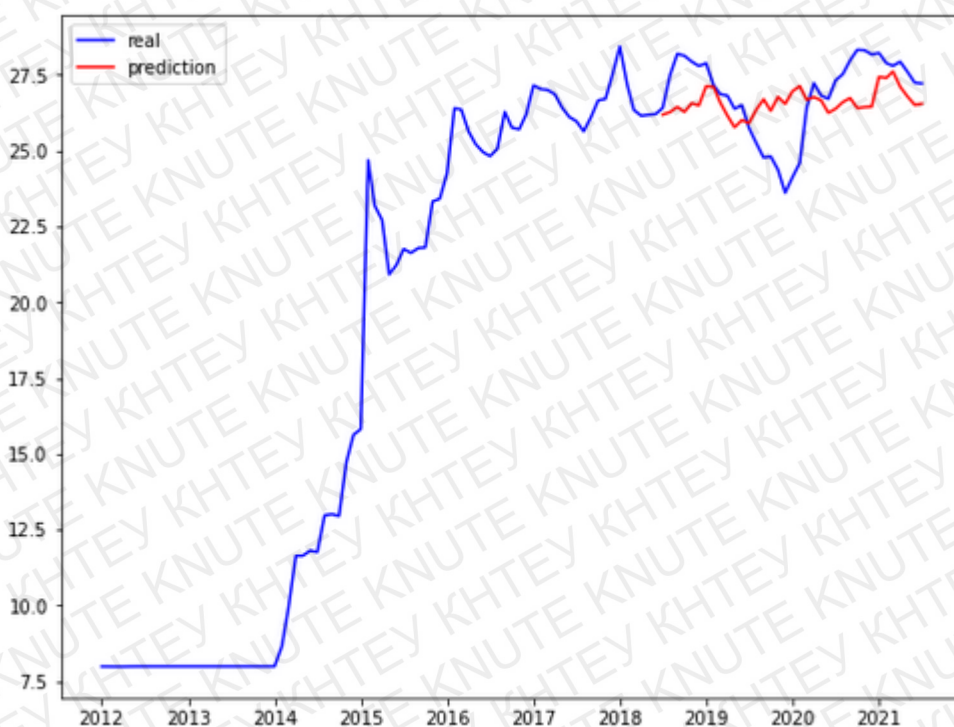


Рис. 3.28. Графік обмінного курсу української гривні до долара США

Джерело: [Авторська розробка]

На графіку (рис. 3.28) синім кольором позначений реальний обмінний курс української гривні до долара США, червоним – змодельований курс. Тепер потрібно визначити середню помилку моделювання (див. рис. 3.29)

```

from sklearn.metrics import mean_absolute_error

def errors(y_true, y_pred, r):

    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    mape = np.mean(np.abs( (y_true - y_pred)/y_true))*100
    print('MAPE: {}'.format(mape.round(r)))
    print('MAE: {}'.format(mean_absolute_error(y_true, y_pred).round(r)))

errors(data_usd['2018-07-01':'2021-07-31'], preds_real, 3)

MAPE: 4.144%
MAE: 1.092

```

Рис. 3.29. Визначення середньої помилки моделювання

Джерело: [Авторська розробка]

Отже, середня абсолютна помилка моделювання склала 1,092 пункти, середня відносна помилка – 4,144 %.

В даному випадку, оцінка помилки моделювання не можна вважати повноцінною. Адже, в залежності від мети моделювання, таке відхилення може бути як прийнятним, так і не мати будь-якої практичної цінності. Даний результат слід оцінювати одночасно з результатами на графіку.

Аналізуючи графік на рис. 3.28 слід відзначити, що дана модель в змозі прогнозувати основні рухи обмінного курсу. Тобто, у більшості випадках, коли курс падав, прогнозні значення також зменшувались, і навпаки. Водночас, легко помітити, що змодельовані показники не завжди показують реальну силу коливань обмінного курсу.

Так, в кінці грудня 2019 року (20-23 грудня), обмінний курс української гривні до долара США впав до рівня 23,3 UAH/USD. Причиною цього стала фінансова політика України, а саме – випуск державних облігацій з надзвичайно високими відсотковими ставками. Як результат, цінні папери були викуплені іноземними інвесторами. Оскільки, для купівлі потрібна була національна валюта, тож в українську економіку зайшли значні об'єми іноземної валюти.

У попередніх періодах в українській економіці такі події не відбувались, і модель не могла передбачити настільки великі коливання, оскільки не мала для цього відповідних навчальних статистичних даних.

Оскільки завдання для побудови даної моделі не передбачало її використання у конкретній господарській діяльності (трейдинг, рекомендації щодо закупівлі іноземної валюти, оцінки стану економіки, тощо), можна вважати дану модель успішною.

Однак, використання даної моделі потребує від користувача вміння користуватись Jupyter Notebook або його онлайн аналогом Colab від Google, а також знання Python на базовому рівні. Навіть зміну назв або шляху до файлів з даними потрібно прописувати у коді.

Тож, для використання даної моделі фахівцями без спеціалізованих знань та навичок, слід реалізувати прототип такого програмного додатку, який би надавав таку можливість.

Для його розробки використовувались мова програмування Python та всі модулі, використані у розробці моделі, PyCharm Community Edition у якості IDE, а також модуль Tkinter, в якості засобу для реалізації графічного інтерфейсу.

За допомогою модуля Tkinter було реалізовано можливість вибору файлів зі статистичним даними, а також результуючого графіку з обмінними курсами. Проміжні графіки (рис. 3.16, 3.17, 3.20) не були реалізовані. Натомість, виключення аномальних значень з датасету проводиться у циклі доти, поки таких виключень не залишилося.

Даний прототип моделі визначення обмінних курсів вимагає для запуску лише завантаження та інсталяцію Python версії 3.6 або вище (актуальна версія ПЗ на момент розробки моделі – 3.9). Його повний код наведено у додатку Г.

Після запуску додатку з'являється вікно консолі, де користувачу пропонують по черзі додати файли з даними. Дані повинні бути збережені у тому ж форматі, що й ті, що використовувались при моделюванні. Для вибору файлів відкривається стандартне вікно Windows (засіб Tkinter, див. рис. 3.30).

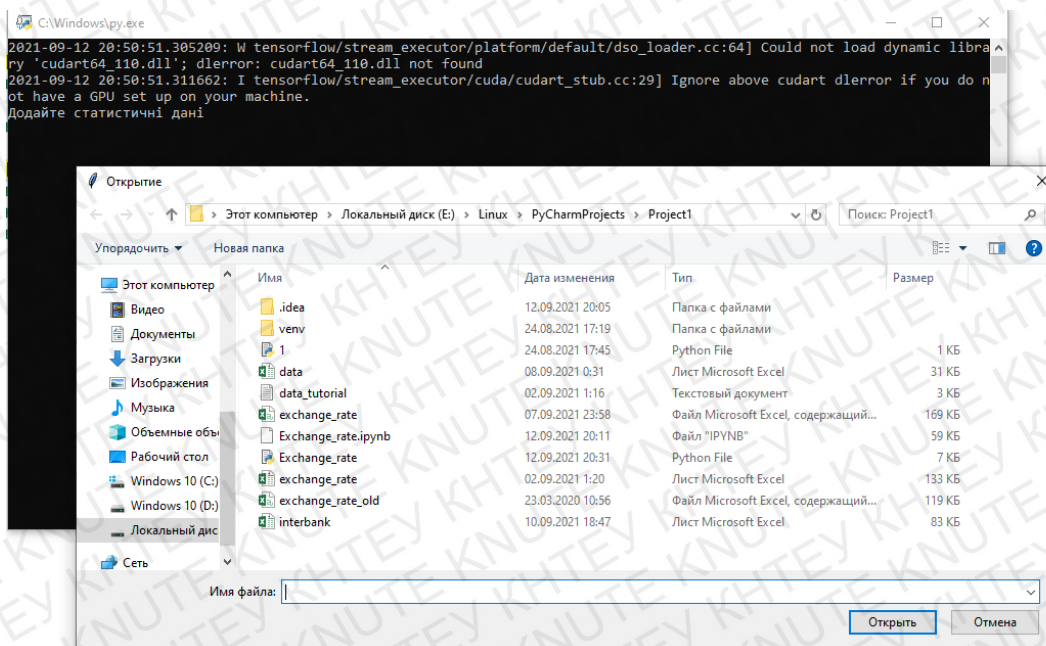


Рис. 3.30. Початкове вікно для роботи з прототипом програмного додатку моделі

Джерело: [Авторська розробка]

Як видно зі скріншоту (рис. 3.30), виникає попередження про модуль Tensorflow. Для використання деяких його функцій машинного навчання бажано використовувати ядра відеокарти. За її відсутності буде використовуватись наявне графічне ядро процесора зі значним зменшенням швидкості розрахунків. Альтернативою може бути використання сервісу Colab від Google.

Після введення у пам'ять додатку шляху для всіх необхідних даних (рис. 3.31), додаток самостійно опрацьовує дані та виводить графік з результатами (рис. 3.32).

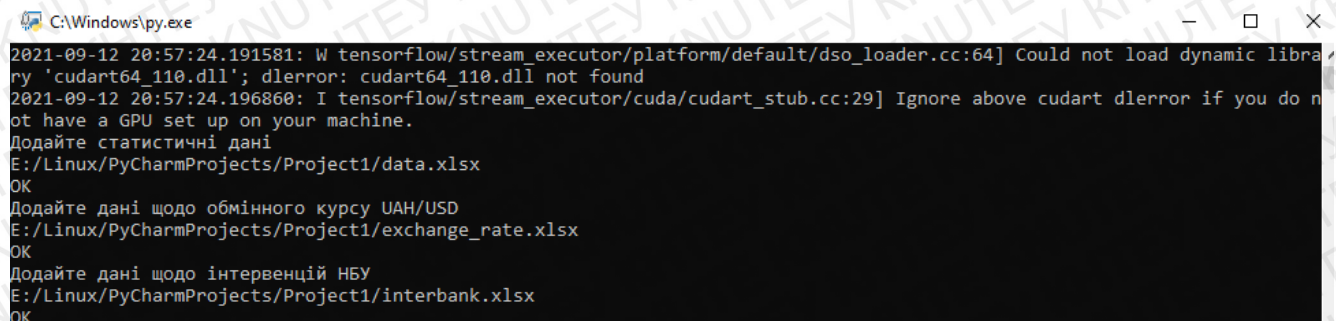


Рис. 3.31. Завантаження необхідних для моделювання даних у додаток

Джерело: [Авторська розробка]

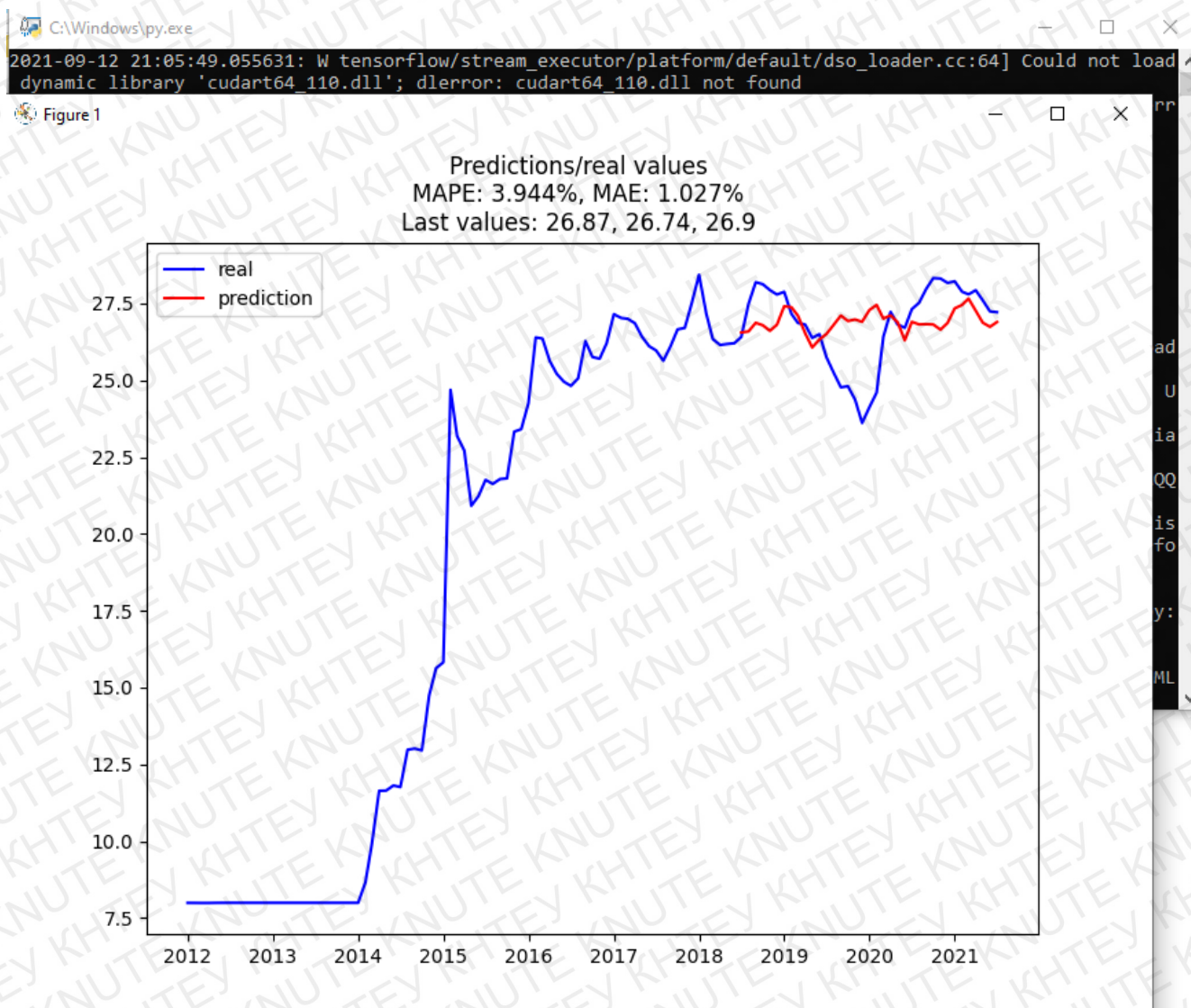


Рис. 3.32. Результуючий графік моделювання обмінного курсу української гривні до долара США

Джерело: [Авторська розробка]

Для наочності, останні три змодельовані значення були виведені у назву графічного об'єкта.

Лістинг даного програмного додатку наведений у Додатку Б.

Даний прототип може бути використаний будь-якою людиною без спеціалізованих знань у програмуванні та аналізі даних. Робота даного прототипу була продемонстрована на прикладі моделювання обмінного курсу української гривні до долара США. Ця модель може бути використана і для роботи з іншими

обмінними курсами, однак для коректної роботи мають бути виконані наступні умови:

- у прикладі були використані набори даних, які мають найбільший вплив на обмінний курс української гривні. Тож, для роботи з іншими парами валют слід використовувати відповідні статистичні дані;
- для роботи даної моделі слід і редагувати код моделі, а саме – узгодити назви стовпців датасетів у моделі з назвами наборів реальних даних.

Висновки до розділу 3.

Описану у попередніх розділах економіко-математичну модель було реалізовано за допомогою мови програмування Python. Для роботи використані наступні бібліотеки, що не входять у стандартний набір, а саме: NumPy, Pandas, Matplotlib, Re, Scikit-learn, TensorFlow, Keras, Tkinter.

Для розрахунку показників моделі, було зібрано відповідні статистичні дані, починаючи з 2010 року. Отриманий масив даних було оброблено – видалено відсутні дані та аномально великі значення, проведено інтерполяцію, сформовано єдиний датасет, приведено всі значення показників до необхідних типів. Проведено нейромережеве моделювання, результатами якого є масив прогнозованих даних обмінного курсу на прикладі валютної пари UAH-USD. Середня похибка моделювання склала 3,944 %.

Після перевірки працездатності, модель було реалізовано у вигляді консольного десктопного додатку за допомогою бібліотеки Tkinter. Такий додаток не вимагає від користувача мати спеціалізовані знання та вміння у сфері ІТ.

ВИСНОВКИ

У першому розділі даної випускної кваліфікаційної роботи розглянуто сутність валютної системи як сукупності правил та механізмів, що забезпечують співвідношення між валютами. Обов'язковим елементом валютної системи є конвертована валюта. Фактичне функціонування валютної системи відбувається на валютних ринках. Суб'єктами таких ринків є державні установи, фізичні та юридичні особи, зайняті у зовнішньоекономічній діяльності, банківські установи, валютні біржі, валютні брокерські фірми, тощо.

Значна інтеграція національних економік у єдину світову зумовлює відповідний вплив світових економічних та соціальних тенденцій на економіку будь-якої країни. Більшість сучасних світових тенденцій сформовані наслідками пандемії COVID-19, а також стрімким нарощування економічної домінації Китаю (тобто, пов'язаними з цим економічними процесами та економічною політикою інших країн).

Українська економіка, відповідно, також зазнає великих втрат на тлі боротьби з коронавірусом. Основними факторами, що впливають на обмінний курс гривні (по відношенню до будь-яких інших валют, зокрема долара США) є діяльність уряду та інтервенції НБУ, випуск ОВДЗ, сезонні операції експортерів, лібералізація валютних обмежень, тощо.

У другому розділі випускної кваліфікаційної роботи досліджувались особливості побудови економіко-математичної моделі обмінних курсів валют. Економіко-математичне моделювання – це процес імітації певних систем чи характеристик об'єкту з метою його вивчення. Основними цілями для проведення моделювання є виявлення функціональних співвідношень, аналіз чутливості, прогноз, оцінка, порівняння або оптимізація.

При моделювання обмінного курсу валют, необхідно чітко виділити фактори, які впливають на нього. Фактично, вони і представляють собою характеристики об'єкта (системи формування обмінного курсу валют). Для моделювання обмінних курсів української гривні основними факторами визначено дефіцит державного

бюджету, попит на гроші, ВВП, процентні ставки, платіжний баланс країни, пропозиція грошей, розвиток фондового ринку, темпи інфляції.

Етапами розробки моделі обмінних курсів є збір даних, дослідження та обробки даних, моделювання обмінних курсів валют та її програмна реалізація.

Третій розділ випускної кваліфікаційної роботи присвячений практичній реалізації описаної економіко-математичної моделі за допомогою мови програмування Python. Для роботи були використані наступні бібліотеки, що не входять у стандартний набір, а саме: NumPy, Pandas, Matplotlib, Re, Scikit-learn, TensorFlow, Keras, Tkinter.

Для розрахунку показників моделі, було зібрано відповідні статистичні дані, починаючи з 2010 року. Отриманий масив даних був оброблений – видалено відсутні дані та аномально великі значення, проведено інтерполяцію, сформовано єдиний датасет, приведено всі стовпчики до необхідних типів. Проведено нейромережеве моделювання, результатами якого є масив прогнозованих даних обмінного курсу на прикладі валютної пари UAH-USD. Середня похибка моделювання склала 3,944 %.

Після перевірки працездатності, модель було реалізовано у вигляді консольного десктопного додатку за допомогою бібліотеки Tkinter.

Такий додаток не вимагає від користувача спеціалізовані знання та вміння у сфері IT і дає йому можливість самостійно проводити подібні операції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вікіпедія: Гроші [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%BE%D1%88%D1%96> (Дата звернення: 14.11.2021).
2. Береславська О. І. Валютно-курсова політика в умовах інфляційного таргетування в Україні // Збірник наукових праць Університету державної фіскальної служби України. - 2017. - № 2. - С. 24-36. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnudps_2017_2_4 (Дата звернення: 14.11.2021).
3. Береславська О. І. Міжнародні розрахунки та валютні операції: Навч. посібник / О. І. Береславська, О. М. Наконечний, М. Г. Пясецька та ін.; За заг. ред. М. І. Савлука. – К.: КНЕУ, 2002. – 392 с.
4. Боринець С. Я. Міжнародні валютно-фінансові відносини / С. Я. Боринець. - 3-є вид., стер. - К. : Т-во «Знання», 2001. - 305 с.
5. Гальчинський А. Сучасна валютна система / А. Гальчинський. – К.: LIBRA, 1993. – 95 с.
6. Дзюблюк О. Особливості взаємозв'язку грошово-кредитної та валютної політики в період фінансової кризи [Електронний ресурс] / О. Дзюблюк // Світ фінансів. - 2012. - Вип. 2. - С. 130-141. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/svitfin_2012_2_16 (Дата звернення: 14.11.2021).
7. Луцишин З. Офшорні фінансові центри у глобальному русі капіталів / З. Луцишин, Е. Мехтієв // Міжнародна економічна політика. - 2017. - № 2. - С. 62-94. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Мер_2017_2_5 (Дата звернення: 14.11.2021)
8. Мороз А. М. Іноземні банки та іноземна валюта: окремі аспекти їх функціонування в Україні / А. М. Мороз // Фінанси, облік і аудит : зб. наук. праць / ДВНЗ “Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гзтьмана”; відп. ред. А. М. Мороз. - К. : КНЕУ, 2009. - Вип. № 13. - С. 88-92.
9. Петрашко Л. П. Валютні операції: Навч. посібник. – К.: кнеу, 2001. – 204 с.

10. Філіпенко А. С. Міжнародні валютно-кредитні відносини: Підручник / А.С.Філіпенко, В.І.Мазуренко, В.Д.Сікора та ін.; за ред. А.С.Філіпенка. – К.: Либідь, 1997. – 206 с.
11. Кучеренко С. А. Моделі, теорії та концепції формування валютного курсу. Вісник ЖДТУ. 2008. № 3(45). С. 319–327
12. Олейнік Д. А. Економіко-математична модель валютного курсу до резервної валюти. Економіка України. 2015. № 11(648). С. 56–70
13. Сергієнко О. А., Татар М. С. Моделі прогнозування валютних курсів в системі управління конкурентоспроможністю підприємства. Проблеми економіки. 2013. № 2. С. 268–278
14. Кривда О. В., Сидоренко Ю. В., Романова Д. П. Прогнозування динаміки економічних процесів за допомогою методів фрактальної геометрії. Економічний вісник національного технічного університету України «Київський Політехнічний Інститут». 2017. № 14. С. 483–490. Режим доступу: <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/108714> (Дата звернення: 14.11.2021).
15. Сергієнко О. А., Татар М. С. Моделі прогнозування валютних курсів в системі управління конкурентоспроможністю підприємства. Проблеми економіки. 2013. № 2. С. 268–278
16. Боринець С. Я. Міжнародні валютно-фінансові відносини: Підручник. - 2-ге вид., перероб. й доп. - К.: Т-во "Знання", КОО, 1999. - 305 с., https://pidru4niki.com/14170120/finans/mizhnarodni_valyutno-finansovi_sistemi_regionalni_ugrupovannya (Дата звернення: 14.11.2021)
17. Соскін О. І. Міжнародні фінанси: навчально-методичний посібник. – К.: Національна академія управління, 2011. – 300 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://nam.kiev.ua/files/publications/978-966-8406-64-5-pos.pdf> (Дата звернення: 14.11.2021)
18. Вікіпедія: Резервна валюта [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D1%82%D0%B0 (Дата звернення: 14.11.2021).

19. Вікіпедія: Категорія: Валюти. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F:%D0%92%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D1%82%D0%B8> (Дата звернення: 14.11.2021)
20. Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Over-the-counter (OTC) Derivatives Markets in 2019 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.bis.org/statistics/rpfx19.htm> (Дата звернення: 14.11.2021).
21. Forbes: 6 Trends That Will Shape The Financial Services Industry In 2021 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.forbes.com/sites/googlecloud/2021/02/05/6-trends-that-will-shape-the-financial-services-industry-in-2021/?sh=5535931c42b6> (Дата звернення: 14.11.2021).
22. United States Inflation Rate [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://tradingeconomics.com/united-states/inflation-cpi> (Дата звернення: 14.11.2021).
23. S&P500 chart [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://tradingview.com/symbols/SPX/> (Дата звернення: 14.11.2021).
24. Bloomberg: Economics [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.bloomberg.com/markets/economics> (Дата звернення: 14.11.2021).
25. Звіт про виконання Програми управління державним боргом за 2020 рік [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mof.gov.ua/storage/files/%D0%97%D0%92%D0%86%D0%A2%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D1%96%20%D1%83%D0%B4%D0%B1%202020%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf> (Дата звернення: 14.11.2021)
26. Міжнародні резерви України у лютому зросли на 0,3 млрд дол. США [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/mijnarodni-rezervi-ukrayini-u-lyutomu-zrosli-na-03-mlrd-dol-ssha> (Дата звернення: 14.11.2021)
27. Міжнародні резерви зросли до 29,7 млрд дол. США за підсумками жовтня [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/mijnarodni-rezervi-zrosli-do-297-mlrd-dol-ssha-za-pidsumkami-jovtnya> (Дата звернення: 14.11.2021)

28. Нацбанк дав оцінку ситуації на валютному ринку України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.visnuk.com.ua/ru/news/100014024-natsbank-dav-otsinku-situatsiyi-na-valyutnomu-rinku-ukrayini> (Дата звернення: 14.11.2021)
29. Валютні інтервенції НБУ [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/markets/currency-interventions> (Дата звернення: 14.11.2021).
30. Валютний ринок: чи надовго вистачить підтримки гривні? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://icu.ua/uk/about-icu/news/valyutnyy-rynok-nadolgo-li-hvatit-podderzhki-grivne> (Дата звернення: 14.11.2021)
31. Валютний ринок: чи надовго вистачить підтримки гривні? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://voxukraine.org/valyutnij-rinok-chi-nadovgo-vistachit-pidtrimki-grivni/> (Дата звернення: 14.11.2021)
32. Звіт Національного банку: Макроекономічні умови є сприятливими для продовження валютної лібералізації [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/news/all/zvit-natsionalnogo-banku-makroekonomichni-umovi-ye-spriyatlivimi-dlya-prodovjennya-valyutnoyi-liberalizatsiyi> (Дата звернення: 14.11.2021)
33. Валютна лібералізація [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/markets/liberalization> (Дата звернення: 14.11.2021)
34. Івашук О. Т. Економіко-математичне моделювання: Навчальний посібник / За ред. О. Т. Івашука. – Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008. – 704 с.
35. Вікіпедія: Валютний курс [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81 (Дата звернення: 14.11.2021)
36. Мороз А. М. Іноземні банки та іноземна валюта: окремі аспекти їх функціонування в Україні / А. М. Мороз // Фінанси, облік і аудит : зб. наук. праць / ДВНЗ “Київ. нац. екон. ун-т ім. Вадима Гзтьмана”; відп. ред. А. М. Мороз. - К. : КНЕУ, 2009. - Вип. № 13. - С. 88-92.

37. Банківські операції: навчальний посібник/РР Коцовська, ОП Павлишин, ЛІМ Хміль–К: - НБУ. Ун-т банк. справи, 2010 [Електронний ресурс]. Режим доступу:

https://pidru4niki.com/1584072019150/bankivska_sprava/bankivski_operatsiyi (Дата звернення: 14.11.2021)

38. Зеленська М. І. Прикладні аспекти моделювання валютних курсів в Україні / М. І. Зеленська, С. О. Барабаш. // Ефективна економіка. - 2014. - № 2. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2014_2_27 (Дата звернення: 14.11.2021)

39. Постанова правління національного банку України «Про затвердження Положення про встановлення офіційного курсу гривні до іноземних валют та курсу банківських металів» №496 від 12.11.2003 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://voxukraine.org/valyutnij-rinok-chi-nadovgo-vistachit-pidtrimki-grivni/> (Дата звернення: 14.11.2021).

40. Переваги і недоліки мови Python [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://blog.ithillel.ua/ua/articles/perevagi-i-nedoliki-movi-python> (Дата звернення: 14.11.2021).

41. Jupyter Notebook [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://jupyter.org/> (Дата звернення: 14.11.2021).

42. Kaggle: Your home for Data Science [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kaggle.com/> (Дата звернення: 14.11.2021).

43. PyCharm: IDE для професійної розробки на Python від JetBrainsNumPy [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/> (Дата звернення: 14.11.2021).

44. Вікіпедія: NumPy [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/NumPy> (Дата звернення: 14.11.2021)

45. Вікіпедія: Pandas [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Pandas> (Дата звернення: 14.11.2021)

46. Вікіпедія: Matplotlib [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Matplotlib> (Дата звернення: 14.11.2021)

47. Re – Regular expression operations [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.python.org/3/library/re.html> (Дата звернення: 14.11.2021).
48. Вікіпедія: Scikit-learn [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Scikit-learn> (Дата звернення: 14.11.2021)
49. Вікіпедія: TensorFlow [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/TensorFlow> (Дата звернення: 14.11.2021)
50. Вікіпедія: Keras [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Keras> (Дата звернення: 14.11.2021)
51. Tkinter – Python interface to Tcl/Tk – Python 3.10.0 documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.python.org/3/library/tkinter.htm> (Дата звернення: 14.11.2021)
52. Мінфін - все про фінанси: Обсяг продажу валюти на міжбанку [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/banks/mb/2019-12/> (Дата звернення: 14.11.2021)
53. Мінфін - все про фінанси: Індекс цін виробників [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/prodprice/> (Дата звернення: 14.11.2021)
54. Мінфін - все про фінанси: Індекс інфляції в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/> (Дата звернення: 14.11.2021)
55. Мінфін - все про фінанси: Середня зарплата в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/salary/average/> (Дата звернення: 14.11.2021)
56. Мінфін - все про фінанси: Індекс промислового виробництва [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/industrial> (Дата звернення: 14.11.2021).
57. Мінфін - все про фінанси: Золотовалютні резерви України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/finance/assets/> (Дата звернення: 14.11.2021)

58. Мінфін - все про фінанси: Індекс цін на сільськогосподарську продукцію [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/agroprice> (Дата звернення: 14.11.2021).

59. Мінфін - все про фінанси: Валовий внутрішній продукт (ВВП) в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/> (Дата звернення: 14.11.2021)

60. Мінфін - все про фінанси: Рівень безробіття в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/unemploy> (Дата звернення: 14.11.2021).

61. Мінфін - все про фінанси: Платіжний баланс України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/balance> (Дата звернення: 14.11.2021).

62. Мінфін - все про фінанси: Індекс реальної заробітної плати [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/labour/salary/index> (Дата звернення: 14.11.2021)

63. Мінфін - все про фінанси: Прямі іноземні інвестиції (ПІІ) в Україну [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/fdi/> (Дата звернення: 14.11.2021)

64. Мінфін - все про фінанси: Виконання державного бюджету України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/finance/budget/gov/2019/> (Дата звернення: 14.11.2021).

65. Мінфін - все про фінанси: Експорт та імпорт України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/eximp/> (Дата звернення: 14.11.2021)

66. Мінфін - все про фінанси: Державний борг України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/finance/debtgov/> (Дата звернення: 14.11.2021)

67. Вікіпедія: Спеціальні права запозичення [Електронний ресурс]. Режим доступу:

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F (Дата звернення: 14.11.2021).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Таблиця А.1.

Структура світових валютних резервів

Валюта \ Роки	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Долар США	59,02 %	60,72 %	61,74 %	62,72 %	65,36 %	65,74 %	65,17 %	61,27 %	61,49 %	62,69 %	62,24 %
Євро	21,24 %	20,58 %	20,67 %	20,17 %	19,14 %	19,15 %	21,21 %	24,21 %	24,07 %	24,44 %	25,76 %
Японська єна	6,03 %	5,89 %	5,19 %	4,90 %	3,95 %	3,75 %	3,54 %	3,82 %	4,09 %	3,61 %	3,66 %
Британський фунт	4,69 %	4,64 %	4,43 %	4,54 %	4,35 %	4,72 %	3,70 %	3,99 %	4,04 %	3,84 %	3,94 %
Китайський юань	2,25 %	1,94 %	1,89 %	1,23 %	1,08 %	-	-	-	-	-	-
Канадський долар	2,07 %	1,86 %	1,84 %	2,03 %	1,94 %	1,78 %	1,75 %	1,83 %	1,43 %		
Австралійський долар	1,82 %	1,70 %	1,63 %	1,80 %	1,69 %	1,77 %	1,60 %	1,82 %	1,46 %		
Швейцарський франк	0,17 %	0,15 %	0,14 %	0,18 %	0,16 %	0,27 %	0,24 %	0,27 %	0,21 %	0,08 %	0,13 %
Інші	2,70 %	2,53 %	2,47 %	2,43 %	2,34 %	2,83 %	2,79 %	2,79 %	3,21 %	5,33 %	4,27 %

Джерело: Побудовано автором на основі [19]

Таблиця А.2.

Склад Спеціальних прав запозичення

Період	USD	DEM	FRF	JPY	GBP
1981–1985	0.540 (42%)	0.460 (19%)	0.740 (13%)	34.0 (13%)	0.0710 (13%)
1986–1990	0.452 (42%)	0.527 (19%)	1.020 (12%)	33.4 (15%)	0.0893 (12%)
1991–1995	0.572 (40%)	0.453 (21%)	0.800 (11%)	31.8 (17%)	0.0812 (11%)
1996–1998	0.582 (39%)	0.446 (21%)	0.813 (11%)	27.2 (18%)	0.1050 (11%)
Період	USD	EUR		JPY	GBP
1999–2000	0.582 (39%)	0.3519 (32%)		27.2 (18%)	0.1050 (11%)
2001–2005	0.577 (45%)	0.4260 (29%)		21.0 (15%)	0.0984 (11%)
2006–2010	0.632 (44%)	0.4100 (34%)		18.4 (11%)	0.0903 (11%)
2011-2016	0.68 (41.9%)	0.4230 (37.4%)		12.1 (9.4%)	0.1110 (11.3%)
Період	USD	EUR	CNY	JPY	GBP
2016-2020	0.58252 (41.73%)	0.38671 (30.93%)	1.0174 (10.92%)	11.9 (8.33%)	0.085946 (8.09%)

Джерело: Побудовано автором на основі [67]

Лістинг коду прототипу програмної реалізації моделі обмінного курсу валют

```

# Імпорт бібліотек
import numpy as np
import pandas as pd
from tkinter import Tk
from tkinter.filedialog import askopenfilename
import matplotlib.pyplot as plt
from pandas.plotting import register_matplotlib_converters
import re
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from keras.wrappers.scikit_learn import KerasRegressor
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense, Dropout
from tensorflow.keras.optimizers import Adam
from keras.constraints import maxnorm
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
register_matplotlib_converters()

# Завантажуємо дані
# 1) датасет статистичних даних та його базова обробка
print("Додайте статистичні дані")
Tk().withdraw()
filename = askopenfilename()
print(filename)
data = pd.read_excel(filename, parse_dates=True, index_col = 'date')
data = data.interpolate(method='polynomial', order=1)
print("OK")

# 2) Імпорт статистики обмінного курсу гривні до долара США та його базова обробка
print("Додайте дані щодо обмінного курсу UAH/USD")
Tk().withdraw()
filename = askopenfilename()
print(filename)
data_usd = pd.read_excel(filename)
data_usd = data_usd[['date', 'exrate']]
data_usd['date'] = pd.to_datetime(data_usd['date'], format='%d.%m.%Y',
errors='ignore')
data_usd = data_usd.set_index('date')
data_usd = data_usd['exrate']
print("OK")

# 3) Зводимо дані обмінного курсу по місяцям та об'єднуємо з головним датасетом
data_usd = data_usd.resample('M').mean()
end_date = "2021-07-31"
data_usd = data_usd[:end_date]
data = data.assign(exrate = data_usd.values)
start_date = "2012-01-01"
data = data[start_date:]

# 4) Імпортуємо датасет з кількістю інтервенцій НБУ
print("Додайте дані щодо інтервенцій НБУ")
Tk().withdraw()
filename = askopenfilename()
print(filename)
data_interbank = pd.read_excel(filename)
print("OK")

def regexp(reg):
    res = re.findall(r'\d{2}.\d{2}.\d{4}', reg)
    return res[0]

```

```

data_interbank['date'] = data_interbank['date'].apply(regexp)

def replace(rep):
    rep = str(rep).replace(',', '.')
    return rep

def to_float(fl):
    fl = float(fl)
    return fl

data_interbank['total_amount_usd'] =
data_interbank['total_amount_usd'].apply(replace)
data_interbank['total_amount_usd'] =
data_interbank['total_amount_usd'].apply(to_float)

# 5) Нормалізуємо дані про інтервенції та об'єднуємо всі датасети в один
data_interbank['date'] = pd.to_datetime(data_interbank['date'], format='%d.%m.%Y',
errors='ignore')
data_interbank = data_interbank.set_index('date')
data_interbank = data_interbank['total_amount_usd']
data_interbank = data_interbank.resample('M').sum()
data_interbank = data_interbank[start_date:]
data = data.assign(interbank = data_interbank.values)

# 6) Ділимо наявний датасет на 2 частини для побудови нейромережевої моделі
scaler_X = MinMaxScaler(feature_range = (0, 1))
X = data.drop(labels=['exrate'], axis=1)
X = pd.DataFrame(scaler_X.fit_transform(X), columns = X.columns)
scaler_y = MinMaxScaler(feature_range = (0, 1))
y = np.array(data['exrate'])
y = np.reshape(y, (len(y), -1))
y = pd.DataFrame(scaler_y.fit_transform(y))

# 7) Обробляємо аномальні значення датасетів за їх наявності
features = list(X.columns)

def fix_outliers(column):
    learning_rate = 0.35
    q1 = X[column].quantile(0.25)
    q3 = X[column].quantile(0.75)
    iqr = q3 - q1
    fence_low = q1 - 1.5 * iqr
    fence_high = q3 + 1.5 * iqr
    X[column].loc[(X[column] >= fence_high)] = X[column].quantile(1 -
learning_rate)
    X[column].loc[(X[column] <= fence_low)] = X[column].quantile(learning_rate)

for col in features:
    fix_outliers(col)
for col in features:
    fix_outliers(col)
for col in features:
    fix_outliers(col)

# 8) Створюємо лаг для подальшого прогнозування та видаляємо зайві значення
def feature_lag(features):
    for feature in features:
        X[feature + '-lag1'] = X[feature].shift(1)
        X[feature + '-lag2'] = X[feature].shift(2)
        X[feature + '-lag3'] = X[feature].shift(3)
        X[feature + '-lag6'] = X[feature].shift(6)
        X[feature + '-lag12'] = X[feature].shift(12)

```



```

feature_lag(features)
X.drop(features, axis = 1, inplace = True)
real_X_size = len(X)
X = X.dropna()
dropna_X_size = len(X)
y = y[real_X_size-dropna_X_size:]

# 9) Створюємо навчальну та тестову вибірки
train_size = 0.62
separator = round(len(X.index) * train_size)
X_train, y_train = X.iloc[0:separator], y.iloc[0:separator]
X_test, y_test = X.iloc[separator:], y.iloc[separator:]

# 10) Програмуємо модель та виконуємо прогнозування
def build_model():
    model = Sequential([
        Dense(128, activation='relu', input_shape=[len(X.columns)],
kernel_constraint=maxnorm(5)),
        Dropout(0.3),
        Dense(1, kernel_initializer='normal', activation='sigmoid')])
    optimizer = Adam(lr=0.01)
    model.compile(optimizer=optimizer, loss='mean_squared_error',
metrics=['accuracy'])
    return model

model = KerasRegressor(build_fn=build_model, epochs=200, batch_size=10, verbose=0)
history = model.fit(X_train, y_train)
preds = model.predict(X_test)
predictions = scaler_y.inverse_transform([preds])
preds_real = [x for x in predictions[0]]

# 11) Виводимо результат прогнозування на графік та визначаємо степінь похибки
def errors(y_true, y_pred, r):
    y_true, y_pred = np.array(y_true), np.array(y_pred)
    mape = (np.mean(np.abs((y_true - y_pred) / y_true)) * 100).round(r)
    mae = mean_absolute_error(y_true, y_pred).round(r)
    return mape, mae

err = errors(data_usd['2018-07-01':'2021-07-31'], preds_real, 3)

def predict_plot(err):
    ind_preds = data['2018-07-01':'2021-07-31']
    fig, axs = plt.subplots(1, figsize=(9, 7))
    fig.suptitle(f'Predictions/real values\nMAPE: {err[0]}%, MAE: {err[1]}%\nLast
values: {round(preds_real[-3], 2)}, '
f'{round(preds_real[-2], 2)}, {round(preds_real[-1], 2)}')
    axs.plot(data.index, data.exrate, 'b-', label='real')
    axs.plot(ind_preds.index, preds_real, 'r-', label='prediction')
    axs.legend(loc=2)
    plt.show()

predict_plot(err)

```