

Міністерство освіти і науки України
Тернопільська академія народного господарства

Козловський С.В., Козловський В.О.

**МАКРОЕКОНОМІЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ
ВАЛЮТНОГО КУРСУ В УКРАЇНІ**

Монографія

Вінниця
КНИГА-ВЕГА
2005

УДК 336.741.242(477)
ББК 65.9(4УКР)262.6-18
К 59

Рецензенти:

І.Д. Фаріон, доктор економічних наук, професор;

О.В. Мороз, доктор економічних наук, професор;

В.Т. Сусіденко, доктор економічних наук, професор.

Рекомендовано до друку Вченою радою Тернопільської академії народного господарства Міністерства освіти і науки України (протокол № 6 від 07.04.2004 р.)

Козловський С.В., Козловський В.О.

К 59 **Макроекономічне моделювання та прогнозування валютного курсу в Україні:** Монографія. — Вінниця: «Книга-Вега» ВАТ «Вінницька обласна друкарня», 2005. — 240 с.

ISBN 966-621-197-1

Монографію присвячено питанням розробки методів та моделей прогнозування валютного курсу в Україні, які базуються на теорії нечіткої логіки. Розроблено нову класифікацію методів прогнозування економічних процесів, проведено дослідження процесу формування валютного курсу в Україні, описані та систематизовані основні чинники, що впливають на формування курсу національної валюти. Запропоновано при моделюванні курсу валюти використовувати не тільки кількісні, але й якісні чинники, задані лінгвістично, а також урахувати рефлексивні дії учасників валютного ринку. Розроблена модель прогнозування валютних курсів на основі теорії нечіткої логіки є універсальною і може бути використана для прогнозування будь-яких економічних показників і процесів.

Монографія розрахована на наукових працівників, економістів, аспірантів та студентів економічних спеціальностей, всіх, хто цікавиться питаннями моделювання та прогнозування складних економічних процесів.

УДК 336.741.242(477)
ББК 65.9(4УКР)262.6-18

ISBN 966-621-197-1

© Козловський С.В., Козловський В.О., 2005

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ГЛАВА 1. ЗАГАЛЬНІ ЗАСАДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ І ПРОЦЕСІВ.....	10
1.1. Прогнозування економічних показників і процесів: суть, значення, види, методи.....	10
1.2. Моделювання економічних показників і процесів: суть, значення	19
1.3. Методи та моделі аналізу і прогнозування стану валютного ринку: суть, класифікація.....	26
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ВАЛЮТИ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ	51
2.1. Теорія нечіткої логіки та її застосування для прогнозування валютних курсів	51
2.2. Класифікація та аналіз факторів, які впливають на формування курсу національної валюти України	67
2.3. Рефлексивні процеси та їх вплив на стан валютного ринку	116
ГЛАВА 3. РОЗРОБКА Й НАЛАГОДЖЕННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛЮТНОГО КУРСУ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ РЕФЛЕКСИВНОСТІ	133
3.1. Розробка макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти України.....	133
3.2. Розробка математичного апарату моделі прогнозування валютного курсу.....	143
3.3. Визначення відповідності моделі, побудованої на основі теорії нечіткої логіки, налагодження моделі та прогнозування валютного курсу в Україні.....	170

ПІСЛЯМОВА	193
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	198
Додаток А Функції належності моделі валютного курсу.....	209
Додаток Б Бази знань моделі прогнозування валютного курсу.....	215
Додаток В Навчальні вибірки.....	222
Додаток Г Алгоритм процесу налагодження моделі	229
Додаток Д Програма роботи та налагодження моделі.....	230
Додаток Е Результати налагодження моделі	235

ПЕРЕДМОВА

Для України, яка перебуває в умовах економічних реформ, питання прогнозування подій на валютному ринку є особливо актуальним як на макро-, так і на мікрорівні. Без надійного прогнозування валютного курсу неможливо правильно оцінювати результати зовнішньоекономічної діяльності, планувати дохідну та видаткову частини бюджету, визначати експортні та імпорتنі ціни тощо, розробляти ефективну валютну політику, спрямовану на захист економічних інтересів України. Разом з тим, сьогодні фінансові інститути, органи влади, комерційні структури часто відчують нестачу надійної інформації щодо співвідношення курсів валют як в короткостроковому, так і довгостроковому періоді. Причинами такого становища є постійні коливання на світовому валютному ринку, велика кількість чинників, що впливають на курси валют, невизначеність цих чинників, відсутність однозначних аналітичних залежностей між вхідними та вихідними параметрами моделей, які використовуються в даний час для прогнозування валютних курсів. Все це обумовлює складність задач, пов'язаних з прогнозуванням курсу національної валюти України.

За таких умов рішення, прийняті економістами щодо майбутнього співвідношення курсів валют, часто спираються на власну інтуїцію, досвід, кваліфікацію, думки експертів, прогнози інших аналітиків тощо і тому можуть мати невисокий рівень вірогідності, а значить, високий ступінь ризику. За певних умов реалізація таких рішень може викликати на макрорівні незапланований перерозподіл валового національного продукту, а на мікрорівні – незаплановані збитки для суб'єктів підприємництва.

Разом з тим, сучасні комп'ютерні технології дають можливість значно підвищити рівень прогнозування складних економічних процесів, в тому числі і прогнозування валютного курсу. Тому як в Україні, так і за її межами не припиняються пошуки в цьому напрямку.

Поява в останній час методів моделювання, які базуються на теорії нечіткої логіки, дозволяє підняти рівень прогнозування економічних процесів на якісно новий щабель, що дає змогу значно підсилити ефективність діяльності економістів з прогнозування валютних курсів. В зв'язку з цим дослідження, зроблені авторами щодо застосування новітніх методів прогнозування та моделювання валютних курсів, є актуальними і перспективними.

Слід зазначити, що розробці методів і моделей прогнозування макроекономічних процесів, в тому числі і валютних курсів, присвячена велика кількість робіт вітчизняних та зарубіжних вчених [1]. Значний внесок в розробку моделей прогнозування економічних процесів внесли такі вчені як Бакаєв О.О., Бережна О.В., Беседін В.Ф., Бондаренко Г.В., Бочарников В.П., Вітлінський В.В., Вовк В.М., Геєць В.М., Глівенко С.В., Глушков В.Є., Горбачук В.М., Гуляницький Л.В., Журавка Ф.О., Калина А.В., Коробова М.В., Корольов О.А., Крючкова І.В., Лукінов І.І., Лук'яненко І.Г., Ляшенко І.М., Ліндерт П., Леттер Т., Михалевич М.В., Панасюк Б.Я., Пашута М.Т., Русаненко І.С., Сергієнко І.В., Ситник В.Ф., Скрипниченко М.І., Соколов М.О., Теліженко О.М., Ткаченко І.С., Трояновський В.М. та інші.

Разом з тим, гострота питання прогнозування валютних курсів не зменшилась. Більш того, входження України в європейський та світовий економічний простір, загострення конкурентної боротьби на світових фінансових та валютних ринках постійно підвищують вимоги до якості та надійності зроблених прогнозів.

Метою даної роботи є побудова макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу в Україні на основі теорії нечіткої логіки з використанням елементів теорії рефлексивності [2], застосування якої дозволило б скласти надійні прогнози динаміки курсу національної валюти України по відношенню до долара США в короткостроковому періоді.

Застосування теорії нечіткої логіки обумовлено тим, що вона дає змогу використовувати для прогнозування стану валютного ринку не тільки кількісні, а й практично необмежену кількість якісних характеристик ринку,

заданих нечітко. Нечітка логіка більше притаманна людському мисленню і людським мовам, ніж традиційні логічні системи. Вона забезпечує більш ефективно відображення невизначеностей реального світу. Застосування математичних прийомів відображення інформації, яка задана нечітко, дозволяє побудувати економічні моделі, які в більшій мірі будуть адекватні реальності.

Щоб зрозуміти, що дає застосування нечіткої логіки в реальних економічних задачах, розглянемо простий приклад. Уявимо собі, що ви – учасник валютного ринку і хочете підвищити прибутковість своїх операцій з валютою. Очевидно, шлях до отримання великих грошей лежить у правильному прогнозуванні майбутніх змін курсів валют і виборі на основі цього оптимальної стратегії купівлі-продажу різних валют. Разом з тим, передбачення точних котирувань курсів валют хоча б на тиждень вперед – дуже складна задача. Назвати точний курс валюти по відношенню до інших валют навіть у проміжку часу, який дорівнює тиждень, навряд чи хто зможе зі 100-процентною вірогідністю. Використання нечіткої логіки при прогнозуванні курсів валют дає змогу відійти від їх кількісних котирувань. Задачу прогнозування можна вирішити так: всі валюти, залежно від попиту, поділяться на групи, наприклад, на “сильні” і “слабкі”. Далі будується модель, яка дозволяє оцінити порівняльну прибутковість цих груп валют при здійсненні операцій купівлі-продажу протягом певного періоду часу, наприклад, за тиждень. І нарешті, робляться рекомендації типу: “наступного тижня треба продавати євро й купувати долар” або „наступного тижня треба продавати долар та купувати євро” без зазначення кількісного співвідношення між курсами даних валют. Саме такі рекомендації дають змогу реально підвищити ефективність валютних та інших фінансових операцій [3].

Прогнозуванню тих чи інших процесів за допомогою моделей, побудованих на базі нечіткої логіки, присвячено багато робіт, в основному зарубіжних авторів. Достатньо назвати роботи авторів L. Zadeh., H.J. Zimmermann, R. Yager, T. Takagi, M. Sugeno тощо. Математична теорія

нечітких множин, запропонована Л.Заде більше чверті віку тому, дозволила описувати нечіткі поняття і знання, оперувати цими знаннями й робити нечіткі висновки. Активна робота з розвитку цього наукового напрямку проводилась у Вінницькому національному технічному університеті під керівництвом д.т.н., професора О.П. Ротштейна. Проте результати досліджень, що проводились, в основному використовувались для вирішення технічних задач, а в сфері економічної діяльності практично не застосовувались.

На думку авторів, сила й інтуїтивна простота нечіткої логіки, як методології вирішення складних проблем, гарантує її успішне використання в системах прогнозування та моделювання економічних процесів. Саме нечітке прогнозування найрізноманітніших економічних показників і процесів в економіці повинно стати однією із найактивніших і найрезультативніших сфер застосування теорії нечіткої логіки. Побудовані на цій теорії комп'ютерні нечіткі системи дозволять поширити сфери практичного використання теорії нечіткої логіки на інші галузі народного господарства.

Значний позитивний результат при прогнозуванні економічних показників і процесів, зокрема валютних курсів, може дати застосування теорії рефлексивності. Використання теорії рефлексивності повинно підсилити достовірність зроблених прогнозів, оскільки реакції людини на ті чи інші зміни, що трапляються на валютному ринку, пропонується увести до складу вхідних параметрів моделі прогнозування, яка базується на теорії нечіткої логіки. Разом це дозволить створити ефективну модель прогнозування валютного курсу, яка буде працювати в умовах неповної і нечіткої інформації.

Об'єктом дослідження даної роботи є економічний процес формування і зміни курсу національної валюти України. Предметом дослідження є макроекономічне моделювання в короткостроковому періоді курсу національної валюти України по відношенню до долара США на основі теорії нечіткої логіки із застосуванням елементів теорії рефлексивності.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у теоретичному обґрунтуванні можливості поширення методів моделювання, які базуються на

теорії нечіткої логіки і раніше використовувались переважно для прогнозування технічних процесів, на економічну сферу, зокрема для прогнозування валютних курсів.

Практичне значення роботи полягає в можливості здійснення прогнозування курсу національної валюти України в короткостроковому періоді в залежності від конкретної економічної ситуації, що складається на валютному та інших ринках, а також використанні отриманих результатів для прийняття практичних рішень в галузі валютного регулювання як на макро-, так і на мікрорівні.

Основні результати досліджень, які описані в даній монографії, були зроблені авторами протягом 2000-2002 років. Під час підготовки даної монографії до друку в грудні 2004 року всі основні висновки були повністю підтвержені наступними подіями, що відбулися в Україні. Тому можна сподіватись, що ці дослідження започаткують новий напрямок в розробці проблеми прогнозування і моделювання економічних показників і процесів.

ГЛАВА 1. ЗАГАЛЬНІ ЗАСАДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ І ПРОЦЕСІВ

Складність ринкової економіки іноді розглядається як обґрунтування неможливості достовірного прогнозування її розвитку, математичного моделювання тих чи інших економічних показників і процесів, вивчення тенденцій із застосуванням засобів математики тощо. Але така точка зору, на наш погляд, в принципі хибна. Прогнозувати та моделювати можна об'єкти будь-якої природи та будь-якої складності. І саме складні об'єкти представляють найбільший інтерес для моделювання; саме тут моделювання може дати результати, які не можна одержати іншими методами досліджень [4]; саме тут отримані результати можуть виявитися визначальними для прийняття тих чи інших управлінських рішень.

Потенційна можливість прогнозування та математичного моделювання будь-яких економічних показників і процесів визначається високим сучасним рівнем економічних і математичних знань, наявністю високопродуктивної комп'ютерної техніки та належного програмного забезпечення.

1.1. Прогнозування економічних показників і процесів: суть, значення, види, методи

В наш час значення прогнозів у розвитку суспільства, а особливо економічних прогнозів, постійно зростає. Економічні прогнози необхідні для визначення шляхів розвитку суспільства; визначення найбільш ймовірних і економічно ефективних варіантів довгострокових, середньострокових і поточних планів розвитку галузей, регіонів тощо; для обґрунтування основних напрямків економічної і соціальної політики; для передбачення можливих економічних наслідків від реалізації прийнятих рішень і здійснених на їх основі відповідних заходів. В умовах прискорення науково-технічного прогресу й реформування економічної системи держави прогнозування стає одним

із вирішальних наукових факторів формування стратегії економічного й суспільного розвитку [5, 6].

Існує кілька основних понять в галузі прогнозування. Переконливе тлумачення цих понять дає д.е.н., професор Бесєдін В.Ф. [7]. *Прогноз* – це науково обгрунтоване, ймовірне судження про можливий стан об'єкта в майбутньому, про альтернативні шляхи та строки його досягнення. Процес розробки прогнозів називається прогнозуванням.

Прогнозування – специфічний вид пізнавальної діяльності людини, що припускає дослідження ще не існуючого об'єкта. Прогнозування – процес формування наших уявлень про майбутній стан об'єкта на основі вивчення тенденцій його розвитку [8]. Прогнозування має дати відповідь на такі основні блоки запитань: а) чого найімовірніше слід очікувати в майбутньому? б) яким чином необхідно змінити існуючі умови, щоб досягти бажаного стану об'єкта в майбутньому? [5,9,10].

У процесі розробки прогнозів нам часто не вистачає певної інформації. Окрім цього, інформація, якою ми користуємося, не завжди є абсолютно достовірною. Цей недолік компенсується використанням спеціальних методів прогнозування, які дозволяють одержати інформацію про можливий розвиток об'єкта з визначенням рівня ймовірності звершення тієї чи іншої події. Для цього можна використовувати такі методи як логічний аналіз ситуації, що склалася; метод експертних оцінок; різні теоретико-ймовірнісні та теоретико-групові методи обробки інформації тощо. Суттєвим моментом при прогнозуванні є мінімізація помилок прогнозу. Зокрема потрібно враховувати, що при прогнозуванні тих чи інших показників і процесів, які зроблені на основі висловлювань експертів, аналізується інформація, що передається не лише каналами зв'язку, а й інформація, яка міститься в досвіді та інтуїції кожного із експертів, тобто інформація, яка інтегрована в конкретну особу. У зв'язку з цим можна сказати, що прогнозування є свого роду мистецтвом [5].

Детальнішу характеристику прогнозуванню економічних показників і процесів як виду діяльності людини можна зробити за допомогою розкриття його принципів, функцій та визначення видів прогнозування.

До *основних принципів* прогнозування економічних показників і процесів відносяться: [11]:

- *цільовість*, яка означає, що при складанні будь-якого прогнозу завжди переслідується певна мета, ціль;
- *науковість*, тобто складання прогнозів повинно здійснюватись з урахуванням об'єктивних закономірностей розвитку економічних показників і процесів;
- *системність*, яка означає, що будь-яка економічна система, включаючи економіку в цілому, з одного боку, розглядається як єдиний, цілісний об'єкт, а з другого боку, – як сукупність відносно самостійних взаємозв'язаних блоків (підсистем);
- *збалансованість*, яка означає, що між усіма економічними показниками і процесами, які використовуються для аналізу і прогнозування, існує певна узгодженість і залежність;
- *адекватність*, тобто відповідність прогнозування тих чи інших економічних показників і процесів поставленій меті та об'єктивній реальності;
- *альтернативність*, тобто розробка декількох варіантів розвитку подій з визначенням ймовірності звершення кожного із варіантів тощо.

До *основних функцій* прогнозування економічних показників і процесів належать [12]:

- збирання, систематизація, відбір та науковий аналіз економічних, соціальних, соціально-психологічних показників, процесів і тенденцій;
- дослідження об'єктивного розвитку економічних показників і процесів у конкретних економічних умовах та за певний період часу;
- оцінювання стану та перспектив розвитку об'єкта прогнозування;
- виявлення альтернатив розвитку економічних показників і процесів у суспільстві протягом певних періодів часу;

- обґрунтування та вибір методу прогнозування;
- здійснення процесу прогнозування економічних показників і процесів;
- аналіз результатів прогнозу;
- нагромадження наукового матеріалу для створення системи підготовки та прийняття найефективніших рішень за результатами зроблених прогнозів тощо.

В даний час застосовуються найрізноманітні *види* прогнозування економічних показників і процесів, які можна згрупувати у 4 групи: *якісні, аналіз часових рядів, аналіз причинних зв'язків та моделювання*. Характеристика цих видів, а також методів, із яких вони складаються, наведена в таблиці 1.1 [13].

Таблиця 1.1 – Основні види прогнозування економічних показників і процесів та їх характеристика

Види прогнозування, методи прогнозування	Суть методів
<i>1</i>	<i>2</i>
1. Якісні:	Базуються на оцінках та судженнях
• „корені зілля”:	Прогноз складається методом збирання даних у осіб, які знаходяться на самому нижньому щаблі ієрархічної драбини, тобто у осіб, які безпосередньо пов’язані з об’єктом прогнозування
• дослідження ринку:	Передбачає збирання даних різними методами (опитування, інтерв’ю тощо) для перевірки гіпотези про стан ринку. Використовується при довгостроковому прогнозуванні продажу нових видів товарів
• гуртова згода:	Передбачає вільний, відкритий обмін думками про стан тих чи інших показників і процесів, які висловлюються фахівцями на нарадах. Ідея полягає в тому, що гуртове обговорення приводить до кращого прогнозу
• історичні аналогії:	Робиться аналіз життєвого циклу аналогічного товару. Використовується при плануванні нового виду продукції

Продовження таблиці 1.1

1	2
<ul style="list-style-type: none"> метод Дельфі: 	<p>Передбачає, що група експертів відповідає на поставлені питання. Керівник обробляє результати і формує нові, детальніші питання, котрі знов-таки доводяться до експертів. Далі ситуація повторюється</p>
<p>2. Аналіз часових рядів:</p>	<p>Базується на думці, що передісторію ситуації можна використати для прогнозування майбутнього</p>
<ul style="list-style-type: none"> просте ковзне середнє: 	<p>Здійснюється усереднення за кінцевий період часу шляхом поділу суми значень точок на число цих точок. Кожна із точок однаково впливає на результат</p>
<ul style="list-style-type: none"> зважене ковзне середнє: 	<p>Аналогічний попередньому методу за виключенням того, що певним точкам можна надавати більшу або меншу значимість (вагу)</p>
<ul style="list-style-type: none"> експоненційне згладжування: 	<p>Полягає в тому, що „найпершими” точкам надають вагу, яка експоненційно зменшується, тобто ці значення вважаються менш значущими</p>
<ul style="list-style-type: none"> регресивний аналіз: 	<p>Визначає пряму залежність між значеннями даних та часом. Найпоширенішим із цих методів є метод найменших квадратів</p>
<ul style="list-style-type: none"> метод Бокса Дженкінса: 	<p>Складний, але більш точний метод статистичного аналізу. Зв’язує клас статистичних моделей з даними, що досліджуються, та пристосовує модель до часового ряду, використовуючи байесово апостеріорний розподіл</p>
<ul style="list-style-type: none"> часові ряди Шискіна: 	<p>Передбачає розподіл часових рядів на сезонні, трендові та іррегулярні складові. Потребує даних за останні три роки</p>
<ul style="list-style-type: none"> трендове проектування: 	<p>Визначає математичну лінію тренда по точках даних за минулі роки та проектує цю лінію на майбутнє</p>
<p>3. Аналіз причинних зв’язків (причинні методи):</p>	<p>Базуються на визначенні основних та допоміжних факторів, які впливають на об’єкт прогнозу. Такими факторами можуть бути реклама, якість, конкуренція тощо</p>
<ul style="list-style-type: none"> регресивний аналіз: 	<p>Аналогічний методу найменших квадратів, але може містити в собі багато змінних. Базується на твердженні, що прогноз – це подія, яка залежить від багатьох інших подій</p>

Продовження таблиці 1.1

1	2
• економетричні моделі:	Передбачають складання системи незалежних рівнянь, які характеризують певну галузь економіки
• моделі входу-виходу:	Передбачають визначення залежностей між вхідними та вихідними параметрами економічної моделі
• попереджуючі індикатори:	Використовується статистика розвитку показників, які впливають на процес, що досліджується, але випереджають цей процес. Наприклад, підвищення ціни на бензин повинно сигналізувати про майбутнє падіння попиту на автомобілі
4. Моделювання:	Базується на комп'ютерних моделях, які дозволяють визначати вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на майбутній стан об'єкта, який досліджується

Однією із задач прогнозування будь-якого економічного показника, явища або процесу є вибір відповідного методу прогнозування, за допомогою якого буде здійснюватись прогноз. В наш час, за оцінками фахівців, нараховується понад 200 різних методів прогнозування [8]. Однак на практиці, як основні, використовуються тільки 15-20 методів.

Метод прогнозування – це сукупність способів і прийомів мислення, які дозволяють на основі аналізу ретроспективних ендогенних (внутрішніх) та екзогенних (зовнішніх) даних, а також їх змін протягом певного проміжку часу, що розглядається, сформулювати певне судження про майбутній стан та розвиток об'єкта прогнозу [14].

Існуючі в даний час методи прогнозування дозволяють одержувати прогнозну інформацію про майбутній стан об'єкта в різних формах. Це може бути зроблено, наприклад, у вигляді якісного лінгвістичного опису (наприклад, „курс валюти буде зростати”), часових рядів, спільного якісно-кількісного опису об'єкта прогнозування тощо. Інформація, отримана при використанні різних методів прогнозування, повинна доповнювати та/або уточнювати одна одну. Якщо ж інформація, одержана від застосування різних ме-

тодів прогнозування не забезпечує взаємозв'язок та певний збіг отриманих результатів, то така ситуація вимагає додаткового аналізу та адаптації методів прогнозування до конкретного об'єкта.

В даний час у науковій літературі існують різні класифікації методів прогнозування. Окрім класифікації, наведеної в таблиці 1.1, методи прогнозування групуються за такими ознаками: *ступенем формалізації*, *принципом дії* та *способом одержання* прогнозної інформації.

Більш поширеною є класифікація, в якій всі методи прогнозування поділяються на три основні класи [8]: *екстраполяції*, *експертних оцінок* та *моделювання*. Сфера застосовування цих методів прогнозування наведена на рисунку 1.1.

Термін прогнозу	Клас методів		
	екстраполяції	моделювання	експертні
Короткостроковий	+	+	+
Середньостроковий	-	+	+
Довгостроковий	-	-	+

Рисунок 1.1 – Методи прогнозування економічних показників і процесів та сфери їх застосування

Практичне значення має класифікація, згідно якої всі методи прогнозування поділяються, в залежності від обсягу та достовірності наявної початкової інформації, на три групи: *фактографічні*, *експертні* та *комбіновані* (див. рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Методи прогнозування в залежності від достовірності наявної початкової інформації

Фактографічні методи – базуються на наявній фактичній інформації про стан об'єкта прогнозування та його минуле. *Експертні* методи – це методи, які базуються на висновках (думках, висловлюваннях) експертів у даній галузі знань і передбачають наступну обробку отриманої інформації з метою виявлення основних тенденцій розвитку, властивих об'єкту прогнозування. *Комбіновані* методи – це методи зі змішаною інформаційною основою, використання яких дозволяє в умовах невизначеності початкової інформації отримувати різні варіанти прогнозів та, зіставляючи їх один з одним, обґрунтовувати вибір найімовірнішого. У свою чергу, фактографічні та експертні методи прогнозування поділяються на методи *аналогій*, *методи випередження*, *статистичні методи*, *методи прямої оцінки* та *методи зі зворотним зв'язком*.

На нашу думку, для прогнозування валютного курсу в Україні доцільно використовувати комбінований метод прогнозування, який об'єднує в собі фактографічний та експертний методи. Це можна обґрунтувати так:

- *фактографічні методи* дають можливість виявляти подібності в закономірностях розвитку певних економічних показників і процесів. Ці методи використовують в якості аналогів процеси однакової природи, що передують у часі розвитку об'єкта прогнозування [15]. Особливо це характерно для методу аналогій;
- *експертні методи* дають можливість при відсутності повної та достовірної інформації про існуючий стан об'єкта прогнозування, значній невизначеності середовища, в якому функціонує об'єкт прогнозування, дефіциті часу та в екстремальних ситуаціях, що є характерним для валютного ринку, отримувати певну інформацію (у вигляді висловлювань експертів) про майбутній стан об'єкта прогнозування.

Заслуговує уваги класифікація, в якій методи прогнозування поділяються на *інтуїтивні* та *формалізовані*.

Інтуїтивні методи прогнозування використовуються в тих випадках, коли неможливо врахувати вплив всіх факторів на поведінку об'єкта прогно-

зування через значну складність цього об'єкта. У цьому випадку використовуються оцінки експертів, які можуть бути як індивідуальними, так і колективними. *Формалізовані* методи прогнозування базуються на аналітичних залежностях, що містять рівняння, які репрезентують конкретні значення економічних показників і процесів та їх динаміку. До формалізованих методів входять методи *екстраполяції* та *моделювання*.

Таким чином можна зробити висновок, що інтуїтивні та формалізовані методи прогнозування за своєю сутністю подібні до експертних і фактографічних методів. Разом з тим, існуючі в даний час методи прогнозування постійно вдосконалюються і поповнюються новими, що вимагає удосконалення існуючих або розробки нових класифікацій методів прогнозування. На наш погляд, було б доцільно доповнити існуючі класифікації методів прогнозування методами, які базуються на теорії нечіткої логіки.

За основу вдосконалення можна взяти класифікацію методів прогнозування, запропоновану С.В. Глівенко [8, 11]. Якщо доповнити цю схему методів прогнозування методами, що базуються на теорії нечітких множин, то отримаємо нову класифікацію методів прогнозування, більш адекватну, на наш погляд, сучасним досягненням наукової думки.

Вдосконалена класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації початкової інформації буде мати вигляд, наведений на рис. 1.3 [16].

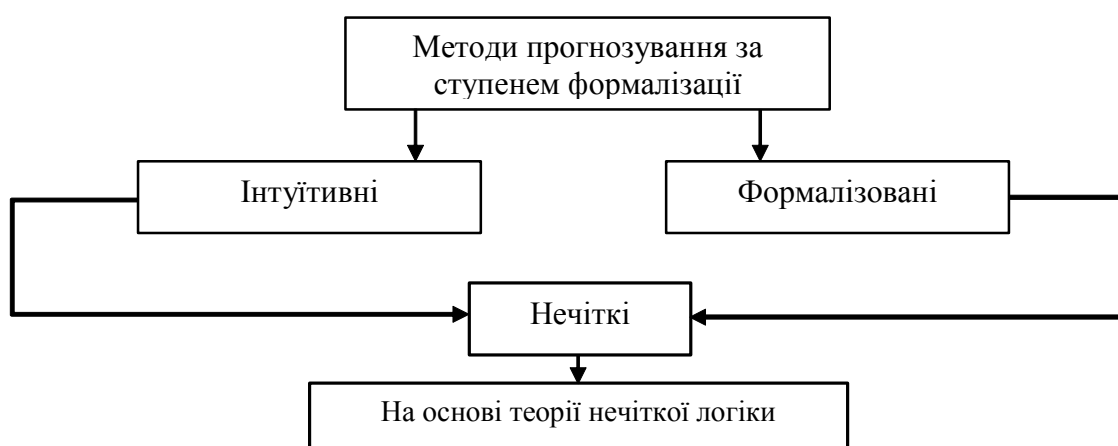


Рисунок 1.3 – Класифікація методів прогнозування економічних показників і процесів за ступенем формалізації

Саме наведена на рисунку 1.3 класифікація методів прогнозування є такою, яка в найбільшій мірі відповідає можливостям та реаліям сьогодення.

1.2. Моделювання економічних показників і процесів: суть, значення

Моделювання – одна з основних категорій теорії пізнання, яка передбачає дослідження будь-яких явищ, процесів або стану об'єктів шляхом побудови і вивчення їхніх моделей [5, 17]. Сучасне моделювання базується на комп'ютерних моделях, які дозволяють визначати вплив значної кількості зовнішніх та внутрішніх факторів на майбутній стан об'єкта, який досліджується.

Модель є одним з найважливіших інструментів прогнозування майбутнього стану досліджуваного об'єкта або процесу. Термін “*модель*” означає певний умовний образ об'єкта дослідження або процесу.

Незважаючи на те, що термін „моделювання” має різні значення в залежності від конкретного застосування, він зазвичай означає використання комп'ютерних систем для здійснення експериментів з моделлю, яка характеризує ті чи інші економічні показники або процеси. Моделювання дає змогу показати, як ці економічні показники і процеси будуть реагувати на зміни в зовнішньому середовищі та у внутрішній структурі економічної системи.

В загальному вигляді процес моделювання передбачає здійснення таких основних етапів робіт:

- вивчення стану об'єкта (або процесу), який підлягає дослідженню, визначення його показників, характеристик, властивостей, ознак тощо;
- визначення аналітичних залежностей між вхідними та вихідними показниками, характеристиками, ознаками об'єкта прогнозування;
- побудова математичної моделі;

- здійснення процесу моделювання, тобто отримання теоретичних або практичних прогнозних результатів, характерних для об'єкта прогнозування;
- зіставлення прогнозних результатів моделювання з реальними (фактичними) даними, що характеризують стан об'єкта прогнозування, який був зафіксований на момент закінчення періоду прогнозування;
- корегування й уточнення математичної моделі [8], здійснення її оптимізації тощо.

Найскладнішим є моделювання соціально-економічних показників і процесів як на макро-, так і на мікрорівні. Основною особливістю прогнозування соціально-економічних показників є те, що кожен з цих показників визначається безліччю складових і має схильність до меншого відхилення від середнього значення ніж кожна з цих складових. Тому прогнозування соціально-економічних показників і процесів пов'язане, насамперед, з розробкою економіко-математичних моделей, які формалізують процес розрахунку тих чи інших економічних показників і процесів, які ми можемо отримати в майбутньому.

Економіко-математичні моделі являють собою систему формалізованих математичних рівнянь, які описують взаємозв'язки між вхідними та вихідними економічними показниками і процесами, які утворюють відповідну економічну систему. Саме використання економіко-математичних моделей для прогнозування економічних показників і процесів забезпечило появу більш обґрунтованих, точних та своєчасних прогнозів розвитку економіки та її окремих галузей.

Разом з тим слід зазначити, що розробка економіко-математичних моделей завжди натрапляє на серйозні труднощі і вимагає особливої уваги. Труднощі обумовлюються складністю самої економічної системи та її складових, невизначеністю багатьох факторів, що впливають на розвиток цієї системи, тощо. Тому для прогнозування показників розвитку економічної системи доцільно використовувати не одну економіко-математичну модель, а

користуватись системою методів і моделей, які мають певну ієрархію та структуру і характеризують різні сторони розвитку економічної системи.

В даний час існують різні види та типи економіко-математичних моделей. Так, за *цільовим призначенням* [18] економіко-математичні моделі поділяють на:

- *теоретико-аналітичні*, які використовуються при дослідженні загальних закономірностей розвитку економічних показників і процесів;
- *прикладні*, які застосовуються при розв'язанні конкретних економічних задач. До прикладних моделей відносяться *моделі економічного аналізу, прогнозування, керування тощо*.

За *способом побудови* економіко-математичні моделі поділяються на структурні, функціональні (факторні) та структурно-факторні (комбіновані). *Структурні моделі* використовуються тоді, коли при прогнозуванні економічних показників і процесів велике значення мають взаємозв'язки, що виникають між підсистемами та елементами складної економічної системи. *Факторні моделі* описують залежності значень і динаміки того чи іншого узагальненого економічного показника від значень і динаміки економічних показників, що впливають на нього. Тому при побудові економіко-математичної моделі прогнозування валютного курсу доцільно використовувати саме факторну модель.

Існують *дескриптивні й нормативні* економіко-математичні моделі. Дескриптивні моделі відповідають на запитання: “Як це відбувається?” або “Як це напевно може далі розвиватися?”. Тобто ці моделі тільки пояснюють факти, що відбулися, або дають ймовірний прогноз розвитку тих чи інших подій в майбутньому. Нормативні моделі відповідають на запитання: “Як це повинно бути?”, тобто припускають цілеспрямовану діяльність людини для досягнення бажаних результатів.

Слід підкреслити, що багато існуючих економіко-математичних моделей поєднують ознаки дескриптивних і нормативних моделей. Типовою є си-

туація, коли нормативна економіко-математична модель складної структури об'єднує окремі блоки, які є частковими дескриптивними моделями.

За характером відображення причинно-наслідкових зв'язків розрізняють економіко-математичні моделі, які *жорстко детерміновані*, і моделі, які *враховують випадковість і невизначеність*. При цьому необхідно розрізнити невизначеність, яка описується законами теорії ймовірностей, і невизначеність, для опису якої дані закони не підходять. Другий тип невизначеності є набагато складнішим для моделювання економічних показників і процесів.

Економіко-математичні моделі можуть бути класифіковані в залежності від того, на досягнення якого результату вони спрямовані, а саме: *на досягнення найкращого результату, на досягнення очікуваного результату та інші*.

З урахуванням фактора часу [19] економіко-математичні моделі можуть бути *статичними*, коли для певного проміжку часу для певних показників встановлюються відповідні обмеження, а сама модель переслідує мету мінімізації витрат або максимізації кінцевого результату; та *динамічними*, коли аналогічні обмеження встановлюються для декількох проміжків часу, а сама модель також переслідує мету мінімізації витрат або максимізації кінцевого результату.

За тривалістю часового відрізка, що розглядається, розрізняють економіко-математичні моделі *короткострокового* (до року), *середньострокового* (до 5 років), *довгострокового* (10-15 і більше років) періоду прогнозування.

За способом математичного опису досліджуваних показників і процесів економіко-математичні моделі можна поділити на аналітичні та алгоритмічні. В *аналітичних моделях* процеси функціонування економічної системи подаються у вигляді алгебраїчних виразів, системи рівнянь, системи обмежень тощо. Ці моделі зрозумілі, наочні, їх математична структура й результати моделювання легко аналізуються та інтерпретуються. *Алгоритмічні* моделі поєднують у своїй структурі традиційні математичні форми опису показ-

ників і процесів з логічними і логіко-евристичними процедурами. Такі моделі є алгоритмічно заданими функціями, мають складну структуру і не підвладні прямому аналізу [5].

Таким чином можна зробити висновок, що сучасні класифікації економіко-математичних моделей виділяють більше десяти основних ознак, за якими можна класифікувати ці моделі. Разом з тим, з розвитком наукових досліджень економічних показників і процесів проблема класифікації економіко-математичних моделей ускладнюється. Це пояснюється тим, що поряд із появою нових видів і типів моделей та нових класифікацій відбувається процес інтеграції моделей різних видів і типів у більш складні моделі та системи.

Особливо характерним це є для економіко-математичних моделей, які використовуються для аналізу макроекономічних процесів. Специфіка макроекономічних процесів полягає в тому, що, з одного боку, вони мають статичний характер, значну сталість, що дозволяє виявити найважливіші тенденції економічного розвитку, а з іншого, в них в багатьох випадках відсутні однозначні причинно-наслідкові взаємозв'язки між економічними показниками, параметрами, характеристиками тощо, внаслідок чого цінність зроблених економічних прогнозів може помітно знижуватись [20].

Сучасні економіко-математичні моделі, які використовуються для прогнозування економічних показників і процесів на макrorівні, складаються з великої кількості рівнянь, кожне з яких описує той чи інший напрям розвитку економічної системи. Ці моделі в певних межах дають можливість спрогнозувати динаміку тих чи інших економічних показників і процесів при можливих змінах грошової, бюджетної та податкової політики держави, рівня цін на енергоносії тощо.

Сьогодні такі економіко-математичні моделі досить широко застосовуються при розробці економічних прогнозів на макроекономічному рівні. До таких моделей, насамперед, відносяться однофакторні і багатofакторні моделі прогнозування валютних курсів; моделі економічного зростання; мо-

делі розподілу національного доходу; структурні, міжгалузеві, галузеві моделі розвитку; сіткові моделі; моделі розподілу заробітної плати і доходів та інші [21].

В Україні прогнозуванням на макрорівні займається Департамент економічної політики й прогнозування, який входить до складу Міністерства економіки України та з питань європейської інтеграції. Порядок і терміни складання прогнозів соціального й економічного розвитку визначаються рішеннями Кабінету Міністрів України. Фундаментальні роботи в цій галузі прогнозування проводяться Академією наук України, спеціалізованими науково-дослідними установами, міністерствами та відомствами України [8]. Інформація про окремі макроекономічні моделі, розроблені фахівцями Інституту економічного прогнозування та Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Макроекономічні моделі, розроблені в Україні

Розробники макромоделі, її назва	Структура моделі, кількість рівнянь	Призначення
1	2	3
1. Геєць В.М., Скрипниченко М.І., Соколик М.П., Шумська С.С.: <i>“Макромодель економіки України-1”</i>	Блочна структура (5 секторів); 33 стохастичні рівняння і тотожності	Для складання середньострокових прогнозів розвитку основних макроекономічних показників [22]
2. Лукінов І.І., Бакаєв О.О., Бондаренко Г.В.: <i>“УКР-МАКРО”</i>	Блочна структура (6 підсистем), 28 рівнянь, з них 4 тренди	Прогнозування вартісних макроекономічних показників в умовах інфляції та ін. [23]
3. Михалевич М.В., Михалевич В.С., Сергієнко І.В.: <i>“Моделююча система “Бюджет”</i>	Блочна структура (8 блоків)	Оцінка очікуваних надходжень до держбюджету та обсягів його найважливіших витрат, прогнозування динаміки цін та ін. [24]

Продовження таблиці 1.2

1	2	3
4. Панасюк Б.Я., Сергієнко І.В., Гуляницький Л.В.: <i>“Середньострокова прогнозна модель”</i>	Степенева модель (8 рівнянь), лінійна модель (3 рівняння)	Для розрахунку щорічних темпів зростання основних макроекономічних показників [25]
5. Гаврилишин О., Изворські І., Рон ван Рооден: <i>„Модель економічного зростання у перехідних економіках”</i>	Одне рівняння	Для розрахунку макроекономічних показників у перехідних економіках

В Україні використовується також чимало різноманітних моделей прогнозування розвитку економіки, розроблених Міжнародним банком реконструкції і розвитку, Міжнародним валютним фондом, Європейським центром макроекономічного аналізу тощо [5].

Разом з тим, на думку фахівців [13, 21], використання цих моделей не в повній мірі задовольняє потреби науковців та практичних працівників, оскільки в цих моделях при прогнозуванні тих чи інших економічних показників та процесів:

- відсутня оцінка конкурентоспроможності українських виробників;
- відсутній конкретний прогноз зовнішнього попиту на товари та послуги українських виробників;
- відсутні обгрунтовані оцінки «тіньових» обсягів виробництва та доходів суб'єктів підприємництва;
- використовуються показники чисельності осіб, офіційно зайнятих у народному господарстві, та величина оплати їх праці лише у вигляді офіційних нарахувань без врахування частки „тіньових” доходів;
- не враховується специфіка поточної ситуації в Україні, коли короткострокові часові чинники можуть мати вирішальний вплив на економічну ситуацію;

- не враховується вплив інфляційного (або дефляційного) ефекту на галузевий перерозподіл доходів суб'єктів підприємництва;
- не враховується вплив податкових пільг та порушень платіжної дисципліни на значення основних фінансових показників роботи підприємств тощо.

Все це спонукає до подальшого удосконалення існуючих та розробки нових економіко-математичних моделей, використання яких для прогнозування економічних показників і процесів на макrorівні дозволило б зменшити вплив зазначених факторів та підвищити достовірність зроблених прогнозів.

1.3. Методи та моделі аналізу і прогнозування стану валютного ринку: суть, класифікація

Однією із найважливіших складових частин ринкової економіки є валютний ринок, формування й активний розвиток якого розпочався в Україні з 1992 року. *Валютний ринок* – це економічна категорія, яка віддзеркалює певну сукупність відносин зі здійснення операцій з купівлі-продажу іноземних валют, інших валютних цінностей, цінних паперів у іноземній валюті, руху іноземних капіталів тощо.

Головними *функціями* валютного ринку є: реалізація валютної політики держави; розвиток національної економіки та розширення зовнішньоекономічних зв'язків; сприяння поглибленню міжнародного поділу праці та міжнародної торгівлі; регулювання попиту та пропозиції на іноземні валюти; своєчасне здійснення міжнародних розрахунків; регулювання валютних курсів; хеджування валютних ризиків; диверсифікація валютних резервів; одержання прибутку від операцій з валютою і валютними цінностями та інші [1].

Розрізняють регіональні, національні та спеціальні валютні ринки. Об'єктом наших досліджень буде *національний валютний ринок*, який організує рух валютних цінностей в даній країні та забезпечує зв'язки країни з між-

народними валютними центрами. Розвиненість національного валютного ринку залежить від стану фінансово-кредитної системи країни, рівня її інтеграції у світову економіку, прийнятої системи валютного регулювання та інших чинників. *(Примітка. Далі під поняттям “національний валютний ринок” будемо розуміти національний валютний ринок України).*

На сьогоднішній день валютний ринок України є досить розвиненим. За роки існування валютного ринку в Україні розроблена сучасна законодавча та нормативна база, створені відповідні інституції, які займаються організацією та регулюванням валютних відносин, визначені механізми здійснення валютних операцій купівлі-продажу валюти, ввезення-вивезення іноземної валюти та валютних цінностей тощо.

Правові засади валютного регулювання в Україні закладені Декретом Кабінету Міністрів України "Про систему валютного регулювання і валютного контролю" від 19 лютого 1993 р. №15-93. Згідно з цим Декретом головним валютним органом країни, на який покладено виконання *функцій* щодо формування принципів і стратегії валютного регулювання, ліцензування діяльності з валютними цінностями, визначення курсу національної валюти тощо, визначений Національний банк України.

Суб'єктами валютних відносин в Україні є юридичні та фізичні особи – резиденти і нерезиденти, уповноважені банки, біржі, інші фінансово-кредитні установи, спеціальні органи валютного контролю Національного банку України. *Об'єктами* валютного ринку є національна грошова одиниця, валюти інших країн, цінні папери, платіжні документи (чеки, векселі, акредитиви та ін.) в іноземній валюті та інші валютні цінності.

В основі організації валютного ринку будь-якої країни є вибір режиму встановлення валютного курсу національної валюти.

Валютний курс (exchange rate) є ціною, за якою грошова одиниця однієї країни може бути куплена, продана або обмінена на грошову одиницю іншої іноземної країни. Валютний курс є своєрідною формою ціни, яка сплачується в національній грошовій одиниці за одиницю іноземної валюти і ви-

значається, насамперед, співвідношенням купівельної спроможності національної та іноземної валют. Говорячи про курс валюти, будемо мати на увазі *обмінний курс*, який склався на даний момент часу.

Валютний курс залежить від багатьох курсоутворюючих факторів і, насамперед, від величини попиту і пропозиції певної валюти на ринку. Курс валюти має безпосереднє практичне значення для тих, хто займається торгівлею, інвестиціями, фінансовими операціями тощо.

Визначення валютних курсів називають *котируванням*. Повне котирування означає, що встановлюється курс покупця (сторона bid) і курс продавця (сторона offer). Наприклад, курс гривні України до долара США записують так: USD/UAN = (5,2860 – 5,3180). Традиційно курси валют встановлюють до четвертого знаку після коми десяткового дробу. Різниця (маржа) між курсом продавця і курсом покупця є джерелом прибутку для того, хто здійснює купівлю-продаж валюти.

Котирування валют буває прямим та зворотним. *Пряме котирування* означає, що певна кількість національної валюти завжди прирівнюється до одиниці іноземної. Наприклад, $1\text{USD} = 5,3\text{UAN}$. При прямому котируванні, говорячи про зростання курсу, ми розуміємо, що це означає ослаблення національної валюти або її девальвацію. І навпаки, зниження курсу національної валюти означає її зміцнення або ревальвацію. В Україні, як і в переважній більшості країн світу, застосовується пряме котирування курсу національної валюти.

Зворотне котирування означає, що одиниця національної валюти прирівнюється до певної кількості іноземної валюти. Для гривні України це означало б такий запис курсу валюти: $1\text{UAN} = 0,1886\text{USD}$. При зворотньому котируванні, говорячи про зростання курсу, ми розуміємо, що це означає зміцнення національної валюти або її ревальвацію. І навпаки, зниження курсу національної валюти означає її знецінення або девальвацію. Так, Велика Британія є однією з небагатьох країн, яка застосовує непряме котирування

власної валюти. І пояснюється це, насамперед, великою довірою і повагою до її фунта стерлінгів.

Валютний курс на фінансово-грошовому ринку виконує певні *функції*, головними з яких є:

- сприяння інтернаціоналізації грошових відносин;
- сприяння об'єднанню та стабільному розвитку фінансових ринків;
- порівняння рівнів та структури цін, а також результатів виробничої діяльності в окремих країнах;
- порівняння національної та інтернаціональної вартості товарів і послуг на національних та світових ринках;
- перерозподіл національного продукту між окремими країнами;
- інтернаціоналізація господарських зв'язків тощо.

Однією із основних ознак валюти є її конвертованість. Під *конвертованістю валюти* слід розуміти її здатність вільно обмінюватися на валюти інших країн та міжнародні платіжні засоби за офіційним обмінним курсом. Вільно конвертованою вважається валюта тієї країни, яка взяла на себе зобов'язання, передбачені статутом Міжнародного валютного фонду.

Розрізняють повну й часткову, зовнішню і внутрішню конвертованість валют. *Повна конвертованість* означає вільний обмін національної валюти на іноземну для всіх категорій власників і за всіма операціями без жодних обмежень. Так, долар США є вільно конвертованою валютою, яка без обмежень обмінюється на валюти інших країн за всіма операціями.

Часткова конвертованість означає, що на певні операції чи на окремі категорії власників валюти режим конвертованості не поширюється, тобто запроваджуються певні обмеження. При частковій конвертованості дозволяється обмін національної валюти на іноземні лише для здійснення поточних міжнародних операцій. До них належать платежі за зовнішньоторговельними операціями, платежі для погашення позик і процентів, виплата прибутків і дивідендів на інвестиції, грошові перекази некомерційного характеру тощо. Часткова конвертованість валюти може бути *зовнішньою та внутрішньою*.

За *зовнішньої конвертованості* цілковита свобода обміну зароблених в країні грошей надається лише іноземним особам (нерезидентам). Режим зовнішньої конвертованості сприяє залученню в країну іноземної валюти. В Україні в даний час існує саме режим зовнішньої конвертованості національної валюти. За *внутрішньої конвертованості* правом обміну національної валюти на іноземну користуються лише громадяни цієї країни (тобто резиденти). Запровадження режиму внутрішньої конвертованості вимагає від країни значних зусиль, зокрема нагромадження валютних резервів, зближення структури цін на внутрішньому та світовому ринках, підтримки реального курсу національної валюти тощо. Україна в даний час знаходиться на шляху запровадження внутрішньої конвертованості національної валюти.

В практиці здійснення валютних операцій розрізняють також такі види валютних курсів:

1. *Крос-курс* – це співвідношення між двома валютами, яке впливає з їхнього курсу відносно курсу третьої валюти. При операціях на світовому ринку цією „третьою” валютою часто виступає долар США, тому що долар США є не тільки основною світовою резервною валютою, але й валютою, яка використовується для розрахунків при виконанні укладених зовнішньоекономічних договорів.

2. *Спот-курс* – це ціна валюти однієї країни, виражена у валюті іншої країни, яка установлена на момент укладання угоди про обмін валютами банками-контрагентами. При цьому обмін валютами повинен бути здійснений не пізніше наступного робочого дня з моменту укладання угоди. Спот-курс відзеркалює ціну національної валюти на момент проведення операції з цією валютою.

3. *Форвард-курс* – це ціна валюти однієї країни, виражена у валюті іншої країни, яка установлена на момент укладання угоди про обмін валютами банками-контрагентами. При цьому обмін валютами повинен бути здійснений через певний час, наприклад, через місяць зі дня укладання угоди. У той час, як спот-курс є ціною національної валюти на даний момент часу,

форвард-курс слугує реальним показником того, яку вартість буде мати національна валюта через певний період часу (1, 3, 6 і 12 місяців).

За ступенем стабільності курси валют поділяються на фіксовані та гнучкі (або плаваючі). *Фіксований валютний курс* (fixed rate) – це обмінний курс, зафіксований державою на відповідному рівні. Фіксовані валютні курси мають переваги в короткостроковому періоді, але вони виявляються нееластичними в довгостроковій перспективі.

Гнучкий (або плаваючий) валютний курс (floating rate) – це обмінний курс валют, який змінюється в той чи інший бік залежно від зміни попиту і пропозиції на валютному ринку. Гнучкі валютні курси, як правило, нестійкі в короткостроковому періоді, проте в довгостроковій перспективі достатньо реально віддзеркалюють економічні процеси.

Крім цих двох основних існує ще кілька варіантів, котрі, залежно від конкретних особливостей їх реалізації, можна розглядати як *модифікації* фіксованого або плаваючого курсу. Насамперед, мова йде про встановлення діапазону коливань (band) між верхньою і нижньою точками курсу валюти, тобто встановлення так званого *валютного коридору*. Детальніше з цим можна ознайомитись в [26, с. 375].

При записі валютних курсів розрізняють *валюту котирування* і *базу котирування*. Валютою котирування є та валюта, курс якої визначають, а базою – валюта, з якою порівнюють дану грошову одиницю. Наприклад, у записі USD/UAN долар США (при умові прямого котирування гривні) є базою котирування, а гривня – валютою котирування.

Встановлення офіційного обмінного курсу гривні до іноземних валют здійснюється відповідно до Порядку, затвердженого постановою Правління НБУ від 18 березня 1999 р. № 129. Національний банк України встановлює офіційний обмінний курс гривні до іноземних валют та міжнародних розрахункових одиниць (СДР, євро тощо). Цей курс використовується резидентами України та нерезидентами для всіх видів платіжно-розрахункових опера-

цій в іноземних валютах, для бухгалтерського обліку цих операцій, при аналізі зовнішньоекономічної діяльності та в інших випадках.

В 2002-2004 роках офіційний обмінний курс гривні до долара США встановлювався як середньозважений курс операцій з валютою, що здійснювали уповноважені комерційні банки на міжбанківському валютному ринку. При встановленні офіційного обмінного курсу враховувалися також і такі чинники, як співвідношення попиту та пропозиції на іноземну валюту на валютному ринку України; стан міжнародних ринків іноземних валют; зовнішньоторговельний баланс країни; зміна обсягу валютних резервів НБУ; динаміка основних макроекономічних показників та інші чинники [1].

Однією із передумов визначення курсу будь-якої валюти є аналіз стану валютного ринку країни. В даний час застосовуються різні методи аналізу стану валютних ринків [8, 27], основні з яких наведені на рисунку 1.4.

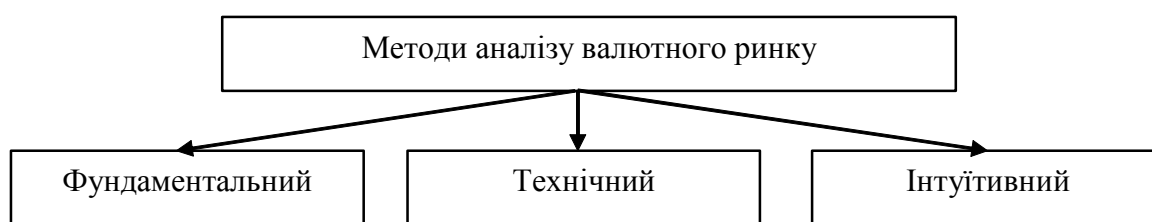


Рисунок 1.4 – Основні методи аналізу стану валютного ринку

Фундаментальний метод аналізу стану валютного ринку базується на *теорії ефективних валютних ринків*, тобто на моделі рівноваги ринків в умовах досконалої конкуренції з урахуванням теорії раціональних очікувань. Вважається, що на світовому валютному ринку присутні безліч покупців і продавців; вхід на цей ринок є відносно вільним і доступним; курси валют гнучко реагують на зміни попиту і пропозиції на ці валюти; учасники ринку правильно аналізують та оцінюють наявну інформацію тощо. Суть фундаментального методу базується на твердженні, що валютний ринок найкращим чином визначає значення та динаміку валютних курсів. Він прогнозує майбутні зміни у вигляді прогнозного (строкового) курсу, і цей прогноз базується на всій наявній інформації та віддзеркалює передбачення і очікування най-

більш інформованих учасників валютного ринку про можливі зміни валютного курсу.

Однак фактичні результати показують, що прогнозний курс, в цілому вірно визначаючи тенденції зміни курсу валюти, на практиці може мати певні відхилення від реального курсу (особливо в короткостроковому періоді). Це може викликати для суб'єктів ринку негативні наслідки у вигляді втрати частини прибутку, перерозподілу доходів тощо. У зв'язку з цим фундаментальний метод аналізу валютного ринку застосовується переважно для прогнозування курсів валют в довгостроковому періоді. Тому фундаментальним аналізом займаються переважно стратегічні інвестори, які визначають тенденції в динаміці цін на товари, валюту, цінні папери тощо.

Фундаментальний метод аналізу стану валютного ринку дає змогу визначити головний ринковий тренд, однак для визначення конкретного валютного курсу в той чи інший період часу цього може бути недостатньо. *(Примітка. Тренд – це тенденція, відхилення курсу валюти від певного значення в той чи інший бік протягом визначеного періоду часу).*

Відповідь на дане питання дає технічний аналіз валютного ринку. *Технічний аналіз* валютного ринку базується на проведенні аналізу основних економічних показників, які характеризують стан грошового обороту в країні. Це такі показники як темпи зростання грошової маси, реальних доходів населення, процентних ставок, цін на товари і послуги тощо. В цьому випадку прогнозний валютний курс є похідним від правильно визначених інших показників: кількості грошей в обігу, величини валового внутрішнього продукту ВВП, вартості кредиту, темпів зростання інфляції, доходів населення тощо. А оскільки прогнозування цих показників також є проблематичним, то і похідний від них прогноз валютного курсу також неминуче буде мати певні похибки.

Технічний аналіз базується на припущенні, що ринкові ціни є відображенням бажань і дій всіх учасників валютного ринку. В результаті і ціни валют, і обсяг їх купівлі-продажу віддзеркалюють реальні тенденції зміни

валютних курсів. Технічний аналіз оперує дрібними коливаннями тренда, викликаними спекулятивними діями і настроями суб'єктів валютного ринку [11].

І нарешті, третій, *інтуїтивний* (або суб'єктивний) метод аналізу валютного ринку спирається на висновки спеціалістів та експертів, зроблені ними на основі власного досвіду та спостережень за поведінкою суб'єктів валютного ринку. Інтуїтивний метод аналізу валютного ринку має незначну кількість прихильників, оскільки ґрунтується переважно на інтуїції експертів, ніж на ретельному спостереженні за станом валютного ринку. Як правило, успіх, якщо й приходить, не є стабільним та довговічним. Даний метод аналізу є найбільш придатним для короткострокового, оперативного прогнозування валютних курсів.

Таким чином можна зробити висновок, що із трьох вищезазначених методів саме технічний та інтуїтивний методи аналізу стану валютного ринку є найбільш прийнятними для використання при короткостроковому прогнозуванні курсу національної валюти.

Розглянемо основні показники технічного методу аналізу стану валютного ринку більш детально [28]. До таких основних показників відносяться: проста середня ціна; межі зміни ціни; трендові індикатори; осцилятори тощо.

1. Розрахунок простої середньої ціни (середнього курсу валюти).

Найпростішим інструментом технічного аналізу є розрахунок простої середньої ціни (курсу валюти). При розрахунку простої середньої ціни виникає проблема вибору так званого *порядку, тобто кількості послідовних значень цін, які необхідно взяти для розрахунку середньої ціни*. Потрібно пам'ятати, що неправильний вибір порядку може привести до помилки в розрахунку середньої ціни.

Серед простих середніх виділяють три основні види: прості ковзні середні; зважені ковзні середні; експонентні ковзні середні [8].

Розрахунок *простої ковзної середньої ціни* (Moving Average – MA) зводиться до розрахунку простої середньоарифметичної ціни:

$$MA = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}, \quad (1.1)$$

де C_i – ціна одиниці певного товару, валюти тощо;
 n – кількість послідовних значень цін.

Проста ковзна середня (середньоарифметична) ціна відома кожній людині і дає найбільш наближену до реальності інформацію про курс валюти.

При розрахунку *зваженої ковзної середньої ціни* (Weighted Moving Average – WMA) кожній з цін, які фіксуються протягом визначеного проміжку часу, надається певна “вага”, яка збільшується при наближенні до поточного моменту часу. Формула для розрахунку *зваженої ковзної середньої ціни* WMA має вигляд:

$$WMA = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot C_i, \quad (1.2)$$

де α_i – вага кожної із цін, у відносних одиницях; $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$.

Але найчастіше технічний аналіз передбачає розрахунок експонентної ковзної середньої ціни. При розрахунку *експонентної ковзної середньої ціни* (Exponentially Moving Average – EMA) також відбувається присвоєння ваг різним цінам, причому найбільша вага присвоюється останнім значенням ціни. Відмінною рисою ціни EMA від *зваженої середньої ціни* WMA є те, що вона враховує експонентну ковзну середню ціну, яка мала місце в попередньому періоді. Формула для розрахунку ціни EMA має вигляд:

$$EMA(t) = EMA_{(t-1)} + (DO \cdot [C_t - EMA_{(t-1)}]), \quad (1.3)$$

де t – індекс, який означає сьогоднішній день;
 $(t - 1)$ – індекс, який означає вчорашній день;
 $DO = 2 / (n + 1)$, де n – порядок середньої.

Розрахунок експонентної ковзної середньої ціни за своєю суттю є статичним, тому що він проводиться на основі останньої ціни і не враховує поточну динаміку цін.

Вибір конкретних видів середніх цін в процесі проведення технічного аналізу здійснюється в залежності від наявних можливостей їх розрахунку. На нашу думку, розрахунок простих середніх цін не цілком придатна для прогнозування валютних курсів, оскільки не враховує дії людського фактора.

2. Визначення межі зміни ціни.

Визначення межі зміни ціни (або так званого каналу цін Price Channel Upper – PCU) базується на чутливості ціни (або курсу відповідної валюти). *Чутливість (volatility) ціни* – це величина, що характеризує певні відхилення ціни (курсу валюти) від визначеного рівня. Чутливість можна розрахувати по-різному: як найбільший розмах коливань ціни (курсу) валюти, як середні відхилення або як середньоквадратичні відхилення ціни від її визначеного рівня. Конкретний спосіб розрахунку чутливості ціни визначається суб'єктами валютного ринку.

Для побудови каналу цін розраховують просту ковзну середню ціну MA та будують смугу навколо неї. Розрахунок верхньої та нижньої межі смуги здійснюють за формулами [11]:

$$\begin{aligned} U &= \left(1 + \frac{d}{100}\right) \cdot MA(P, n) \\ L &= \left(1 - \frac{u}{100}\right) \cdot MA(P, n), \end{aligned} \quad (1.4)$$

де U – верхня межа смуги каналу цін;
 L – нижня межа смуги каналу цін;
 d – установлений суб'єктами валютного ринку процент відхилення верхньої межі смуги ціни від простої ковзної середньої ціни;
 u – установлений суб'єктами валютного ринку процент відхилення нижньої межі смуги ціни від простої ковзної середньої ціни;
 $MA(P, n)$ – проста ковзна середня ціна.

3. Розрахунок трендового індикатора РТР.

Індикатором, який найчастіше використовується для аналізу валютного ринку, є індикатор РТР (Parabolic Time Price System) [8]. Даний індикатор був розроблений й описаний у 1976 році Уеллесом Уїлдером.

Цей індикатор являє собою лінію, що знаходиться вище або нижче лінії середньої ціни і сигналізує про те, що тренд ціни (курсу валюти) змінює своє спрямування. Головне завдання індикатора РТР – визначати, саме після якого значення ціни (курсу валюти) настає момент закриття відкритих раніше позицій купівлі-продажу валют на валютних ринках.

Ціна закриття відкритих раніше позицій купівлі-продажу валюти (або ціна закриття вчорашнього дня S_2) розраховується за формулою [8]:

$$S_2 = S_1 + AF \cdot (EP_1 - S_1), \quad (1.5)$$

де S_1 – поточна ціна закриття;

EP_1 – екстремальний рівень цін торгів за поточний день: при відкритій позиції з купівлі валюти – це верхня ціна (high) з моменту купівлі валюти; при відкритій позиції з продажу валюти – це найменша ціна (low) з моменту продажу валюти;

AF – чинник усереднення, який визначає швидкість, з якою варто рухатись в напрямку відкритої позиції ціни закриття. В перший день чинник AF , як правило, приймається 0,02. Збільшення чи зменшення стартової величини AF свідчить про підвищення або про зменшення чутливості індикатора РТР.

4. Розрахунок осциляторів.

Осцилятори – особливі типи індикаторів, які мають властивість обов'язково повертатись до своїх середніх значень, тобто повертатись до свого нормального стану [8]. Розглянемо дію найвідоміших осциляторів, що розраховуються для валютного ринку.

а) Індикатор *Momentum*.

Індикатор *Momentum* обчислюється як різниця між цінами (курсами) валюти, зафіксованими у певні моменти часу. Від'ємні та додатні значення

зображують на графіку відносно опорної нульової лінії. Формула для розрахунку індикатора Momentum має вигляд [11]:

$$M = P_1 - P_0, \quad (1.6)$$

де P – ціна закриття відкритих раніше позицій купівлі-продажу валюти;
„1” – індекс, який означає поточний день;
„0” – індекс, який визначає кількість днів від певної дати до дати, що визначає поточний день.

б) Індикатор RSI або Індекс відносної сили.

Індикатор RSI був розроблений Дж. Уїлдером (молодшим) і опублікований у 1978 році в книзі “Нові концепції в технічних торгових системах”. Необхідність створення індикатора RSI автор обґрунтував значними недоліками провідного в той час індикатора Momentum. Індикатор RSI (Індекс відносної сили) сьогодні є одним із найбільш популярних осциляторів. Формула для розрахунку індикатора RSI має вигляд [8]:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS},$$
$$RS = \frac{AU_x}{AD_x}, \quad (1.7)$$

де x – індекс, який визначає кількість днів у періоді, за який здійснюється аналіз (порядок RSI);
 AU – сума додатних змін ціни за період аналізу;
 AD – сума від’ємних змін ціни за період аналізу.

Основою для розрахунку індикатора RSI є теорія ймовірностей. Індикатор RSI показує, що ціна (курс) валюти не може зростати або падати нескінченно довго.

в) Індикатор Stochastic або так звані стохастичні лінії.

Індикатор Stochastic був розроблений Ч. Лайном багато років потому, але одержав поширення лише з появою комп’ютерної техніки. Метою індика-

тора Stochastic є дослідження цінових тенденцій з метою визначення ймовірності зміни цінової тенденції (тренда) на протилежну на основі спостереження за цінами закриття контрактів, які фіксуються в середині останньої серії підйомів та падінь цін (курсів) валют, цінних паперів тощо на торгах фондових та валютних бірж.

Індикатор Stochastic базується на припущенні, що коли ціни (курси) валют зростають, то денні ціни закриття повинні бути ближчими до максимальних, якими закінчуються останні торги. Якщо ціни (курси) валют продовжують зростати, а денні ціни закриття починають падати в межах діапазону останньої серії торгів, то це сигналізує про внутрішню слабкість ринку і його готовність змінити цінові тенденції на протилежні. Формула для обчислення індикатора Stochastic (стохастичних ліній) має вигляд [8]:

$$K = 100 \cdot \frac{C_1 - L_5}{H_5 - L_5}, \quad (1.8)$$

де C_1 – поточна ціна закриття відкритих раніше позицій купівлі-продажу валюти;

L_5 – найнижчий рівень цін за останні 5 днів;

H_5 – найвищий рівень цін за останні 5 днів.

Побудовані за формулою 1.8 стохастичні лінії називають ще *швидкими лініями*.

Описані вище осцилятори можна використовувати тільки при короткостроковому прогнозуванні валютних курсів, що є недоліком застосування цих осциляторів.

5. Використання хвильової теорії Еліота.

Хвильова теорія була висунута Ральфом Нельсоном Еліотом у монографії “Хвильовий принцип”, опублікованій у 1938 році [8]. Для математичного викладу своєї теорії Еліот використав принцип чисел Фібоначчі. На часовому проміжку в 80 років Р.Н.Еліот відмітив 8 хвиль коливань курсів валют, причому п’ять хвиль належали так званому “бичачому” тренду (тобто

тренду, що підвищується) і три хвилі – так званому “ведмежому” тренду (тобто тренду, що знижується).

Хвилі Еліота дуже добре проглядаються, якщо аналізувати зміни курсів валют, що були зафіксовані в минулому, і погано – при прогнозуванні динаміки курсів валют у майбутньому. В світі існують спеціалізовані аналітичні фінансові фірми, які роблять прогнози курсів валют, відштовхуючись від описаної вище теорії.

Необхідно відзначити також той факт, що свою теорію Р.Н.Еліот розробив на основі аналізу фондового ринку. Для валютного ринку хвилі Еліота можуть мати подвійне тлумачення. Пов'язано це з тим, що кожне з котирувань валют може бути як прямим, так і зворотним, наприклад, USD/UAN чи UAN/USD. Тому зміна курсу валюти, яка для котирування USD/UAN буде видатися “бичачою” хвилею, для котирування UAN/USD буде “ведмежою” хвилею. Це свідчить про те, що потрібно бути обережними при використанні циклічних хвиль Еліота для прогнозування стану валютного ринку.

Вчені багатьох країн *неодноразово робили спроби розробки економіко-математичних моделей прогнозування валютних курсів*. Більшість фахівців вважала, що в основі цих моделей повинна лежати теорія паритету купівельної спроможності PPP національних валют. Вхідними параметрами для побудови такої моделі повинні бути дані про обсяг грошової маси, величину валового внутрішнього продукту країни та інші. Разом з тим, прогнози валютних курсів, зроблені в 1973-1979 роках на основі цієї теорії, дали значну розбіжність прогнозних значень валютних курсів порівняно з реальними [29].

Показовим став 1979 рік, коли курси основних світових валют відносно долара США змінилися набагато більше ніж прогнозувалося. Ці розбіжності були обумовлені побоюваннями суб'єктів валютного ринку з приводу можливого зростання інфляції у США через Іранську революцію і ситуацію, що склалася в результаті захоплення американських заручників у Тегерані. Але ці події суттєво не відбилися на стані грошової маси та величині валового внутрішнього продукту США, а отже не могли бути враховані в процесі

прогнозування. В результаті, реальні зміни курсів основних світових валют до долара США значно відхилились від прогнозних значень. Наведені в таблиці 1.3 [30] прогнозні показники та реальні зміни курсів деяких світових валют відносно долара США красномовно про це свідчать.

Таблиця 1.3 – Прогнозні та дійсні зміни обмінних курсів деяких світових валют відносно долара США в 1979 році (%)

Валюта	Прогнозована зміна курсу	Дійсна зміна курсу	Помилка у прогнозі п.п.
Італійська ліра	- 49,7	- 58,8	- 9,1
Фунт стерлінгів	- 41,7	- 29,8	+ 11,9
Швейцарський франк	+37,8	+67,4	+ 29,6
Японська єна	+35,6	+28,7	- 6,9

Основними моделями прогнозування валютних курсів, які широко використовуються в світовій практиці, є:

- модель прогнозування на основі показникових та степеневих функцій;
- модель прогнозування на основі динамічних рядів;
- модель прогнозування на основі аналітичних залежностей;
- модель прогнозування на основі експертних висловлювань;
- модель прогнозування на основі паритету купівельної спроможності національних валют тощо.

Розглянемо характерні особливості цих економіко-математичних моделей прогнозування валютного курсу більше детально.

Модель прогнозування валютного курсу на основі показникових та степеневих функцій – це така модель, при якій розрахунок прогнозної величини валютного курсу V_k здійснюється за формулою [30]:

$$V_k = a_1 C_1 + a_2 C_2 + \dots + a_n C_n, \quad (1.9)$$

де C_1, C_2, \dots, C_n – чинники (параметри), що впливають на формування валютного курсу;

a_1, a_2, \dots, a_n – коефіцієнти, які характеризують зв'язок між чинниками (параметрами) та величиною валютного курсу.

Процес прогнозування валютного курсу при використанні даної моделі відбувається таким чином. Спочатку визначаються чинники (параметри), що впливають на формування валютного курсу. Для кожного чинника (параметра) роблять добірку відповідних статистичних даних за період часу, що розглядається. Потім за допомогою числових методів знаходять коефіцієнти $\{a_1, \dots, a_n\}$. Цей процес досить складний та тривалий і потребує значних витрат часу навіть із використанням найсучаснішої обчислювальної техніки.

Необхідно зазначити, що на підставі даної моделі складно визначити залежності між валютним курсом і чинниками (параметрами), що впливають на нього. Тому цей метод застосовується як допоміжний при комплексному дослідженні проблем, пов'язаних із прогнозуванням валютних курсів.

Модель прогнозування валютного курсу на основі динамічних рядів дає змогу прогнозувати валютні курси на основі статистичних даних, які віддзеркалюють розвиток явища, яке досліджується, у часі. Будь-який розглянутий ряд динаміки має два основних елементи: показник часу і відповідний йому рівень або показник розвитку явища.

При використанні цього методу чинники (параметри), що впливають на валютний курс, поділяються на *постійно діючі* і такі, що *мають визначальний вплив* на валютний курс. Саме ці чинники формують основну тенденцію (тренд) динаміки курсу валюти. Вплив інших чинників (параметрів) проявляється у вигляді короткострокових випадкових змін в окремих значеннях рядів динаміки.

Перевагою цього методу є те, що при графічному зображенні динамічного ряду є можливість візуального аналізу явища, яке досліджується. Наприклад, при розгляді динаміки зміни валютного курсу, що фіксувався на торгах Української фондової біржі за декілька років, можна виділити періодичні повторення, викликані сезонними коливаннями, а також низку випадкових

змін, викликаних разовими, але досить яскраво вираженими явищами, на які відреагував валютний ринок [15].

Основною умовою одержання правильних прогнозних результатів при використанні динамічних рядів є забезпечення порівнянності статистичних даних, що складають той чи інший ряд динаміки. Якщо цього немає, то зробити достовірний прогноз валютного курсу на основі лише динамічного ряду неможливо.

Модель прогнозування валютного курсу на основі аналітичних залежностей будується шляхом аналізу механізму формування валютного курсу під впливом певних чинників (параметрів) та складання відповідних математичних залежностей між вхідними та вихідними параметрами моделі. Вигляд формул у цьому випадку залежить від характеру взаємодії чинників, що впливають на формування валютного курсу. В основу цієї моделі покладена теорія про паритет купівельної спроможності валют. В ідеальному випадку прогнозне значення валютного курсу V_k можна розрахувати за формулою [30]:

$$V_k = \frac{\frac{M}{\text{ВВП}}}{\frac{M_3}{\text{ВВП}_3}}, \quad (1.10)$$

де M – пропозиція грошей в даній країні;

M_3 – пропозиція грошей в певній країні;

ВВП – реальний валовий внутрішній продукт (в постійних цінах) в даній країні;

ВВП₃ – реальний валовий внутрішній продукт (в постійних цінах) в певній країні.

Далі, аналізуються інші чинники, що впливають на валютний курс. З урахуванням цих чинників розраховуються відповідні корегуючі коефіцієнти (показники) Ч_i , які вносяться як додаткові складові в формулу 1.10. В результаті, узагальнена модель прогнозування валютного курсу може набрати іншого вигляду, наприклад:

$$B_k = \frac{\frac{MЧ_1 + Ч_2}{Ч_3 - \frac{ВВП}{Ч_4}}}{\frac{M_3 + Ч_5}{ВВП_3 \cdot Ч_6}}, \quad (1.11)$$

де $Ч_1, Ч_2, \dots, Ч_6$ – значення окремих чинників, що впливають на формування валютного курсу.

Таким чином, для побудови ефективної моделі прогнозування валютних курсів на основі аналітичних залежностей необхідно провести ретельний аналіз чинників, що впливають на формування валютного курсу. Як і раніше, важливу роль тут відіграє наявність статистичних даних про кількісні значення цих чинників та характер їх впливу на динаміку валютного курсу.

Теоретичне прогнозування валютних курсів на основі аналітичних залежностей може бути найточнішим, але для цього необхідно здійснити величезну аналітичну роботу з пошуку чинників та визначення їх впливу на валютний курс у різних можливих ситуаціях, урахування часових лагів між початком змін у чинниках, що впливають на валютний курс, і зміною самого валютного курсу, врахування одночасного впливу на валютний курс можливих змін декількох чинників тощо. Саме визначення характеру впливу чинників на валютний курс складає основну складність при використанні моделі прогнозування валютних курсів на основі аналітичних залежностей. Щоб визначити характер впливу цих чинників, потрібні значні обсяги статистичних даних та їх обробка, що під силу тільки спеціалізованим науковим установам або великим фінансовим корпораціям.

Модель прогнозування валютного курсу на основі експертних оцінок передбачає прогнозування курсів валют на основі якісного аналізу ситуації, що складається на валютному ринку. Використання даної моделі дає можливість знизити помилки в зроблених прогнозах, особливо в умовах відсутності певних статистичних даних. При побудові моделі прогнозування валютного

курсу на основі експертних оцінок найчастіше застосовуються методи написання сценаріїв та методи оцінювання за окремими показниками.

Методи написання сценаріїв реалізуються в такий спосіб. Спочатку розглядаються різні варіанти розвитку подій, причому для кожного із варіантів, у свою чергу, теж може бути розглянуто декілька варіантів розвитку, які також можуть породжувати нові події, і т.п., тобто будується так зване “дерево” сценаріїв. Далі, після оцінювання ймовірності виникнення кожної із подій робиться висновок про можливі тенденції зміни курсу тієї чи іншої валюти.

При використанні *методів оцінювання за окремими показниками* встановлюються кореляційні залежності між динамікою зміни окремих чинників (параметрів) і динамікою зміни валютного курсу, тобто визначається ступінь кореляції між ними. Далі, прогнозування валютного курсу ведеться на основі побудованих математичних залежностей. Цей метод досить простий у використанні, він не потребує великого обсягу обчислень. Визначення залежностей між зміною валютного курсу і зміною основних чинників, що впливають на цей курс, наприклад, зміною рівня інфляції, ставки рефінансування, сальдо торговельного балансу, величини ВВП тощо дає змогу розрахувати прогнозні зміни курсу валюти в залежності від зміни кожного із зазначених чинників. Подальше порівняння зроблених прогнозів дає підстави для вибору такого варіанта розвитку подій, який буде мати найвищу вірогідність .

Але, на жаль, достовірність цього методу зменшується в умовах нестабільної економічної ситуації. В цьому разі даний метод доцільно використовувати як допоміжний. Він також широко застосовується для отримання загального уявлення про перспективи розвитку економіки в цілому та про можливий розвиток валютного ринку [30].

Модель прогнозування валютного курсу на основі паритету купівельної спроможності будується на припущенні, що в довгостроковому періоді відбувається вирівнювання цін у двох державах на стандартні товари міжна-

родної торгівлі. Пояснюється це тим, що в умовах вільної торгівлі при підвищенні цін на певні товари в одній країні, продавці цих товарів з інших країн, щоб одержати додатковий прибуток, почнуть збільшувати експорт даних товарів в першу країну. В результаті ціни на дані товари в першій країні почнуть падати, а в країнах, які експортують ці товари, зростати. Врешті-решт ціни на товари в обох країнах зрівняються.

В результаті була висунута гіпотеза про *паритет купівельної спроможності валют*, тобто наявність певного зв'язку між відносними цінами на товари в окремих країнах та відносною вартістю (курсом) їх національних валют. Так, відносна вартість валюти $V_{\text{кв}}$ в даній країні може бути розрахована за формулою [30]:

$$V_{\text{кв}} = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_3}, \quad (1.12)$$

де Ц – рівень цін в даній країні;
 Ц_3 – рівень цін в певній країні.

Модель прогнозування валютного курсу на основі паритету купівельної спроможності є похідною від моделей, які базуються на аналітичних залежностях.

Модель прогнозування валютного курсу на основі міжнародного економічного обміну може бути побудована у відповідності до кількісної теорії попиту на гроші. Згідно цієї теорії пропозиція грошей в будь-якій країні дорівнює попиту на гроші в цій країні, який у свою чергу прямо пропорційний вартості валового внутрішнього продукту країни ВВП.

Кількісна теорія попиту на гроші визначає пропозицію грошей (M – пропозиція грошей в даній країні; M_3 – пропозиція грошей в іншій країні) таким чином [30]:

$$M = k \times \text{Ц} \times \text{ВВП}; \quad (1.13)$$

$$M_3 = k_3 \times \text{Ц}_3 \times \text{ВВП}_3, \quad (1.14)$$

де Π – рівень цін у даній країні;
 Π_3 – рівень цін в іншій країні;
 ВВП – валовий внутрішній продукт у даній країні (в нат. вир.);
 ВВП_3 – валовий внутрішній продукт у іншій країні (в нат. вир.);
 k, k_3 – коефіцієнти, які характеризують швидкість обороту грошей.

Користуючись формулами 1.13 та 1.14, можна визначити співвідношення між рівнями цін в країнах:

$$\frac{\Pi}{\Pi_3} = \frac{M}{M_3} \cdot \frac{\text{ВВП}_3}{\text{ВВП}} \cdot \frac{k_3}{k}. \quad (1.15)$$

Якщо припустити, що співвідношення k_3/k має постійний характер і дорівнює приблизно 1, то з урахуванням цього формула 1.15 буде мати такий вигляд:

$$\frac{\Pi}{\Pi_3} = \frac{M}{M_3} \cdot \frac{\text{ВВП}_3}{\text{ВВП}}. \quad (1.16)$$

Далі, об'єднавши рівняння паритету купівельної спроможності валют (формула 1.12) з рівнянням кількісної теорії грошей (1.16), одержимо рівняння залежності валютного курсу V_k від величини грошової маси і обсягу валового внутрішнього продукту – ВВП:

$$V_k = \frac{M}{M_3} \cdot \frac{\text{ВВП}_3}{\text{ВВП}}. \quad (1.17)$$

Якщо в рівнянні (1.17) до грошової маси M додати величину чистого експорту капіталу, а валовий внутрішній продукт країни ВВП представити у вигляді його складових, то модель прогнозування валютного курсу V_k на основі міжнародного економічного обміну буде мати вигляд [30]:

$$V_k = \frac{M + \text{Ч}^k}{M_3 + \text{Ч}_3^k} \cdot \frac{B_3^c + I_3^H + \text{Ч}_3^c}{B^c + I^H + \text{Ч}^c}, \quad (1.18)$$

де $Ч^k, Ч_3^k$ – чистий експорт капіталів у розглянутих країнах;
 $В^c, В_3^c$ – витрати на споживання в розглянутих країнах;
 $І^H, І_3^H$ – обсяги інвестицій у розглянутих країнах;
 $Ч^c, Ч_3^c$ – чистий експорт товарів у розглянутих країнах.

Дана модель прогнозування валютного курсу дає більш чітке уявлення про механізм формування валютного курсу в будь-якій країні та визначає важелі впливу на цей курс з боку держави.

Підсумовуючи вищесказане, можна сформулювати основні положення, які потрібно враховувати при побудові економіко-математичних моделей прогнозування валютного курсу:

- стан національної валюти відбиває стан всієї національної економіки та процесів, що у ній відбуваються;
- на курс національної валюти країни тією чи іншою мірою впливають всі зміни, які відбуваються в даній країні й у світі. В моделях прогнозування валютного курсу враховується лише декілька основних чинників. Тому при значних змінах чинників, вплив яких на курс валюти спочатку був визначений як невеликий або просто не враховувався, прогнозні значення валютних курсів можуть мати значні відхилення від реальних значень;
- при прогнозуванні валютного курсу практично завжди використовуються статистичні дані, які можуть відрізнитися від реальних даних на момент складання прогнозу. Це також збільшує ймовірність помилок при прогнозуванні валютних курсів;
- нестабільність економічної ситуації в країні створює нерівномірність у попиті і пропозиції національної валюти протягом року, тому прогнози, які базуються на показниках, узагальнених за рік, можуть значно відрізнитися від реальності. Тому при прогнозуванні валютних курсів потрібно враховувати причини, які викликають нерівномірність попиту та пропозиції національної валюти протягом року, а також поведінку учасни-

ків валютного ринку у випадках значних коливань попиту і пропозиції на валюту;

- важливою проблемою є визначення так званих „лагів” – проміжків часу між початком зміни чинників, що впливають на курс національної валюти, та початком зміни курсу цієї валюти. Наприклад, між моментом наданням державі іноземних кредитів для підтримки стабільності курсу національної валюти та впливом цих кредитів на валютний курс простежується часовий проміжок у середньому в декілька місяців. Без урахування цих обставин помилки у прогнозуванні зростатимуть.

При цьому не слід забувати, що цінність зроблених на макрорівні прогнозів цілковито залежить від правильності вибору вхідних змінних (параметрів), що використовуються в моделях, а також їх достовірності. Вхідні змінні (параметри), які використовуються в економіко-математичних моделях, поділяються на *екзогенні* (зовнішні) та *ендогенні* (внутрішні). Наприклад, екзогенною змінною в моделі для прогнозування валютного ринку може бути індекс Dow Jones, який характеризує ділову активність на Нью-Йоркській фондовій біржі; а ендогенною змінною – рівень інфляції в Україні.

Важливим також є дотримання принципу, за яким ймовірність помилок буде тим меншою, чим зрозумілішими будуть екзогенні та ендогенні вхідні змінні (параметри). Тому при прогнозуванні валютного курсу доцільно використовувати такі вхідні змінні (параметри) як індекси цін, швидкість обороту грошей, рівень процентних та депозитних ставок, рівень дефіциту державного бюджету, обсяг випуску облігацій, обсяг зовнішніх прямих інвестицій та інші показники, які можна виміряти з достатньою точністю та достовірністю [31, 32, 33, 34, 35, 36]. Детальніше про це буде сказано в наступних розділах монографії.

В контексті вищесказаного доцільно зупинитись на співвідношенні понять “прогнозування” та “планування”. Якщо прогноз – це уявлення про майбутній стан об’єкта, то план – це система заходів, забезпечених відповід-

ними матеріальними, трудовими та фінансовими ресурсами, які спрямовані на досягнення або відхилення прогнозних результатів.

Економічне прогнозування слід розглядати як необхідний і важливий науково-аналітичний етап загального процесу планування. Воно спрямоване *не тільки на розробку конкретних планових заходів*, а на обґрунтування тенденцій розвитку соціально-економічних процесів, визначення проблем, які необхідно вирішити в майбутньому. Прогноз дає змогу на основі аналізу вхідних даних і передбачення очікуваних тенденцій розвитку окреслити контури й можливі результати економічного розвитку того чи іншого об'єкта в плановому періоді.

Макроекономічне прогнозування економічних показників і процесів, в тому числі й прогнозування валютних курсів, є складною задачею. Макроекономічних моделей, які б дозволяли здійснювати достовірне макроекономічне прогнозування розвитку економіки та курсу національної валюти, поки що немає. Тому їх розробка є актуальною та важливою задачею.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ КУРСУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ВАЛЮТИ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

2.1. Теорія нечіткої логіки та її застосування для прогнозування валютних курсів

Дослідження в галузі проектування систем прогнозування економічних показників і процесів показали, що невизначеність при прийнятті управлінських рішень, яка властива більшості економічних ситуацій, має загальну природу, і подолання цієї невизначеності є край необхідним. На думку фахівців це можна зробити двома основними шляхами [8].

Перший шлях – врахування всіх можливих чинників, що впливають на поведінку об'єкта прогнозування. На жаль, через специфіку складних об'єктів це є спроба “осягнути неосяжне”. Якщо і можна побудувати таку модель, використовуючи традиційні методи, то вона буде громіздкою і непридатною для практичного використання, що пов'язано як з функціональними, так і з економічними аспектами.

Другий шлях – спрощення моделі в рамках традиційних методів, що неминуче призведе до неадекватності прийнятих рішень внаслідок недостатньо повного врахування невизначеності.

Таким чином можна зробити висновок, що побудова економіко-математичних моделей, придатних для прогнозування складних економічних процесів на основі використання традиційних методів формалізації вхідних даних, практично неможлива.

Альтернативним способом моделювання роботи складних економічних систем може виступити запровадження *нечіткості* при описі вхідних та вихідних даних (параметрів), що входять до моделі прогнозування. Цей висновок ґрунтується на *принципі несумісності*. Суть цього принципу полягає в тому, що зі зростанням складності економічних процесів наша здатність робити точні і змістовні твердження про їх поведінку падає до такої межі, за якою такі характеристики як „точність” і „змістовність” стають взаємови-

ключними. Тому абсолютно точний кількісний опис та аналіз складних об'єктів прогнозування не є ефективним для розв'язування більшості економічних задач, особливо на макрорівні.

При розробці моделей прогнозування економічних показників і процесів потрібно усвідомити, що ключовими елементами для аналізу й моделювання повинні стати не конкретні числа (чинники, параметри), а *певні нечіткі множини*. Справді, логіка міркувань людини зазвичай не є двозначною чи багатозначною числовою логікою. Це – *логіка з нечіткими істинами, нечіткими відносинами і правилами*. Саме нечітка логіка є найважливішою особливістю людського мислення, саме нечітка логіка характеризує здатність людини узагальнювати інформацію та виділяти головні її особливості, необхідні для прийняття відповідних управлінських рішень.

Здатність людського мислення до нечітких висловлювань дозволяє швидко приймати конкретні та ефективні рішення в найрізноманітніших ситуаціях. Не врахування цього фактора при створенні економіко-математичних моделей прогнозування валютних курсів в минулому багато в чому й обумовило недоліки сучасних технологій і систем прийняття економічних рішень та їх підтримки.

На наш погляд, необхідною умовою побудови ефективних моделей прогнозування валютних курсів є всебічне врахування невизначеностей при формалізації й обробці як вхідної, так і вихідної інформації. Врахування невизначеностей безпосередньо залежить від вибору математичного апарату, який буде використовуватись при побудові відповідних економіко-математичних моделей.

На сьогоднішній день для формалізації вхідної та вихідної інформації можуть бути використані [8]: багатозначна логіка, теорія ймовірностей, теорія помилок, теорія інтервальних середніх, теорія суб'єктивних ймовірностей, теорія нечітких множин (теорія нечіткої логіки) та інші.

Порівняння зазначених математичних теорій з погляду можливості їх застосування для формалізації вхідної інформації в економіко-математичних моделях прогнозування валютного курсу, наведено в таблиці 2.1 [8]:

Таблиця 2.1 – Порівняльний аналіз математичного апарату, який використовується для формалізації інформації в економіко-математичних моделях

Характеристика, що враховується	Підходи до врахування факторів невизначеності					
	багатозначна логіка	теорія ймовірностей	теорія помилки	теорія інтерва- льних середніх	теорія суб'єктивних ймовірностей	теорія нечіткої логіки
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
1. Врахування фізичної числової невизначеності	-	+	+	+	+	+
2. Врахування фізичної нечислової невизначеності	+	+	-	+	+	+
3. Врахування нечислової лінгвістичної невизначеності	+	-	-	-	+	+
4. Залежність помилки кінцевого результату від точності вхідних даних	не припускає	дуже сильно зростає		зростає		не перевершує
5. Можливість врахування семантичної модальності інформації	+	+	-	-	+	+
6. Можливість врахування рівня (кількісної оцінки) невизначеності	-	+	-	-	+	+
7. Врахування кваліфікації експертів (більш ніж, значно, дуже і т.д.)	+	-	-	-	-	+
8. Можливість врахування протиріччя між точністю і невизначеністю	+	-	-	+	+	+
9. Ефективність формалізації повного незнання	+	-	+	+	+	+
10. Відсутність вимоги твердого завдання повного переліку подій	+	-	+	+	-	+
11. Можливість ефективного врахування взаємного впливу невизначеностей при обробці інформації	+	-	-	-	-	+
12. Можливість одночасного одержання песимістичних та оптимістичних оцінок і рівень довіри до них	-	+	-	+	+	+

Продовження таблиці 2.1

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
13. Єдиний підхід до представлення точних, невизначених, неповних, нечітких значень параметрів	-	-	-	-	-	+
14. Можливість реалізації алгоритмів обробки інформації	+	+	+	+	+	+
15. Можливість роботи професійною мовою користувача	+	-	-	-	-	+
16. Простота отримання експертних висновків (висловлювань)	+	-	+	+	-	+
17. Можливість роботи з невизначеною інформацією, яка базується на малих статистичних вибірках	+	-	+	+	-	+
18. Наочність одержаних результатів для розрахунку й оцінювання ризиків	-	-	-	-	-	+

Аналіз даних таблиці 2.1 показує, що однією з ефективних математичних теорій формалізації й обробки невизначеної інформації є *теорія нечіткої логіки*.

Ця теорія дозволяє з єдиних позицій розглянути різні види невизначеностей, об'єднати кращі досягнення й позитивні властивості інших теорій та одержати новий, більш високий результат.

Теорія нечіткої логіки (або нечітка технологія, або теорія нечітких множин) – це сукупність теоретичних основ, методів, алгоритмів, процедур і програмних засобів, які базуються на використанні нечітких висновків (знань, висловлювань, думок) і оцінок експертів з тих чи інших питань [8].

Використання нечіткої логіки ефективно там, де немає можливості чітко формалізувати вхідні змінні (параметри), де переважають висновки (висловлювання) експертів, зроблені в лінгвістичній (вербальній) формі. Наприклад, числові значення курсів валют можуть бути представлені неточно, описово. Так, курс гривні України до долара США може бути визначений так: “близько 5”, “від 5 до 6”, „можже бути і 8”; обсяг грошової маси в обігу „зросте в червні місяці до 70-80 млрд. гривень, потім стійко протримається до осені, після чого повільно падатиме до 60-65 млрд. гривень” тощо. Для можливості подання такого роду інформації у вигляді вхідних змінних (парамет-

рів) моделі визначається частка впевненості в істинності того чи іншого висловлювання. Нечіткий висновок у цьому випадку може бути визначений словесно (наприклад, словами „більше”, „значно більше”, „менше” тощо) або графічно у вигляді певної функції у двовимірній системі.

В результаті, висновок, який має для експерта конкретний зміст, в теорії нечітких множин вже не має єдиного значення (чого вимагає традиційна математика), а може відобразитися набором значень, кожне з яких має свою частку впевненості. При цьому частка впевненості віддзеркалює вплив і силу дії того чи іншого фактора. Трактування нечітких висновків (висловлювань) здійснюється в кожному конкретному випадку окремо і залежить від сутності цих висновків (висловлювань), а також від чинників, які впливають на суть цих висновків (висловлювань).

Нечіткі висновки (або нечіткі числа), одержані в результаті “не цілком точних вимірів”, багато в чому аналогічні відповідним розподілам теорії ймовірностей, але вільні від недоліків, характерних для цієї теорії. Так, якщо для теорії ймовірностей характерними є мала кількість придатних для аналізу функцій розподілу; необхідність примусової нормалізації цих функцій; дотримання вимог *адитивності* (тобто незалежності факторів впливу); важкість обґрунтування адекватності математичних рівнянь, які пропонуються для опису поведінки економічних процесів, тощо, то для теорії нечітких множин ці положення не є визначальними. Нечіткі методи подання лінгвістичних висловлювань (висновків) дозволяють значно скоротити обсяг обчислень, що, у свою чергу, приводить до збільшення швидкості дії нечітких логічних систем [37]. Окрім того, при зростанні точності нечітких чисел нечітка логіка наближається до стандартної, Булевої.

Тому при побудові моделі прогнозування валютного курсу нами пропонується використовувати теорію нечіткої логіки. Основними перевагами використання нечіткої логіки при прогнозуванні економічних показників і процесів є [29]:

- можливість оперувати вхідними даними (параметрами), заданими нечітко, тобто значеннями, що безперервно змінюються в часі (динамічні задачі), та значеннями, які неможливо задати однозначно (наприклад, результати соціологічних опитувань і т.п.);
- можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки результатів за допомогою слів “більшість”, “можливо”, “переважно” і т.п.;
- можливість проведення якісного оцінювання як вхідних чинників (параметрів), так і вихідних результатів (параметрів);
- можливість моделювання складних економічних процесів із заданим ступенем точності та за короткі проміжки часу. Оперуючи моделями, описаними нечіткими рівняннями, по-перше, не потрібно багато часу на з'ясування точних значень змінних, що входять до цих рівнянь, а по-друге, виникає можливість аналізувати та оцінювати різні варіанти вихідних результатів (параметрів).

Оскільки основні економічні показники, за допомогою яких здійснюється аналіз валютного ринку, можна поділити на дві групи, а саме: на показники, що визначають *кількісні* параметри валютного ринку, та показники, за допомогою яких відображаються *якісні* характеристики цього ринку, то при моделюванні стану валютного ринку дуже важливим є поєднання показників цих обох груп. В іншому разі розроблені моделі не будуть адекватно віддзеркалювати економічні процеси, що відбуваються на валютних ринках [31].

Тому при побудові моделі прогнозування курсу національної валюти пропонується об'єднати як статистичні, так і експертні методи прогнозування, що є можливим при використанні теорії нечіткої логіки [29, 38]. В результаті створюється новий метод прогнозування курсу національної валюти, наведений на рисунку 2.1. Цей метод прогнозування валютного курсу дозволяє оперувати як кількісними економічними чинниками (параметрами), так і якісними параметрами (наприклад, лінгвістичними висловлюваннями експертів), що можна вважати новою розробкою в даній галузі знань.



Рисунок 2.1 – Методи прогнозування валютного курсу на основі теорії нечіткої логіки

В даний час розробками в сфері прогнозування валютних курсів на основі нечіткої логіки займаються, в основному, найбільш впливові фінансові групи. Однією з провідних фірм на теренах СНД у цій сфері є “Тора-Центр” в Росії [39]. У Японії цей напрямок переживає справжній бум. Тут функціонує спеціально створена лабораторія Laboratory for International Fuzzy Engineering Research (LIFE), яка об’єднує 48 компаній, у тому числі Hitachi, Mitsubishi, NEC, Sharp, Sony, Honda, Mazda, Toyota. З закордонних (не японських) учасників LIFE можна виділити компанії IBM, Fuji, Херох. Інтерес до діяльності LIFE виявляє також NASA [40].

Завдяки своїм перевагам нечітка логіка та програмні системи на її основі з успіхом обслуговують великий бізнес. Одна із перших моделей прогнозування на основі нечіткої логіки була розроблена в Fuji Bank для вирішення складної фінансової задачі – забезпечення підвищення ефективності біржових операцій банку на ринку цінних паперів у режимі “on-line”. В результаті, протягом першого року використання цієї моделі банк зміг отримувати додатковий дохід в середньому 770000 доларів США на місяць. Нечітка експертна система, що керує грою “електронного трейдера” Fuji Bank, складається з 200 правил, 50 із яких узяті безпосередньо з класичного підручника Murphy з фінансового аналізу [40].

Разом з тим, описів моделей прогнозування валютних курсів, побудованих на основі теорії нечіткої логіки, в періодичних і наукових виданнях немає, оскільки всі вони є комерційною таємницею [41, 42].

В результаті можна зробити висновок, що для розв'язання задачі прогнозування валютного курсу за допомогою економіко-математичних моделей при відсутності надійних аналітичних залежностей між вхідними та вихідними змінними (параметрами), використання математичного апарату теорії нечіткої логіки [43, 44] є доцільним та ефективним. Цей апарат дозволяє формалізувати причинно-наслідкові зв'язки між вихідними змінними (параметрами), які необхідно спрогнозувати, та вхідними змінними (параметрами), що впливають на них [45]. Застосування теорії нечіткої логіки (нечітких множин) дозволяє описати ці зв'язки зрозумілою людською мовою, звільняючи дослідження від трудомістких процедур збирання та обробки великих масивів економічної інформації [44].

Причинно-наслідкові зв'язки між вхідними та вихідними змінними (параметрами) при побудові моделей на основі теорії нечіткої логіки визначаються за допомогою спеціалістів (експертів) у даній галузі знань і складають базу знань моделі прогнозування. На основі створеної таким чином бази знань і пропонується здійснювати моделювання та прогнозування курсу національної валюти України.

При розробці макроекономічних моделей, побудованих на базі теорії нечіткої логіки (нечітких множин), використовуються такі поняття та визначення [46, 47]:

1. *Універсальна множина.* Універсальна множина U – це повна множина, яка охоплює всю галузь знань, яка досліджується.

2. *Нечітка множина.* Нечіткою множиною F на універсальній множині U називається сукупність пар $\{ \mu_F(u), u \}$, де $\mu_F(u)$ – функція належності елемента $u \in U$ до нечіткої множини F .

3. *Функція належності.* Функція належності $\mu_F(u)$ відображає ступінь належності кожного елемента універсальної множини до нечіткої множини F . Функція належності набуває значень від 0 до 1. Чим вище ступінь належності, тим більшою мірою елемент універсальної множини відповідає властивостям нечіткої множини.

Якщо універсальна множина складається з кінцевого числа елементів $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, тоді нечітка множина F записується у вигляді:

$$F = \sum_{i=1}^n \mu_A(u_i) / u_i. \quad (2.1)$$

Якщо універсальна множина складається з нескінченного числа елементів U , тоді нечітка множина F записується у вигляді:

$$F = \int_U \mu_A(u) / u. \quad (2.2)$$

4. *Лінгвістична змінна.* Лінгвістичною змінною називається така змінна, значеннями якої є слова та словосполучення, записані людською або штучною мовою.

5. *Терм-множина.* Терм-множиною називається множина усіх можливих значень лінгвістичної змінної.

6. *Терм.* Термом називається елемент терм-множини. В теорії нечітких множин терм задається функцією належності.

Основні операції (правила) теорії нечітких множин, які використовуються для моделювання, визначаються так:

а). *Операція доповнення множин:*

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^n (1 - \mu_F(u_i)) / u_i; \quad (2.3)$$

$$\mu_{\bar{F}}(u) = 1 - \mu_F(u). \quad (2.4)$$

б). *Операція об'єднання множин:*

$$F \cup G = \sum_{i=1}^n \{\mu_F(u_i) \cup \mu_G(u_i)\}, \quad (2.5)$$

$$\mu_{F \cup G}(u) = \mu_F(u) \cup \mu_G(u), \quad (2.6)$$

де \cup – знак оператора “взяття максимуму”.

в). Операція перерізу множин:

$$F \cap G = \sum_{i=1}^n \{\mu_F(u_i) \cap \mu_G(u_i)\}, \quad (2.7)$$

$$\mu_{F \cap G}(u) = \mu_F(u) \cap \mu_G(u), \quad (2.8)$$

де \cap – знак оператора “взяття мінімуму”.

За допомогою цих операцій (правил) записуються нечіткі логічні рівняння. Операції “взяття мінімуму” і “взяття максимуму” відповідають операціям логічного “і” і логічного “або” в чіткій логіці.

Маючи інформацію про причинно-наслідковий зв'язок між двома параметрами (наприклад, “якщо R , то G ”), що використовують нечіткі множини $R \subset U$, $G \subset V$, можна зробити нечіткий логічний висновок “ $R \rightarrow G$, $R' \rightarrow G'$ ”. Це означає, якщо з факту R виходить факт G , то з факту R' буде виходити факт G' , де R , G , R' , G' – нечіткі множини [48]. Дана операція є операцією складання бази знань.

За допомогою нечіткої бази знань можна здійснити апроксимацію залежності $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, яка називається “нечіткий логічний висновок”. Для того, щоб виконати операцію нечіткого логічного висновку, необхідно знати нечітке співвідношення між множинами.

Нечітке співвідношення між множинами $R \subset G$ і $G \subset V$, які задані на універсальних множинах $W = \{w_1, w_2, \dots, w_l\}$ і $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, визначається матрицею, яка має вигляд:

$$Y = R \times G = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \{\mu_R(w_i) \cap \mu_G(v_j)\}. \quad (2.9)$$

В матриці, яку ми отримали, елемент, що стоїть на перетині i -го рядку та j -ої колонки, визначається як:

$$\mu_Y(w_i, v_j) = \mu_R(w_i) \cap \mu_G(v_j). \quad (2.10)$$

Для розрахунку нечіткого логічного висновку G' використовуємо формулу:

$$G' = R' \circ Y = R' \circ (R \times G), \quad (2.11)$$

де \circ – операція “min-max композиції”.

Підставивши в формулу (2.11) вираз (2.9), отримаємо формулу для формулювання (розрахунку) нечіткого логічного висловлювання (висновку):

$$G' = \sum_{j=1}^m \cup w_i \subset W \{ \mu_R(w_i) \cap \mu_Y(w_i, v_i) \}. \quad (2.12)$$

Виходячи з досвіду застосування математичного апарату нечіткої логіки для вирішення задач медичної діагностики [49], біоконверсії [50] та для вирішення інших задач [51, 52, 53], побудову моделі прогнозування валютного курсу на основі нечіткої логіки доцільно здійснювати на основі таких [54] принципів:

1. *Принцип лінгвістичності змінних моделі.* У відповідності до цього принципу певні входні та вихідні змінні (параметри) моделі, що розробляється, розглядаються як лінгвістичні, якісні змінні (параметри). Прикладом таких лінгвістичних, якісних змінних (параметрів) може бути, наприклад, стан сільського господарства України (негативний, нормальний, позитивний), політика Національного Банку України (жорстка, змішана, вільна) тощо.

При цьому змінні (параметри), що розглядаються, можуть мати і конкретні числові значення. Але для прогнозування валютних курсів особливе значення мають саме лінгвістичні змінні (параметри). Це пов'язано з тим, що такі змінні (параметри) більш зрозумілі для спеціалістів – експертів в даній

галузі, на висловлюваннях (висновках, знаннях, думках) яких і буде будуватися модель прогнозування валютного курсу [55].

2. *Принцип лінгвістичності висловлювань (висновків)* при прийнятті конкретних рішень. Згідно з цим принципом причинно-наслідкові зв'язки між вхідними та вихідними змінними (параметрами) моделі описуються людською мовою, а потім формалізуються у вигляді сукупності нечітких логічних висловлювань (висновків) типу: “ЯКЩО-ТО”, “ІНАКШЕ” тощо.

Сукупність таких висловлювань можна розглядати як набір точок у просторі “вхідні змінні (параметри) – вихідний параметр” [56]. По цих точках з використанням нечіткого логічного висловлювання (висновку) будується „поверхня”, яка дає можливість оцінювати значення вихідного параметра (змінної) навіть при відсутності в базі знань інформації про певні вхідні змінні (параметри).

3. *Принцип ієрархічності лінгвістичних висловлювань (висновків)* [48]. Застосування цього принципу передбачає класифікацію вхідних змінних (параметрів) моделі та побудову так званого “дерева виведення”, яке являє собою систему вкладених одне в одне висловлювань (висновків, знань) експертів „меншої розмірності” [57]. Це дозволяє уникнути труднощів, пов'язаних з аналізом та формалізацією великої кількості вхідних змінних (параметрів). Дотримання цього принципу дозволяє враховувати практично необмежену кількість вхідних змінних (параметрів), що впливають на формування валютного курсу [58].

Таким чином, побудова моделі прогнозування валютного курсу на основі використання теорії нечіткої логіки зводиться до таких етапів:

1. Визначення чітких та нечітких вхідних змінних (параметрів) моделі або отримання лінгвістичних висловлювань (висновків) експертів.
2. Побудова дерева виведення.
3. Визначення межі зміни вхідних змінних (параметрів).
4. Оцінювання лінгвістичних висловлювань експертів, які приймаються за вхідні змінні (параметри) моделі.

5. Створення бази знань.
6. Формалізація бази знань у вигляді нечітких логічних висловлювань (висновків).
7. Побудова системи нечітких логічних рівнянь.
8. Вибір методу побудови функцій належності, які забезпечать подання кількісних і якісних змінних (параметрів) у вигляді нечітких множин для лінгвістичних термів, що входять до бази знань [59, 60].

Суттєвим моментом при побудові макроекономічних моделей прогнозування валютного курсу та їх подальшого використання є здійснення *налагодження* моделей. Для налагодження моделей можуть використовуватись:

- *класичні методи*, наприклад, знаходження мінімуму за методом найменших квадратів;
- *генетичні алгоритми* ГА оптимізації;
- *інші методи*, характеристики яких наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи налагодження економіко-математичних моделей

Методи налагодження	Особливості застосування
Метод “оберненого розповсюдження похибки” (нейронечітке налагодження)	Складність обчислень не залежить від кількості вхідних змінних. Необхідність великої кількості ітерацій, що різко зростає із збільшенням навчальної вибірки, вхідних змінних та термів. Може використовуватись при кількості змінних більше п’яти
Генетичні алгоритми оптимізації	Не мають значних математичних вимог до вигляду цільових функцій і обмежень. Дозволяють швидко знаходити глобальний оптимум на відміну від класичних крокових методик, які дозволяють знаходити глобальний оптимум тільки в тому випадку, коли функція має „властивість опуклості” [61]. Труднощі використання полягають у тому, що для великої кількості вхідних змінних різко зростає складність обчислення функцій відповідності

Аналіз даних таблиці 2.2 дозволяє стверджувати, що для оптимізації моделей, побудованих на основі теорії нечіткої логіки, найбільше підходить метод генетичного алгоритму [62, 63].

Генетичні алгоритми були розроблені на основі спостереження процесів, які постійно відбуваються в природі. Основними з них є генетичні алгоритми Голанда (Holland) [64], теорія випадкового пошуку Растрігіна Л.А. [65, 66], еволюційне моделювання Букатової І.Л. та інші.

Генетичні алгоритми – це аналітичні технології, створені й вивірені самою природою за мільйони років її існування. Вони дозволяють вирішувати задачі прогнозування, створення класифікацій, пошуку оптимальних варіантів рішення задач. Генетичні алгоритми незамінні в тих випадках, коли рішення задач базується на інтуїції або досвіді експертів, що в значній мірі властиво економічним явищам та процесам [67, 62].

Генетичні алгоритми представляють собою узагальнені методи пошуку оптимального рішення у випадку, коли цей пошук одночасно ведеться в декількох напрямках. Застосування генетичних алгоритмів приводить до суттєвого зменшення часу пошуку оптимального рішення [62]. Можливим застосуванням генетичних алгоритмів є налагодження моделей, які вирішують задачі складання різних розкладів, прогнозування економічних процесів, проектування складних систем, складання маршрутів руху транспорту, забезпечення оптимального розташування обладнання тощо.

Генетичний алгоритм являє собою одну із методик, яка нагадує природний відбір та розмноження [68]. На відміну від існуючих методик генетичний алгоритм починає роботу з певного випадкового набору початкових рішень, який носить назву *популяції*. Кожен елемент популяції називається *хромосомою* і є певним рішенням поставленої задачі в першому наближенні. Хромосома зображується у вигляді ряду символів певної природи, наприклад, у вигляді бінарних символів.

Генетичний алгоритм за своєю суттю є *ітераційним*. Кожна ітерація носить назву *покоління* або *генерації*. Шляхом здійснення певної кількості

ітерацій відбувається еволюція хромосом. В ході кожної наступної ітерації хромосоми оцінюються за допомогою певної міри відповідності або так званої *функції відповідності* (англ. fitness function).

Створення кожного наступного генетичного алгоритму або наступної популяції передбачає постійну появу нових хромосом або так званих *нащадків*, які утворюються або шляхом схрещування (англ. crossover) двох “хромосом-батьків”, взятих з поточної популяції, або шляхом випадкової зміни (мутації) інших хромосом (або так званих *генів*).

Для формування нової популяції застосовується відбір відповідних “батьків” та “нащадків” згідно з функцією відповідності й видалення решти хромосом з метою збереження стабільним розміру популяції. Хромосоми з більшим значенням функції відповідності мають більше шансів бути вибраними. Після виконання певної кількості ітерацій генетичний алгоритм наближується до хромосоми, котра являє собою або оптимальне, або близьке до оптимального (субоптимальне) рішення.

Позначимо через $P(t)$ набір “батьківських” хромосом, а через $C(t)$ – набір “хромосом-нащадків” з поточної генерації t . Тоді загальну структуру генетичного алгоритму можна описати так, як це показано на рис. 2.2 [62]:

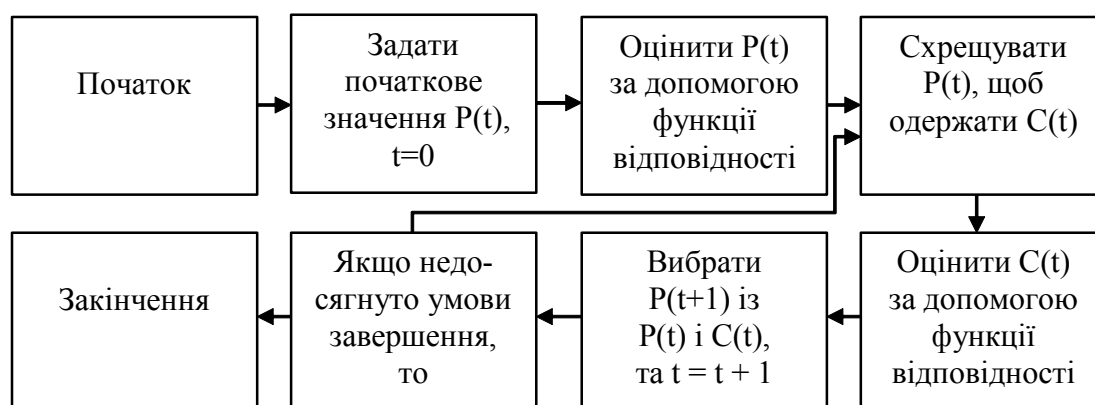


Рисунок 2.2 – Структура генетичного алгоритму

Таким чином, при побудові генетичного алгоритму ГА використовуються два основні види операцій:

- 1) генетичні операції „схрещування” і „мутація”;
- 2) еволюційна операція „відбір”.

Суттєвим моментом при побудові економіко-математичної моделі прогнозування валютного курсу є необхідність забезпечення високої вірогідності зроблених прогнозів. Оцінка вірогідності й точності зробленого прогнозу означається таким терміном як *верифікація*.

Верифікація – це сукупність критеріїв, способів і процедур, які дозволяють оцінювати якість зробленого прогнозу. Верифікація базується на твердженні, що немає єдиного загальноприйнятого комплексного критерію, за допомогою якого можна оцінити якість прогнозу. Тому верифікація прогнозу означає оцінку якості прогнозу на основі його всебічного аналізу.

Якість прогнозу – це сукупність таких характеристик прогнозу, які дозволяють зробити його корисним у керуванні, забезпечують одержання достовірного опису поведінки об'єкта у визначеній перспективі та можливість використання прогнозних результатів для здійснення керування тими чи іншими економічними показниками і процесами.

Слід зазначити, що відомі на сьогоднішній день методи верифікації більшою мірою спрямовані на оцінювання методу прогнозування, з використанням якого був отриманий той чи інший прогноз, ніж на оцінку якості отриманого прогнозного результату. *Загальноприйнятим є твердження, що збіг прогнозних результатів з фактичними свідчить про високу якість зробленого прогнозу.*

На нашу думку, справа тут дещо складніша. Збіг прогнозних результатів з фактичними тільки при певних умовах говорить про високу якість зробленого прогнозу. Прогнозування тих чи інших економічних показників – це не гадання, якими будуть ці показники в майбутньому. *Особливістю прогнозування економічних показників є те, що критерієм якості прогнозу часто є не його достовірність, а корисність для прийняття відповідних управлінських рішень. Інформація прогнозу має цінність тільки в тому випадку, коли, базуючись на результатах прогнозу, які є для нас неприйнятними за*

певних існуючих умов, приймаються такі рішення, які унеможливають (нівелюють) ці негативні наслідки.

Особливо це важливо при прогнозуванні курсів валют. Якщо результати прогнозу свідчать, що за існуючих економічних обставин курс валюти в майбутньому може змінитись в несприятливий для нас бік, то держава, в особі Національного банку, може заздалегідь здійснити такі превентивні заходи, які б випередили ці зміни або повністю їх знівелювали. Тобто результати прогнозу валютного курсу можуть спричинити здійснення певних заходів активного впливу на цей курс з метою корегування прогнозних результатів в сприятливий для нас бік.

Таким чином, головне призначення прогнозування валютного курсу як однієї із специфічних форм діяльності людини полягає в аналізі та виявленні основних закономірностей і тенденцій зміни валютного курсу, розробці довгострокової економічної політики в сфері регулювання валютних ринків та прийнятті управлінських рішень, спрямованих на реалізацію визначеної політики.

Результати прогнозування валютних курсів вкрай потрібні уряду країни, суб'єктам підприємницької діяльності, населенню тощо. Ці прогнози необхідні для планування обсягів валового національного продукту, визначення величини процентних ставок, цін, розрахунку інших макроекономічних показників тощо. Ці прогнози є важливими для планування обсягів імпорту і експорту продукції, розробки митної політики тощо.

Побудова економіко-математичних моделей прогнозування валютного курсу на основі теорії нечіткої логіки, на наш погляд, значно підвищить якість зроблених прогнозів.

2.2. Класифікація та аналіз факторів, які впливають на формування курсу національної валюти України

Валютні курси розвинених країн формуються на світовому ринку в залежності від співвідношення попиту і пропозиції на ці валюти. В свою чер-

гу, співвідношення попиту і пропозиції залежить від значної кількості факторів, які потрібно вивчати та систематизувати. Проблема вивчення факторів, які впливають на валютний курс, підсилюється ще й тому, що при побудові економіко-математичних моделей прогнозування валютного курсу потрібно знати фактори, які найбільше впливають на значення та динаміку валютного курсу.

Існує низка класифікацій факторів, які впливають на курс національної валюти країни.

Так, за *часовим критерієм* ці фактори можна поділити на 3 групи: *довгострокові, середньострокові та короткострокові*. Економічною основою формування валютних курсів при цьому виступають довгострокові фактори.

За *характером впливу* на формування валютного курсу фактори можна поділити на *формувальні, регулювальні, кризові* (кризові – це фактори, що виникають при виведенні економічної системи зі стану динамічної рівноваги), *політичні та психологічні*. Більш детальна класифікація факторів, що впливають на формування курсів валют, наведена у таблиці 2.3 [69, 70].

За *сутністю* всі фактори впливу на формування валютного курсу можуть бути представлені багатьма економічними показниками, серед яких можна виділити такі як рівень емісії цінних паперів приватними підприємствами (насамперед, корпораціями); рівень емісії цінних паперів державними установами; грошові агрегати M0, M1, M2 та M2; проценти, які виплачуються за державними облігаціями; середньозважена ціна всіх акцій; індекси розвитку базових галузей народного господарства; обсяги наданих кредитів з боку міжнародних організацій; прямі інвестиції в енергетичну, вугледобувну, машинобудівну та інші галузі; рівень безробіття, виражений у процентах до чисельності працездатного прошарку населення або в абсолютному вимірі; місце та роль країни у світовій торгівлі та вивозі капіталу, інші фактори.

Примітка. Грошовий агрегат M0 означає готівку, тобто гроші поза банками. Грошовий агрегат M1 – це грошова маса у вузькому розумінні. До нього належать найліквідніші форми грошей – готівкові гроші (банкноти та

монети) та банківські вклади до запитання. До складу грошового агрегату M2 входять грошові форми агрегату M1, а також строкові та заощаджувальні вклади в комерційних банках. Ці грошові активи можна легко, без фінансового ризику перевести в готівкові гроші. Грошовий агрегат M3 охоплює грошові форми агрегату M2, а також депозитні сертифікати, ощадні вклади в спеціалізованих кредитних установах та деякі інші види фінансових активів. За характером – це довгострокові активи, зокрема у формі цінних паперів та довгострокових позичок.

Таблиця 2.3 – Класифікація факторів, які впливають на формування курсів валют

За впливом	За строками дії		
	Довгострокові	Середньострокові	Короткострокові
Формувальні	Темпи зростання ВВП. Продуктивність праці	Стан платіжного балансу за поточними операціями. Баланс руху капіталів. Державний бюджет	
Регульовальні		Кредитна політика. Облікова політика НБУ. Емісійна політика	Валютні інтервенції Національного банку
Кризові	Падіння обсягів виробництва	Темпи зростання цін (темпи інфляції). Дефіцит державного бюджету. Безконтрольні емісії. Рух капіталу за кордон	
Політичні			Зміна влади. Політичні рішення, що визначають політику країни та впливають на ті чи інші економічні процеси
Психологічні			Погляди банкірів, валютних дилерів, керівників валютних відділів щодо перспектив динаміки курсу тієї чи іншої валюти

За ступенем вагомості фактори впливу на валютний курс поділяються на фактори *структурного (макроекономічного) характеру*, тобто такі, що

відображають стан економіки країни в цілому, та *кон'юнктурні*, які постійно змінюються під впливом тенденцій внутрішнього та світового ринків [1].

До *структурних факторів* можна віднести такі показники як обсяг грошової маси в обігу; рівень інфляції; рівень облікової та процентних ставок; стан і структура торговельного балансу країни; величина дефіциту державного бюджету; платоспроможність країни; довіра до її національної валюти на внутрішньому і зовнішньому ринках; обсяги внутрішніх та зовнішніх запозичень тощо.

Одним з найважливіших показників, які впливають на формування валютних курсів, є *стан торговельного балансу країни*. Стан торговельного балансу характеризує ефективність зовнішньоекономічної діяльності країни і безпосередньо впливає на рівень і динаміку валютного курсу. При цьому найбільший вплив на валютний курс мають поточні операції купівлі товарів та послуг, доходи від інвестицій тощо. Дефіцит торговельного балансу свідчить про низьку конкурентоспроможність вітчизняних товарів і послуг на світових ринках та про більшу привабливість іноземних товарів. За наявності дефіциту торговельного балансу відбувається збільшення зовнішньої заборгованості країни та виникають умови для знецінення національної валюти. Активне сальдо торговельного балансу свідчить про підвищення попиту на національну валюту та її зміцнення.

Суттєвий вплив на формування курсу національної валюти мають і інші макроекономічні показники, такі як *обсяг грошової маси в обігу, темпи інфляції в країні тощо*. Практично в усіх країнах, особливо в умовах спаду виробництва, збільшення грошової маси в обігу та зростання темпів інфляції призводило до знецінення національних валют.

Кон'юнктурними факторами, що впливають на курс валюти, можна вважати спекулятивні валютні операції; інфляційні очікування; часті зміни урядів; лобіювання у вищих ешелонах влади інтересів певних політичних та економічних структур; прогнози військових дій, криз, катастроф тощо.

Аналізуючи наведені фактори впливу на формування валютного курсу, слід зазначити, що ці фактори досить мобільні, їх взаємний вплив може нейтралізувати або підсилювати дію один одного. А тому, керуючись загальними тенденціями динаміки валютних курсів, потрібно в кожній конкретній ситуації аналізувати дію кожного фактору у взаємозв'язку з іншими.

Курс національної валюти будь-якої країни залежить також від співвідношення внутрішніх та зовнішніх цін, обсягів торговельних потоків у зовнішньоекономічній діяльності, переміщення капіталів та деяких інших факторів [1].

Так, підвищення внутрішніх цін призводить до здешевлення національної валюти. Втрата або звуження експортних ринків призводить до скорочення експорту, збільшення дефіциту торговельного балансу та можливого знецінення національної валюти.

За умов відносної стабільності внутрішніх та зовнішніх цін коливання курсу національної валюти впливає на конкурентоспроможність вітчизняних товарів. Так, здешевлення національної валюти приводить до підвищення конкурентоспроможності вітчизняних товарів, до збільшення обсягу їх експорту і скорочення обсягу імпорту, і, навпаки, посилення (подорожчання) національної валюти приводить до збільшення обсягу імпорту і скорочення обсягу експорту товарів.

Наявність від'ємного сальдо зовнішньоторговельного балансу свідчить про те, що попит на іноземну валюту перевищує її пропозицію, а це, в свою чергу, спричиняє знецінення національної валюти. Додатне сальдо, навпаки, створює умови для подорожчання національної валюти.

Процентні ставки, що їх встановлюють комерційні банки, впливають на переміщення капіталу із країни в країну. Країни, в яких встановлені високі процентні ставки та функціонує стабільна грошова одиниця, є більш привабливими для іноземного капіталу. Інвестори завжди позбавляються валют, ймовірність девальвації яких є високою, і переводять свої капітали у валюти тих країн, де гарантується стабільність курсів валют і забезпечуються більш

високі процентні ставки. Підвищення процентних ставок на внутрішньому фінансовому ринку сприяє залученню іноземного капіталу, збільшенню його пропозиції, що створює умови для посилення (подорожчання) національної валюти.

Значний вплив на формування валютного курсу учиняє й обсяг валютних резервів країни. Так, скорочення валютних резервів спонукає Національний банк країни (при відсутності фінансової допомоги від міжнародних фінансових організацій) проводити грошово-кредитну політику, спрямовану на девальвацію національної валюти. Це сприяє відновленню торговельного балансу, оскільки стимулює збільшення обсягу експорту і скорочення обсягу імпорту товарів. Разом з тим, для того, щоб нейтралізувати негативні наслідки девальвації валюти, потрібно стабілізувати внутрішні ціни. В іншому випадку девальвація національної валюти нівелює виграш від підвищення конкурентоспроможності вітчизняних товарів на світових ринках [71].

Вплив на формування курсу валюти учиняють також *суб'єкти валютного ринку*. Їх доцільно поділити на 4 основні групи: експортери; імпортери; власники спекулятивного капіталу; Національний банк країни.

Експортери продають частину експортної виручки у відповідності з законами країни про валютне регулювання. Від величини валютної виручки експортерів залежить обсяг надходжень валюти на валютний ринок країни. В свою чергу, обсяг валютних надходжень в країну залежить від здатності національних експортерів випускати конкурентоспроможну продукцію.

Імпортери купують валюту для оплати контрактів з імпорту товарів. Попит на валюту з їх боку залежить від обсягу імпорту, а останній – від величини попиту на цю продукцію, величини податків на імпортовані товари тощо.

Третьою групою суб'єктів валютного ринку є *власники спекулятивного капіталу*. Капітали цієї групи суб'єктів валютного ринку можуть бути вкладені в вітчизняну економіку, але при певних умовах. Так, при наявності в країні інфляційних процесів ці капітали можуть використовуватись на при-

дбання іноземної валюти з наступним обміном її на вітчизняну з метою отримання відповідного (інфляційного) доходу.

Задачею *Національного банку* як учасника валютного ринку є зниження частоти та амплітуди коливань курсу національної валюти відносно іноземних. Цю задачу Національний банк вирішує шляхом проведення прямих валютних інтервенцій та іншими способами.

Таким чином, поведінка основних суб'єктів валютного ринку самим безпосереднім чином впливає на формування та динаміку курсу національної валюти в короткостроковому періоді.

Зрозуміло, що при прогнозуванні валютного курсу врахувати всі фактори, що впливають на курс валюти, просто неможливо. Тому при побудові економіко-математичних моделей прогнозування валютного курсу використовують лише ті фактори (чинники), які найбільше впливають на формування валютного курсу як у даний момент часу, так і в перспективі.

Розглянемо детальніше *основні кількісні та якісні чинники (фактори)*, які найбільше впливають на курс національної валюти України. На наш погляд, до кількісних чинників (факторів), що в значній мірі впливають на валютний курс, відносяться: обсяг грошової маси в обігу; рівень інфляції в країні; рівень облікової та процентних ставок; величина валютних резервів Національного банку; індекс Dow Jones (Доу Джонса); величина зовнішньоторговельного обороту країни; обсяги експорту та імпорту товарів та послуг; обсяги інвестування; обсяг валового внутрішнього продукту країни – ВВП; співвідношення внутрішніх і зовнішніх цін; період прогнозування.

1. Обсяг грошової маси в обігу.

Відповідно до теорії ринкових активів П. Ліндєрта [72] головним фактором, що визначає валютні курси, є обсяг грошової маси. На національному і світовому ринках вартість валюти тим менша, чим більше її є в обігу. При цьому попит на валюту будь-якої країни являє собою попит на право придбання частини валового внутрішнього продукту ВВП цієї країни.

Як відомо, грошова маса M країни, яка повинна обслуговувати виробництво товарів та послуг, розраховується за формулою:

$$M = P \cdot N \cdot k, \quad (2.13)$$

де P – рівень цін;

N – величина валового внутрішнього продукту, в нат. вимірі;

k – корегуючий коефіцієнт, який, в свою чергу, розраховується за формулою 2.14:

$$k = (L_n - L_i) \cdot (I_n - I_i) \cdot T, \quad (2.14)$$

де L_n і L_i – процентні ставки відповідно в даній країні та за кордоном;

I_n і I_i – очікувані індекси інфляції в даній країні та іноземній державі;

T – сальдо зовнішньоторговельного балансу даної країни [73, 74].

Аналіз формул (2.13) і (2.14) показує, що зі збільшенням грошової маси в обігу або зі зменшенням валового національного продукту ВВП (в натуральному вимірі) національна валюта (згідно з теорією паритету купівельної спроможності) буде знецінюватися.

Обсяг грошової маси в обігу самим суттєвим чином впливає на стан виробництва в країні. Скорочення грошової маси M може змусити підприємства зменшити витрати й обсяги виробництва, що призведе до зменшення валового внутрішнього продукту ВВП. Це може викликати дефіцит державного бюджету і, як наслідок (наприклад, при відсутності зовнішніх джерел покриття дефіциту), спричинити інфляцію й можливе знецінення національної валюти [75].

При збільшенні грошової маси обов'язково потрібно враховувати можливі наслідки стрімкого розширення пропозиції грошей в країні на динаміку валютного курсу. Така ситуація отримала назву *монетарного шоку* (див. рисунок 2.3) [76, 77].

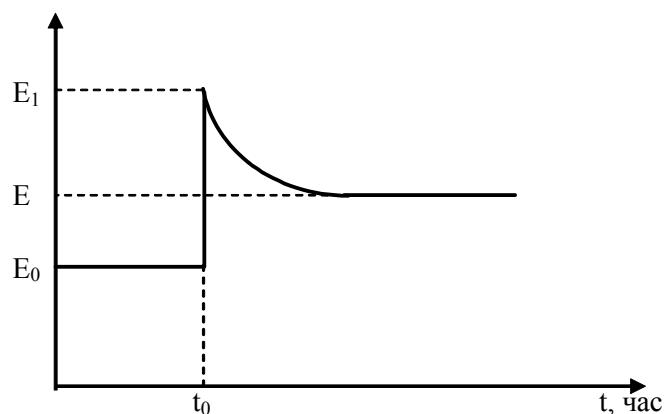


Рисунок 2.3 – Динаміка валютного курсу внаслідок монетарного шоку

Припустимо, що в момент часу t_0 при значенні курсу валюти E_0 відбулося стрімке зростання пропозиції грошей. Виникає певна невизначеність, яка вносить дисбаланс в економічне середовище, оскільки агенти ринку по-різному можуть оцінити те, що відбувається. Звичайна реакція валютного курсу на монетарний шок – різкий стрибок курсу до рівня E_1 , який є значно вищим від потенційно рівноважного. *(Примітка. В умовах прямого котирування зростання курсу означає знецінення валюти)*. Тому наступною реакцією валютного курсу буде його поступове зниження. Це буде мати місце після того, як агенти ринку визначаться зі своєю валютною політикою у нових фінансових умовах, на що, звичайно, потрібен певний проміжок часу.

Якщо агенти ринку відчують, що стрибок надто здешевив національну валюту, то вони будуватимуть свою політику з урахуванням подальшого її зміцнення і тим самим сприятимуть швидкому й ефективному зниженню курсу до рівня E . Цей курс хоча й вищий за початковий, однак і значно нижчий за шоківий рівень E_1 .

В той же час, невпевненість учасників фінансових ринків у припиненні збільшення грошової маси і відсутності появи нових шоків у короткостроковій перспективі може призвести до спірального розкручування зростання грошової маси, наслідком чого неодмінно буде гіперінфляція, нестабільність фінансових ринків, економічна криза, стрімке падіння життєвого рівня населення тощо.

Аналіз обсягу грошової маси в Україні за агрегатом М1 протягом 1998 року свідчить про зупинення тенденції відносного збільшення готівки в обігу та банківських вкладів до запитання. Так, станом на 01.01.1999 року частка готівки в обігу та банківських вкладів до запитання дорівнювала 45,5% від загальної грошової маси проти 48,9% на початок минулого року, або знизилася на 3,4 процентного пункту [78]. Це свідчить про появу ознак стабілізації курсу національної валюти.

Динаміка зміни обсягу грошової маси в Україні за агрегатом М3 за період з 01.01.2000 року по 01.06.2002 року, яка наведена на рисунку 2.4 [79], показує, що обсяг грошової маси стабільно і поступово збільшується.

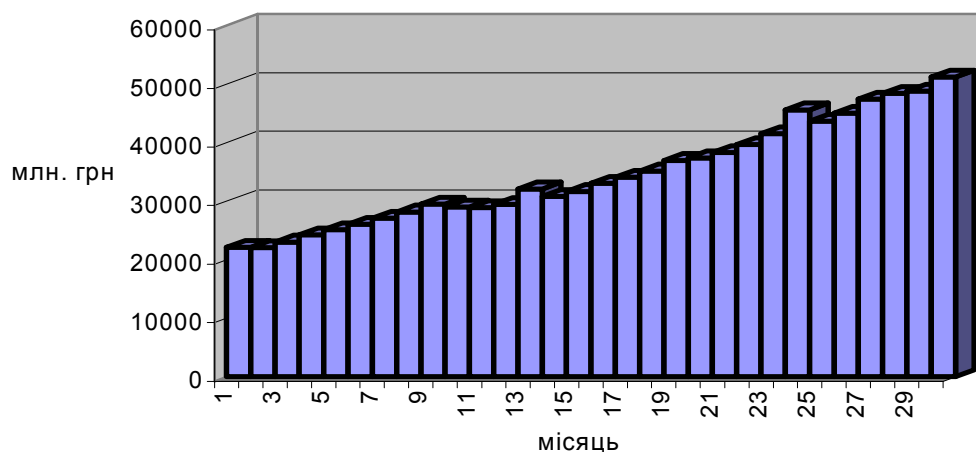


Рисунок 2.4 – Обсяг грошової маси в Україні (агрегат М3) за період з 01.01.2000 року по 01.06.2002 року

Це може свідчити про певну розбалансованість грошової системи за умови, якщо зростання грошової маси не буде підкріплюватись зростанням валового внутрішнього продукту країни [80]. Якщо ж зростання даного грошового агрегату супроводжується зростанням обсягів виробництва, то така ситуація свідчить про стабілізацію курсу національної валюти.

2. Рівень інфляції в країні.

Чим вище рівень інфляції в країні, тим більше буде знецінюватись її валюта. Інфляційне знецінення грошей в країні викликає зниження їх купівельної спроможності та провокує тенденцію до знецінення валюти відносно

валют інших країн, де рівні інфляції нижчі. Дана тенденція відслідковується в основному в середньо- і довгостроковому періодах. Вирівнювання валютного курсу, приведення його у відповідність з паритетом купівельної спроможності відбувається в середньому протягом двох років. Залежність валютного курсу від рівня інфляції відслідковується в країнах з великим обсягом міжнародного обміну товарами, послугами і капіталами.

Інфляція – це перевищення сукупного попиту на гроші над їх пропозицією. Іншими словами, інфляція характеризується переповненням каналів грошового обігу масою надлишкових паперових грошей, що викликає їх знецінення, зростання роздрібних цін, падіння реальної заробітної плати тощо.

Інфляція проявляється тоді, коли витрати в країні на купівлю товарів і послуг перевищують вартість товарів і послуг, вироблених країною за рік. Помірні темпи інфляції в межах 10-12% і нижче, як свідчать теоретичні дослідження і практичні результати, допускаються й приносять позитивні результати. Це пояснюється тим, що невелике перевищення попиту грошей над пропозицією, тобто незначна інфляція, пожвавлює виробництво, стимулює виробників до збільшення випуску товарів, залучення додаткової робочої сили тощо. Це, в свою чергу, забезпечує зростання валового внутрішнього продукту ВВП, стабілізує курс національної валюти та підвищує життєвий рівень населення. Якщо ж інфляція виходить з-під контролю (більше 50% за місяць), то вона руйнує економіку, призводить до знецінення національної валюти та до інших вкрай негативних наслідків [17].

Аналіз динаміки рівня інфляції в Україні за 2000-2002 (по червень) роки, який наведений на рисунку 2.5 [79], дозволяє зробити висновок, що рівень інфляції в країні за останні роки суттєво зменшився і не перевищує 18% за рік.

Реально це знецінює гривню до десяти копійок за рік. В травні 2002 року інфляція взагалі склала 99,7%, що означає, що в травні була зафіксована дефляція на рівні 0,3%. Такий рівень інфляції в Україні дає підстави

стверджувати, що в країні створюються сприятливі умови для стабілізації курсу національної валюти.

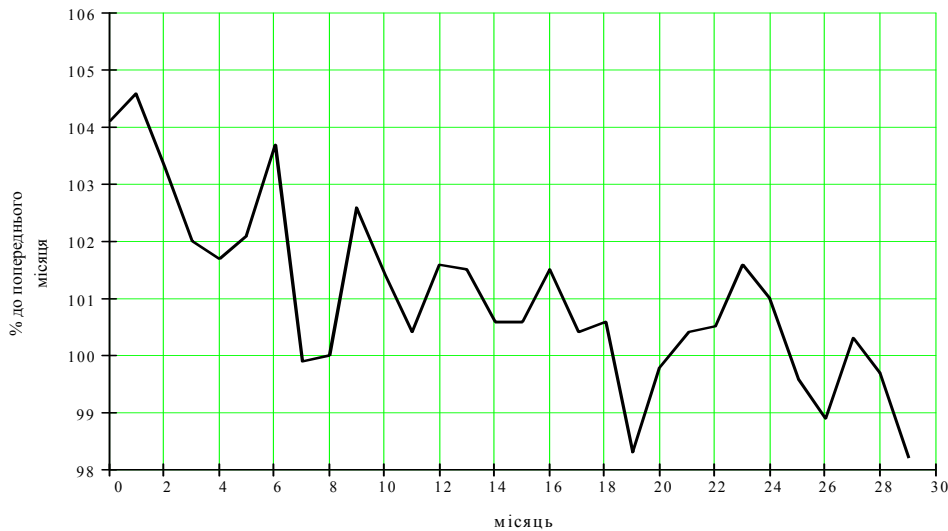


Рисунок 2.5 – Рівень інфляції в Україні за період з 01.01.2000 року по 01.06.2002 року

3. Рівень облікової та процентних ставок.

Як відомо, величину облікової ставки визначає Національний банк України, а величини процентних ставок за депозитними та кредитними операціями – комерційні банки. Величини облікової та процентних ставок впливають на курс національної валюти складним та суперечливим чином.

З одного боку, підвищення процентних ставок в країні для національної валюти, яке відбувається одразу ж за підвищенням облікової ставки, сприяє подорожчанню цієї валюти. Суб'єкти валютного ринку будуть прагнути придбати національну валюту та покласти її на депозитні рахунки, що спричинить підвищення попиту на національну валюту та її зміцнення.

Разом з тим, підвищення процентних ставок викликає падіння доходності цінних паперів, скорочення прибутків корпорацій, зниження інвестиційної активності тощо, що врешті-решт може викликати економічну кризу, зростання безробіття та інші негативні наслідки в суспільстві. В результаті виникне дефіцит державного бюджету, а його покриття за рахунок емісії грошей спровокує інфляцію та знецінення національної валюти [81].

Досвід застосування грошово-кредитного регулювання свідчить про те, що політика дорогих грошей не розв'язує проблему структурних перетворень економіки країни. В той же час просте зниження кредитних ставок також не дає бажаного результату, якщо не підтримувати ці дії відповідними інвестиційними заходами, спрямованими на залучення капіталів, надання цьому капіталу певних податкових пільг тощо [17].

Як правило, фінансові кризи розпочинаються тоді, коли в економіці стрімко підвищуються облікові ставки. Прикладом такої фінансової кризи є період Великої депресії 30-х років в США, коли зростання облікової ставки було спровоковане зростанням спекуляцій на фондовому ринку. Фінансова криза, в свою чергу, спровокувала глибоку економічну кризу, яка тривала майже 4 роки.

В Україні в 1993-1994 роках спроба певних фінансових структур одержати спекулятивні доходи призвела до різкого зростання інфляції, стрімкого підвищення облікової та процентних ставок, знецінення національної валюти тощо, що стало причиною глибокої та тривалої економічної кризи.

Як інструмент регулювання грошового ринку активна облікова політика НБУ почала здійснюватись з 1994 року. За два роки номінальний рівень облікової ставки змінювався у відповідності до коливань інфляції від 140% до 300% річних. Це дозволило вийти на її реальний рівень відносно рівня інфляції. Зупинення зростання рівня інфляції в 1997 році вплинуло на зниження процентних ставок у банківській системі. Протягом десяти місяців 1997 року облікова ставка постійно знижувалась: з 40% станом на 01.01.1997 року до 16% станом на 05.08.1997 року.

Починаючи з листопаду 1997 року, облікова ставка знову декілька разів підвищувалась і на кінець року становила 35% річних. В подальшому НБУ підвищував облікову ставку ще п'ять разів, з 35% у січні 1998 року до 82% у липні 1998 року. Далі, з 21 грудня 1998 року Національний банк України понизив облікову ставку до 60% річних. За період з січня 2000 року по лютий 2002 року облікова ставка змінювалась ще 12 разів (див. рис. 2.6) [79].

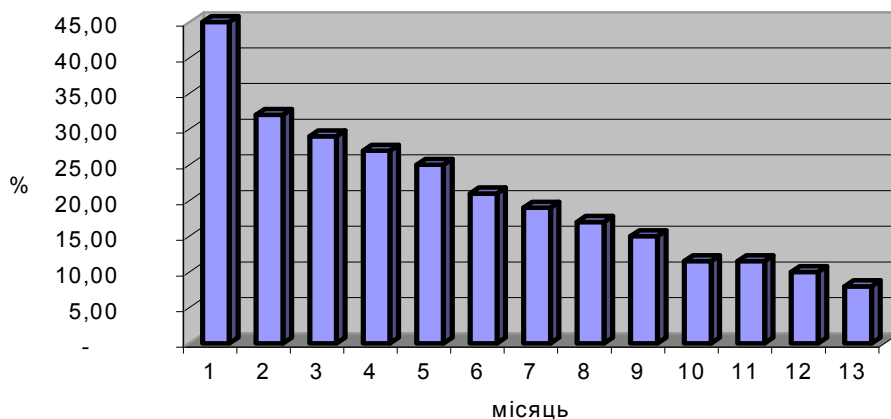


Рисунок 2.6 – Рівень облікової ставки в Україні за період з 01.01.2000 р. по 10.02.2002 р.

Таким чином можна зробити висновок, що для України врахування величини облікової та процентних ставок при прогнозуванні курсу національної валюти є вкрай важливим та необхідним.

4. Величина валютних резервів Національного банку.

Величина валютних резервів Національного банку країни учиняє значний вплив на курс національної валюти. Справа в тому, що за певних умов у країні може виникнути дефіцит державного бюджету або підвищений попит на іноземні валюти. Цей дефіцит або підвищений попит на іноземні валюти може покриватися або позикою з-за кордону, або продажем частини активів, або додатковою емісією грошей. Нестача коштів може поповнюватися також із офіційних резервів НБУ за допомогою так званих *валютних інтервенцій*. Наявний валютний резерв дає змогу Національному банку України проводити активну політику на валютному ринку щодо забезпечення стабільності курсу національної валюти [1].

Але офіційні резерви будь-якої країни, в тому числі і України обмежені. Тому стійкий та тривалий підвищений попит на іноземну валюту, який покривається за рахунок резервів Національного банку, неминуче призведе до їх виснаження. Це зменшить можливості країни підтримувати стабільним курс власної національної валюти. І навпаки, зростання валютних резервів

підвищує надійність валютної системи країни і збільшує можливості для підтримки стабільного курсу національної валюти.

Прикладом є валютна політика НБУ, яка проводилась протягом 1999-2000 років, коли в умовах наближення значних виплат з обслуговування зовнішніх боргів в Україні було прийнято рішення про відмову від валютних інтервенцій для підтримки курсу національної валюти. Результатом такої політики стало падіння гривні в другій половині 1999 року - початку 2000 року (див. рисунок 2.7) [76].

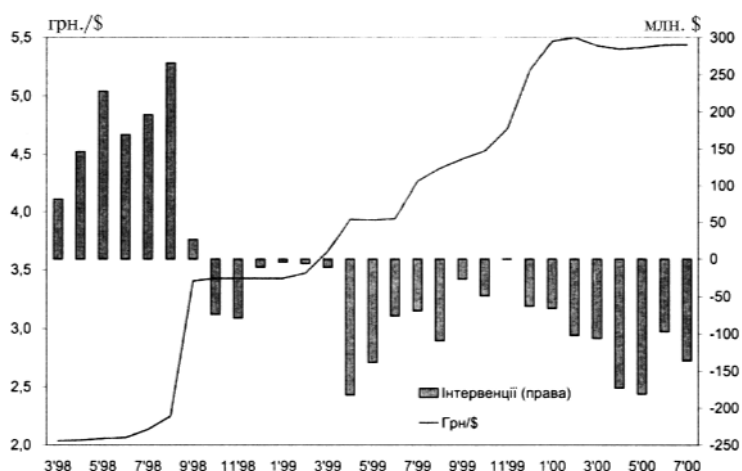


Рисунок 2.7 – Інтервенції НБУ і динаміка курсу гривні за період 1999-2000 років

З 2000 рік по 2002 рік спостерігається збільшення валютних резервів Національного банку України. Постійна купівля НБУ іноземної валюти привела до того, що станом на 31.05.2002 року рівень валютних резервів НБУ виріс майже втричі і досяг 3206 млн. дол. США [82]. На рисунку 2.8 наведено сальдо інтервенцій доларів США, які Національний банк України здійснював протягом 2001-2002 (по травень) років [83].

Саме така політика Національного банку України сприяла стабілізації курсу національної валюти по відношенню до долара США.

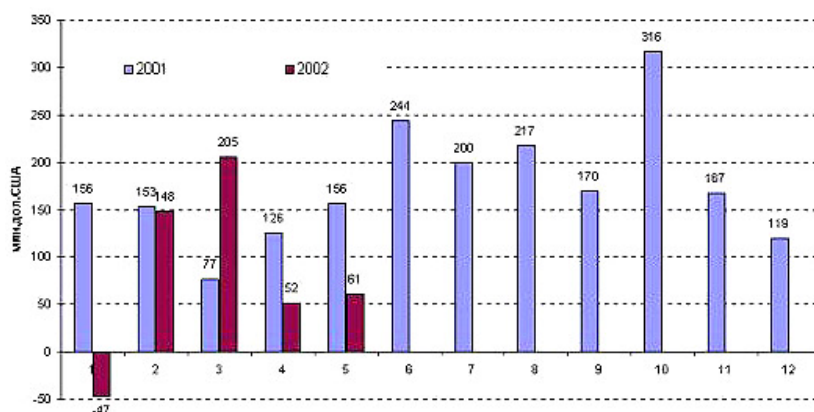


Рисунок 2.8 – Сальдо інтервенції доларів США за період 2001-2002 років

У світовій практиці відслідковується також не тільки рівень валютних резервів у національних банках в абсолютних показниках, але й співвідношення резервів національного банку та обсягу грошової маси в обігу. Завжди є певна „критична точка” такого співвідношення, при досягненні якої може розпочатися фінансова криза. Прикладом може слугувати Україна, коли карколомне зменшення співвідношення валютних резервів Національного банку до обсягу грошової маси в серпні-вересні 1998 року призвело до валютної кризи і суттєвого знецінення національної валюти (рисунок 2.9) [76].



Рисунок 2.9 – Динаміка зміни співвідношення резервів НБУ до грошової маси та динаміка зміни курсу національної валюти України

Найближчі роки, за прогнозами Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції України, будуть роками значного валютного ризику, оскільки, на думку експертів Міністерства, рівень наповнення грошової бази валютними резервами не підніметься вище 40-50% від його нормативного рівня [84].

5. Індекс Dow Jones (Доу Джонса).

Врахування цього суто американського показника при прогнозуванні курсу гривні до долара США є край необхідним. Оскільки економіка США є найбільшою в світі, наслідки її внутрішніх процесів відчувають всі без виключення країни та їх національні валюти. Ці наслідки відображає відомий індекс Доу Джонса.

Примітка. Взагалі існує 4 індекси Доу Джонса. Найвідомішим є промисловий індекс, який далі по тексту будемо означати як „індекс Доу Джонса” [8].

Індекс Доу Джонса (The Dow Jones Industrial Average - DJIA) – простий середній показник курсів акцій 30-ти найбільших промислових корпорацій США. Індекс Доу Джонса є найстарішим і найбільш поширеним серед усіх показників фондового ринку. Його склад не є незмінним: складові індекса можуть змінюватися в залежності від економічних позицій найбільших промислових корпорацій в економіці США та на світовому ринку. В принципі, на його складові припадає від 15 до 20% ринкової вартості акцій, що котируються на Нью-Йоркській фондовій біржі.

Вплив індексу Доу Джонса на величину валютного курсу можна описати за допомогою принципу Паретто: “Якщо є значима меншість, то в деякий умовний момент вона може різко змінитися на більшість”. Тобто суттєва зміна індексу Доу Джонса може кардинально вплинути на економіку і валютний курс будь-якої країни, в тому числі й України.

На наш погляд, при прогнозуванні та моделюванні валютного курсу в Україні необхідно обов'язково використовувати цей показник, оскільки він

характеризує стабільність економіки США та їх національної валюти – долара, до якого здійснюється котирування курсу гривні.

Динаміку зміни індексу Доу Джонса за 2001-2002 роки [79] наведено на рисунку 2.10.

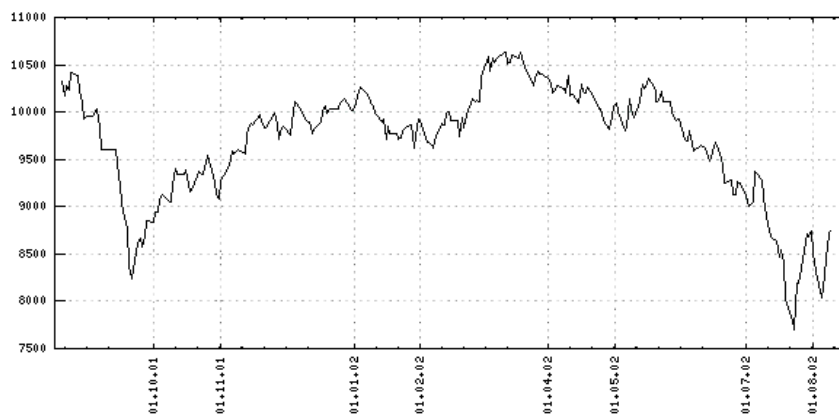


Рисунок 2.10 – Індекс Dow Jones Industrial за період з 01.08.2001 по 10.08.2002 рік

Аналізуючи динаміку зміни індексу Доу Джонса за 2001-2002 роки, можна зробити висновок, що індекс Доу Джонса змінювався не більше ніж на 1000-1500 пунктів, що характеризує економіку США як цілком стабільну. Звідси випливає і стабільність долара США як на внутрішньому, так і на світовому ринках. Тобто долар США може розглядатися як певна надійна основа для котирування курсу національної валюти України. Тому врахування індексу Доу Джонса при прогнозуванні курсу національної валюти України є доречним та обґрунтованим.

б. Обсяг зовнішньоторговельного обороту України.

Між обсягом зовнішньоторговельного обороту країни та курсом її національної валюти існує певний зв'язок. Чим більшим буде зовнішньоторговельний оборот країни, тим більше країна інтегрована у світову економіку, тим більше її економіка залежить від економічних процесів, що відбуваються в інших країнах.

Аналіз динаміки зовнішньоторговельного обороту України показує, що загальний обсяг зовнішньої торгівлі в 2001 році склав 32039,8 млн. дола-

рив США і збільшився проти 2000 року на 12,3%, у т.ч. експорт склав 16264,7 млн. дол. (збільшився на 11,6%), імпорт – 15775,1 млн. дол. (збільшився на 13%) [85]. За перший квартал 2002 року зовнішньоторговельний оборот товарами та послугами збільшився порівняно з першим кварталом 2001 року на 0,4% і склав 8,6 млрд. дол. США (див. рисунок 2.11). Все це свідчить про посилення інтегрованості економіки України в світовий економічний простір.

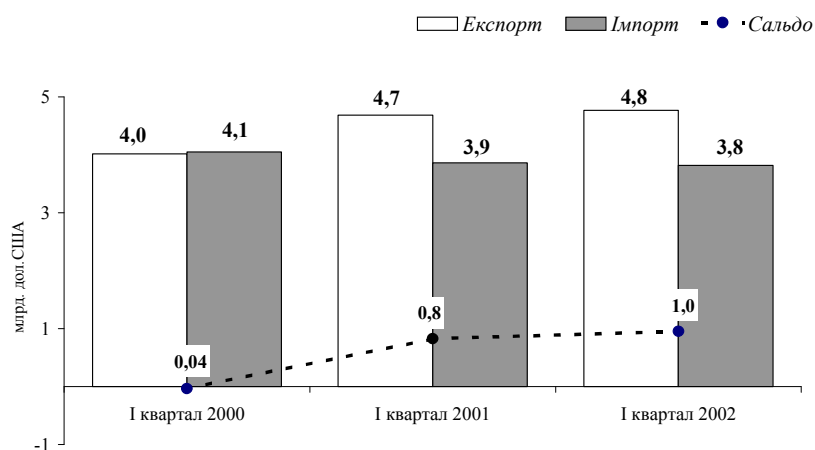


Рисунок 2.11 – Динаміка зовнішньої торгівлі товарами та послугами в Україні

Разом з тим слід підкреслити, що зростання обсягу зовнішньоторговельного обороту країни – це тільки одна із частин впливу на курс її національної валюти. Другою складовою частиною є сальдо зовнішньоторговельного балансу країни. Якщо зовнішньоторговельний баланс погіршується (збільшується від’ємне сальдо торгового балансу), то це є показником того, що країна витрачає за кордоном більше грошей для купівлі товарів, ніж отримує грошей за продані товари. Тобто на валютному ринку підвищується попит на іноземну валюту і збільшується пропозиція національної валюти. Це створює умови для формування тенденції до знецінення національної валюти. Навпаки, при додатному сальдо зовнішньоторговельного балансу створюється ситуація, яка сприяє зміцненню національної валюти.

В Україні, починаючи з 2001 року, додатне сальдо зовнішньоторговельного балансу має стабільну тенденцію до зростання. Так, у першому квар-

талі 2002 року порівняно з першим кварталом 2001 року обсяг експорту товарів та послуг збільшився на 1,7% (торік – на 16,8%), а обсяг імпорту зменшився на 1,2%. Додатне сальдо зовнішньоторговельного балансу склало 1,0 млрд. дол. США. Коефіцієнт покриття імпорту експортом становив 1,08 (за відповідний період минулого року – 1,07) [86]. Це свідчить про створення сприятливих умов для стабілізації та посилення національної валюти України.

Примітка. Сальдо зовнішньоторговельного балансу та його вплив на курс національної валюти буде враховано при побудові макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу шляхом запровадження в якості вхідних параметрів таких чинників як обсяги експорту та імпорту товарів (дивися далі).

Разом з тим слід зазначити, що врахування обсягу зовнішньоторговельного обороту країни при прогнозуванні валютного курсу має певні складнощі. Ці складнощі полягають у відсутності достатньої інформації щодо величин обсягів експорту й імпорту товарів та послуг на галузевому рівні, індексів експортних та імпортних цін тощо. Окрім того, специфіка зовнішньої торгівлі в Україні зумовлюється:

- 1) відсутністю стабільності часток головних закордонних партнерів як у експорті товарів і послуг, так і у їх імпорті;
- 2) значною питомою вагою імпорту певних товарів (особливо енергоносіїв), що недостатньо або зовсім не виробляються в Україні;
- 3) наявністю різних цін купівлі-продажу певного товару при укладанні зовнішньоторговельних договорів різними контрагентами;
- 4) наявністю різних оцінок щодо обсягів українського експорту та імпорту товарів і послуг у порівнянні з відповідними даними країн-партнерів;
- 5) впливом тіньової економіки на обсяги експортних і імпортних операцій тощо.

Все це ускладнює задачу розробки обґрунтованого прогнозу валютного курсу України, але враховувати обсяг зовнішньоторговельного обороту при прогнозуванні валютного курсу потрібно обов'язково.

7. Обсяг експорту товарів.

Експорт товарів є показником ефективності функціонування національної економіки будь-якої країни, оцінкою конкурентоспроможності її продукції. Обсяг експорту товарів знаходиться під впливом відносного рівня внутрішніх і світових цін, рівня доходів населення в Україні та в країнах-партнерах, уподобань іноземних споживачів та багатьох інших факторів. Важливим чинником, що позитивно впливає на стабільність курсу національної валюти, є не тільки зростання обсягу експорту товарів безпосередньо, а одночасне зростання як обсягів промислового виробництва, так і обсягу експорту товарів.

Динаміка індексів обсягів промислового виробництва та експорту промислової продукції в Україні за 1999-2000 роки наведена на рисунку 2.12 [31].

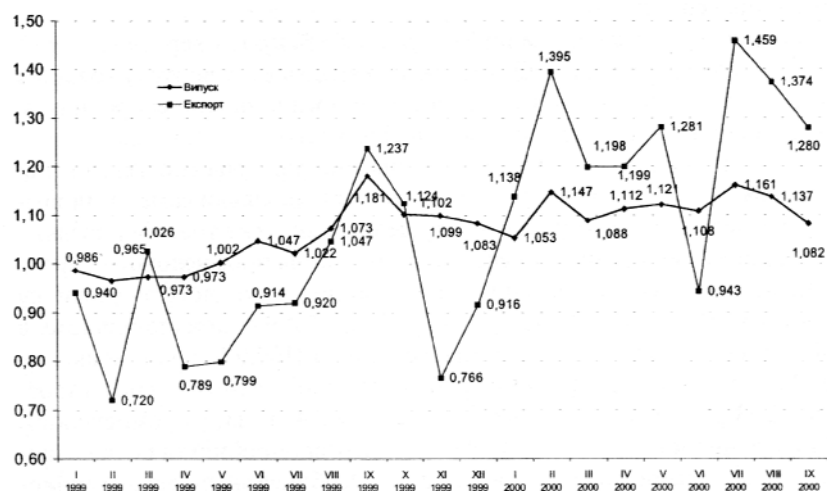


Рисунок 2.12 – Індекси промислового виробництва та експорту продукції промисловості України (до відповідного місяця попереднього року)

Аналіз наведених на рисунку 2.12 графіків, показує, що в Україні відбувається як збільшення промислового виробництва, так і експорту товарів. Так, в першому кварталі 2002 року найбільші обсяги експортних поставок

здійснювалися в Російську Федерацію – 17% від загального обсягу експорту, Туреччину – 7,7%, Італію – 5%.[84]. Це має позитивне значення для стабілізації курсу національної валюти.

Разом з тим слід зазначити, що збільшення експорту значною мірою було наслідком зростання зовнішнього попиту на товари українських виробників і підвищення цін на основні товари українського експорту.

Окрім цього, можливі рішення Ради Європейського Союзу щодо визнання України країною з ринковою економікою внесуть зміни в антидемпінгову політику країн-членів ЄС відносно українських підприємств, що поставляють товари на ринки цих країн. З одного боку, можна очікувати, що європейський ринок стане доступнішим для українського експорту, а з другого, можуть виникнути нові ускладнення щодо експорту деяких видів українських товарів. Ці зміни, безперечно, будуть впливати на курс національної валюти України.

На наш погляд, у даний час структура та обсяги експорту товарів ще не забезпечують у повній мірі валютних потреб держави. Відносна обмеженість валютних надходжень перешкоджає модернізації переробних галузей промисловості, стримує підвищення їх конкурентоспроможності; консервує сировинну структуру експорту та збільшує потребу країни в імпорті наукомістких товарів. Як наслідок, цього можуть виникнути загрози стабільності курсу національної валюти.

Тому врахування обсягу експорту товарів в якості вхідного параметра макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти є доцільним і обґрунтованим.

8. Обсяг імпорту товарів.

Обсяг імпорту товарів залежить від співвідношення внутрішніх та зовнішніх цін на товари, доходів громадян, від уподобань громадян даної країни на придбання тих чи інших товарів та інших факторів.

Не викликає сумніву той факт, що обсяг імпорту країни знаходиться в певній залежності від доходів громадян цієї країни. Якщо зростання доходів

громадян однієї країни буде випереджати зростання цього показника в інших країнах, то валюта цієї країни буде мати певну схильність до знецінювання. Справа в тому, що при збільшенні доходів громадяни більше коштів зможуть витратити на придбання нових товарів, як вітчизняних, так і імпортних. Це може викликати збільшення обсягу імпорту товарів, для придбання яких збільшиться пропозиція національної валюти для її обміну на іноземну. Це буде провокувати підвищення курсу національної грошової одиниці, що в умовах прямого котирування валюти означає її знецінення.

На курс національної валюти країни впливає також динаміка зміни рівня внутрішніх цін та товари. Якщо рівень внутрішніх цін у країні зростає швидше ніж за кордоном, то споживачу буде вигідніше купувати відносно дешеві імпортні товари. Це зможе спричинити посилення попиту на іноземну валюту, яка буде використовуватись на придбання іноземних товарів. З іншого боку, багато вітчизняних товарів, що стануть дорожчими, також будуть вже “не по кишені” споживачам в іноземних країнах. Це може призвести до скорочення експорту вітчизняних товарів та зменшення надходжень іноземної валюти в країну. В обох випадках це спричинить посилення попиту на іноземну валюту і буде провокувати знецінення національної валюти.

В 2001 році обсяг імпорту товарів в Україну склав 15775,1 млн. дол. і збільшився відносно аналогічного періоду минулого року на 13%. Найбільші імпортні надходження здійснювалися з Російської Федерації – 36,8%, Туркменистану – 14,8%, Німеччини – 8,4% [84]. Це говорить про те, що Україна в певній мірі залежить від імпорту окремих видів товарів, особливо енергоносіїв, що створює певні передумови для дестабілізації курсу національної валюти. Тому врахування обсягу імпорту товарів в якості вхідного параметра макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти є доцільним і обґрунтованим.

9. Обсяги інвестування.

Обсяги інвестування в економіку країни є важливим фактором, який впливає на формування курсу національної валюти. *Інвестиції* являють со-

бою фізичний обсяг капітальних вкладень в економіку. Це: придбання та виготовлення обладнання і устаткування, спорудження будинків виробничого та невиробничого призначення, поповнення запасів товарно-матеріальних цінностей тощо. В процесі прогнозування курсу національної валюти цей показник доцільно застосовувати у вигляді обсягу чистих інвестицій. Обсяг *чистих інвестицій* розраховується як різниця між валовим обсягом інвестицій та обсягом споживання основного капіталу (амортизації).

Значний вплив на стан економіки країни та стабільність її валютного курсу мають іноземні інвестиції. Саме ці інвестиції дозволяють практично без залучення внутрішніх ресурсів країни створювати додаткові робочі місця, виготовляти конкурентоспроможну продукцію тощо. Іноземні інвестиції приносять з собою новітні технології, сучасні організаційні, маркетингові та управлінські знання тощо. Ці чинники, в свою чергу, можуть відіграти вирішальну роль у реструктуризації та диверсифікації національної економіки, підвищенні рівня її конкурентоспроможності тощо. Результатом впровадження іноземних інвестицій є стабілізація національної валюти [87].

Аналіз обсягів іноземних інвестицій, що вкладаються в економіку України, показує, що вони поки що не справляють суттєвого впливу на розвиток економіки [88], оскільки їх величина відносно незначна. На сьогодні економіка України має порівняно низькі показники інвестування. Так, на 1 січня 2000 року в економіку України іноземними інвесторами вкладено 3247,9 млн. доларів США прямих інвестицій. З них, інвестиції обсягом 2764,4 млн. доларів США (85%) були зроблені за останні п'ять років. Динаміка прямих іноземних інвестицій в економіку України за період з 01.01.1995 року по 01.01.2000 року відображена на рисунку 2.13.

Аналіз даних, наведених на рисунку 2.13, показує, що незважаючи на загальне збільшення обсягів прямих інвестицій в 1997, 1998 і 1999 роках, щорічні темпи їх приросту зменшуються. Якщо в 1995 році обсяги інвестицій збільшились в порівнянні з попереднім роком на 56,5%, в 1996 році – на 30,9%, в 1997 році – на 15,5%, в 1998 році – на 19,4%, то за 1999 рік вони

зменшились на 41,5%. Частково це свідчить про несприятливий інвестиційний клімат в Україні. Загальний обсяг інвестицій в Україну станом на 1 квітня 2002 року сягнув 4532,2 млн. доларів США [89].

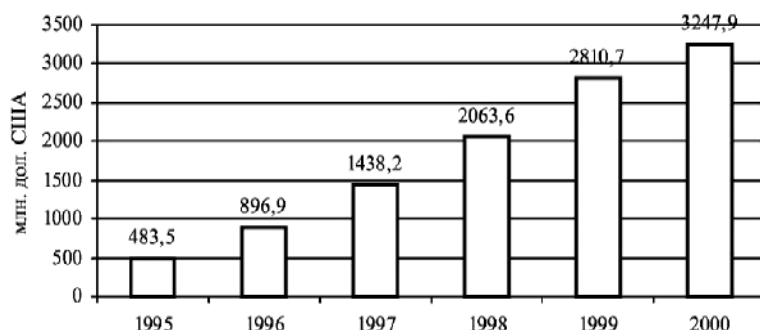


Рисунок 2.13 – Прямі іноземні інвестиції в економіку України станом на 01.01.2000 р.

Активізація інвестиційної діяльності, збільшення обсягів інвестування та їх ефективне використання є головною передумовою економічного зростання України, одним з вирішальних факторів успішного реформування її народного господарства. Прискорення темпів економічного розвитку України значною мірою залежить від обсягів надходження іноземних інвестицій, оскільки внутрішніх джерел для фінансування економічного розвитку в Україні недостатньо.

Аналізуючи можливість залучення іноземних інвестицій в економіку будь-якої країни, слід зазначити, що значною мірою на обсяг іноземних інвестицій впливає рівень ризику національної економіки. Загальні обсяги іноземних інвестицій залежать не тільки від такого економічного чинника, як рівень інфляції в країні, але й від політичних та економічних ризиків, які є в Україні. За даними журналів “Euromoney” і “Institutional Investor”, що постійно публікують рейтинги інвестиційної привабливості країн, Україна все ще не належить до країн, яким інвестори віддають перевагу [90]. За оцінками міжнародних фінансових організацій Україна протягом усього періоду проведення реформ (1992-2002 р.) перебуває між 146 і 152 місцями у світовому рейтингу інвестиційної привабливості.

Разом з тим, Україна має значні можливості для залучення іноземних інвестицій. До позитивних факторів формування привабливого інвестиційного клімату в Україні можна віднести багатий природно-ресурсний потенціал, наявність кваліфікованої робочої сили, велику ємність внутрішнього ринку товарів і послуг тощо.

Слід також зазначити, що залучення іноземних інвестицій в Україну пов'язане з необхідністю вирішення певних проблем, які впливають на курс національної валюти. Так, переважна більшість іноземних інвестицій, що надходять в Україну, спрямовується на розвиток виробництва, яке передбачає використання значної частки імпортової сировини, комплектуючих, технології тощо. А це, в свою чергу, передбачає необхідність забезпечення стабільності курсу національної валюти як одного із головних чинників зростання обсягів залучення іноземного капіталу. Тобто стабільність національної валюти є передумовою для зростання обсягів іноземних інвестицій, а зростання обсягів іноземних інвестицій, в свою чергу, сприяє стабілізації національної валюти.

Тому використання показника обсягу інвестицій при прогнозуванні курсу національної валюти є обґрунтованим і доцільним.

10. Обсяг валового внутрішнього продукту ВВП.

Важливим кількісним показником економічного розвитку країни є її валовий внутрішній продукт ВВП. Валовий внутрішній продукт є мірилом вартості кінцевих товарів і послуг, які виробляються резидентами країни за певний період часу (зазвичай за рік), і дорівнює сумі ринкових цін на кінцеві товари та послуги.

Валовий внутрішній продукт ВВП може бути розрахований як сума витрат на споживання (С), витрат на інвестування (І) та величини чистого експорту, який розраховується як різниця між експортом та імпортом товарів (EX-IM):

$$\text{ВВП} = \text{C} + \text{I} + (\text{EX} - \text{IM}) . \quad (2.15)$$

Валовий внутрішній продукт може бути номінальним та реальним. *Номінальний* валовий внутрішній продукт дорівнює обсягу кінцевого виробництва товарів і послуг за певний період і вимірюється в цінах поточного року. Зміни номінального ВВП відображають зміни як фізичного обсягу виробництва, так і цін.

Реальний валовий внутрішній продукт визначає вартість того ж обсягу виробництва, розрахованого за фіксованими цінами базового року. Перевагою показника реального валового внутрішнього продукту перед показником номінального валового внутрішнього продукту є те, що він визначає реальні обсяги виробництва в країні порівняно з минулим роком. Зростання величини реального ВВП говорить про те, в країні зростає виробництво, збільшується попит на національну валюту, що в свою чергу, сприяє її зміцненню.

Проаналізуємо динаміку індексів реального обсягу ВВП в Україні за 1999-2000 роки і покажемо вплив цієї динаміки на стан економіки в Україні (див. рисунок 2.14).

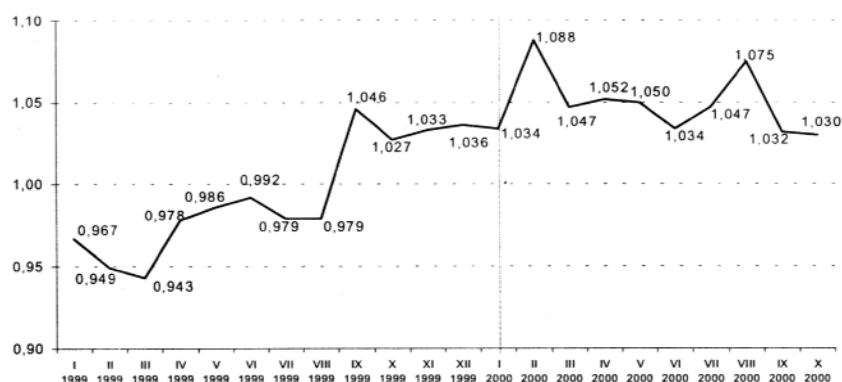


Рисунок 2.14 – Індеси реального ВВП в Україні в розрахунку до відповідного місяця попереднього року

Динаміка реального ВВП, яка наведена на рисунку 2.14, показує, що, починаючи з вересня 1999 року, індекс реального ВВП знаходиться вище позначки „1”, що говорить про зростання реального ВВП в Україні.

Однією із причин цього позитивного для України явища став перерозподіл доходів від іноземних на користь вітчизняних промислових підпри-

ємств завдяки девальвації гривні більш ніж в 1,5 рази (що мало місце за період з серпня 1998 р. по травень 1999 року). Водночас цінова конкурентоспроможність економіки України по відношенню до головних зовнішньоекономічних партнерів зросла більш ніж на 20%. Це сприяло зростанню виробництва в багатьох галузях української економіки.

В січні 2002 року ВВП України знову виріс на 3,2% порівняно з аналогічним періодом 2001 року і склав більше 14,1 млрд. грн. За січень-червень 2002 року порівняно з відповідним періодом минулого року реальний ВВП зріс на 4,3 % (в минулому році – на 9,9%) і склав 92501 млн. грн. Це говорить про те, що в Україні створюються умови для стабілізації курсу національної валюти.

Разом з тим не слід забувати, що протягом тривалого часу в Україні відбувалось падіння реального ВВП. Індекси реального ВВП в Україні з 1990 року по 2003 рік наведені на рисунку 2.15. [91, 86].

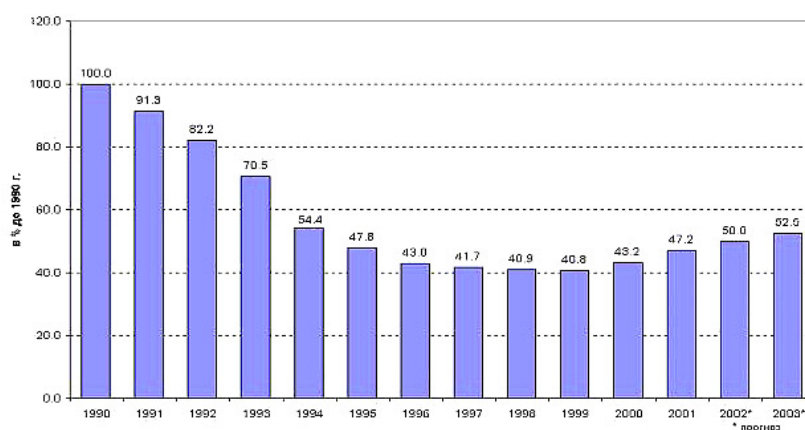


Рисунок 2.15 – Індекси реального ВВП в Україні протягом 1990-2003 років

Впливовий британський щотижневик “Економіст” у своєму бюлетені за 6-12 листопада 2001 року опублікував порівняльні дані економічного розвитку держав Східної і Центральної Європи. За цими даними Україна за динамікою зміни обсягів реального ВВП зайняла останнє місце серед держав регіону. В 2000 році її валовий внутрішній продукт складав тільки 43% від

обсягу ВВП 1990 року, тоді як аналогічний показник у Польщі склав 150%, в Угорщині – 118,% у Чехії – 105%.

Після 2000 року в Україні почався стабільний процес зростання реального валового внутрішнього продукту. Так, за 6 місяців 2001 року приріст ВВП в Україні склав 9,9%, в той час як за аналогічний період 2000 року – тільки 4,9% (дивися рисунок 2.16).

Така ситуація створює умови для стабілізації курсу національної валюти [86].

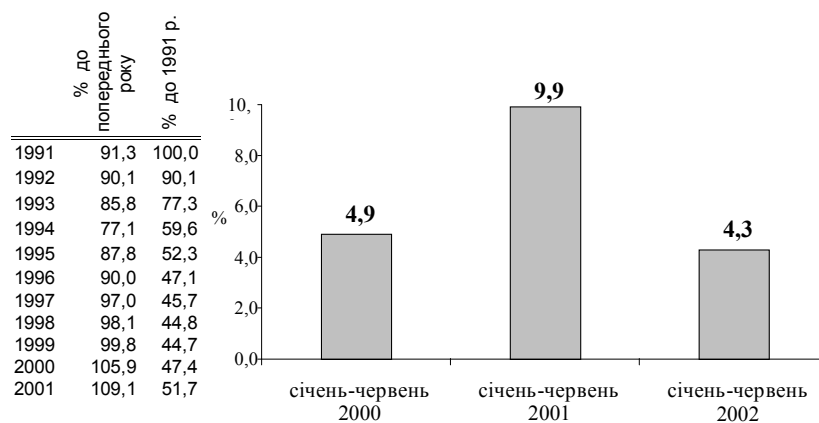


Рисунок 2.16 – Темпи приросту (%) реального ВВП в Україні

Таким чином можна зробити висновок, що зростання валового внутрішнього продукту в країні є запорукою стабільності її національної грошової одиниці, а також гарантією захищеності національної валюти від непередбачуваних подій, які можуть відбуватися в інших країнах. Тому показник валового внутрішнього продукту (ВВП) обов’язково повинен враховуватись при прогнозуванні курсу національної валюти.

11. Співвідношення внутрішніх і зовнішніх цін.

Ціни, що склалися в даний час в економіці України, у більшості випадків близькі до світових або вищі за них. На багатьох підприємствах України через технологічну недосконалість виробництва, застарілу техніку тощо постійно відчуваються фінансові проблеми, які часто вирішуються за рахунок отримання інфляційних доходів (необґрунтованого підвищення цін) або про-

сто неплатежів. Це постійно створює передумови до появи і зростання інфляції та до знецінення національної валюти [75].

Як відомо, для визначення курсу національної валюти можна користуватись співвідношенням купівельної спроможності цієї валюти до іншої іноземної валюти. *Купівельна спроможність валюти* визначається вартістю певного набору товарів та послуг, які можна придбати за відповідну грошову одиницю. Співвідношення купівельної спроможності окремих валют для певної групи товарів та послуг у двох країнах визначає *паритет купівельної спроможності валют PPP* (purchasing power parity).

Вважають, що теорія купівельної спроможності валют була висунута ще в 1556 році Мартіном Наварро. Пізніше її досліджували Д. Рікардо та Д. Юм, а в остаточному варіанті вона була сформульована лауреатом Нобелівської премії Ірвіном Фішером.

Згідно з теорією паритету купівельної спроможності PPP валютний курс в певній країні змінюється настільки, наскільки це потрібно для того, щоб компенсувати різницю в динаміці рівнів цін у різних країнах. Інакше кажучи, ціна одиниці одного й того самого товару в одній країні має відповідати ціні на цей товар в іншій країні, перерахованій за поточним валютним курсом [1].

Існує кілька методик розрахунку паритету купівельної спроможності валют. Найпростішим є зіставлення вартості порівняльного набору товарів і послуг (споживчого кошика) в різних країнах. Тоді паритет купівельної спроможності валют PPP (валюти країни „А” відносно валюти країни „В”) розраховується за формулою:

$$PPP = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Ц}_i^B T_i}{\sum_{i=1}^n \text{Ц}_i^A T_i}, \quad (2.16)$$

де n – кількість порівнюваних видів товарів (послуг) в обох країнах;

P_i^B – ціна одиниці товару (послуги) i -го виду в країні В;
 P_i^A – ціна одиниці товару (послуги) i -го виду в країні А;
 T_i – товар (послуга) i -го виду [1].

Прибічники теорії паритету купівельної спроможності РРР вважають, що вирівнювання валютного курсу в країні на основі зіставлення купівельної спроможності валют в різних країнах відбувається не автоматично, а за умови дії низки чинників. Оскільки формування валютного курсу пов'язане зі сферою міжнародного грошового обігу, то можна вважати, що курс валют є одним із елементів кількісної теорії грошей, яка встановлює певну залежність між грошовою масою M і цінами P . Ця залежність записується рівнянням, запропонованим І. Фішером у 1912 р.:

$$M \cdot V = P \cdot Q \quad (2.17)$$

де V – швидкість обігу грошей;
 P – рівень цін;
 Q – фізичний обсяг виробництва.

Виразивши рівень цін через $P = \frac{MV}{Q}$ та підставивши його в рівняння (2.16), одержимо залежність показника паритету купівельної спроможності РРР від обсягу грошової маси в обігу, швидкості обігу грошей та обсягів виробництва:

$$PPP = \frac{M^B V^B Q^A}{M^A V^A Q^B}, \quad (2.18)$$

де індекс „В” – означає країну „В”;
індекс „А” – означає країну „А”.

За таких умов курс національної валюти країни „А” відносно валюти іншої іноземної країни „В” має бути прямо пропорційним відносному обсягу грошової маси та відносній швидкості обігу грошей, що зафіксовані в країні „В” відносно країни „А”, і обернено пропорційним до відносного обсягу ви-

робництва, що зафіксований в країні „А” відносно країни „В”. Такий курс національної валюти можна вважати показником рівноваги стану національної економіки країни „А” відносно іноземної країни „В”.

Однак у зв'язку з відмінністю рівнів економічного та політичного розвитку різних країн, певними кліматичними, соціально-культурними особливостями цих країн тощо оцінка і прогнозування валютних курсів на основі розрахунку показника паритету купівельної спроможності РРР має обмежене практичне застосування. Цей показник слід розглядати тільки як одну із складових частин загального процесу курсоутворення [1].

Слід також зазначити, що паритет купівельної спроможності валют, на відміну від валютних курсів, офіційно не фіксується. Це обумовлено розбіжностями в ціноутворенні, різними якісними характеристиками товарів й іншими чинниками тощо, внаслідок чого точний паритет купівельної спроможності валют розрахувати практично неможливо. Але приблизне значення показника паритету купівельної спроможності РРР валюти однієї країні відносно іншої країни експертами може бути розраховане або лінгвістично оцінено. Тому врахування цього показника при прогнозуванні курсу національної валюти є, на наш погляд, доцільним та виправданим.

Примітка. Даний чинник впливу на валютний курс можна відносити як до кількісних, так і до якісних вхідних параметрів моделі прогнозування валютного курсу. У зв'язку з вищенаведеними міркуваннями, а також з метою спрощення моделі прогнозування валютного курсу даний чинник впливу на валютний курс будемо відносити до якісних вхідних параметрів.

12. Період прогнозування (час).

Період прогнозування – це проміжок часу, на кінцеву дату якого здійснюється прогнозування курсу національної валюти. Найбільш оптимальними періодами прогнозування є періоди від 10 до 100 днів. Прогнозування на більший термін має більшу невизначеність у зв'язку зі змінами умов і процесів функціонування економіки, що призводить до появи додаткової похибки в розрахунках. Тому в подальшому при прогнозуванні курсу націона-

льної валюти до долара США будемо користуватись саме цими проміжками часу.

Такими, на наш погляд, є основні кількісні фактори (чинники), що впливають на формування валютного курсу в Україні. Разом з тим, світова економічна практика накопичила значний досвід не тільки кількісного, але й якісного оцінювання розвитку економічних систем, змін економічного середовища, інтенсивності та масштабності трансформаційних процесів. Щоб мати змогу здійснювати аналітичні дослідження, які базуються на якісних характеристиках, потрібно звести ці показники в окремі блоки. Це дозволить враховувати не тільки економічні, але й політичні, соціальні, культурні та інші фактори впливу на стан валютного ринку в Україні.

На наш погляд, до таких основних блоків якісних характеристик, що впливають на валютний курс, відносяться: стан паливно-енергетичного комплексу України; стан сільського господарства України; політика Національного банку; економічні відносини України з Міжнародним валютним фондом; економічні й політичні відносини України з Росією; внутрішньополітична ситуація в Україні; міжнародні пільги або санкції, які можуть бути застосовані до України; можливі форс-мажорні обставини; природні умови України.

Розглянемо детальніше ці *основні блоки якісних факторів (чинників)*, які, на нашу думку, найбільше впливають на курс національної валюти України. Визначення цих чинників має особливе значення, оскільки їх можна описати лінгвістично за допомогою теорії нечітких множин.

1. Стан паливно-енергетичного комплексу України.

Для витратної української економіки вирішення проблеми енергозбереження без перебільшення є одним з найважливіших чинників не тільки економічного зростання, але й забезпечення стабільності функціонування економіки України в цілому. Так, при підвищенні цін на продукцію паливно-енергетичного комплексу відбуваються негативні зрушення в напрямку збільшення цін на продукцію базових галузей промисловості. Такі зрушення

ведуть до підвищення загального рівня цін, знецінення національної валюти та зміни її обмінного курсу відносно інших світових валют.

Проаналізуємо ситуацію в паливно-енергетичному комплексі України, що склалася в 2000 році. Ця ситуація характеризується як нестійка. Так, за 10 місяців 2000 року темпи виробництва електроенергії знизилися на 1,4% проти приросту виробництва в 7,3% за аналогічний період минулого року (див. рисунок 2.17) [31].

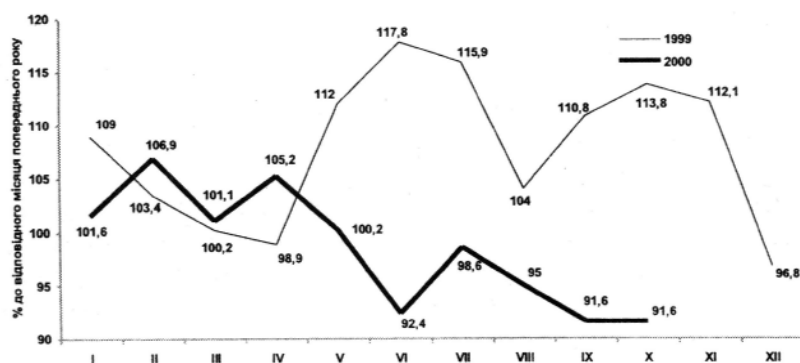


Рисунок 2.17 – Індекси обсягу виробництва електроенергії в Україні

Разом з тим, незважаючи на зменшення в 2000 році обсягу виробництва електроенергії, її експорт протягом року збільшився на 32,5% порівняно з аналогічним періодом минулого року. Зростання експорту електроенергії веде до збільшення валютних надходжень в країну і сприяє стабілізації курсу національної валюти.

У більш складному положенні знаходиться паливна промисловість України. Ця промисловість залишається однією із галузей, в якій, незважаючи на значні зусилля держави щодо її реформування, все ще не відбулося зростання обсягів виробництва. Так, за 10 місяців 2000 року у порівнянні з відповідним періодом 1999 року падіння обсягів виробництва в паливній промисловості склало 6,8%. Щомісячна динаміка індексів реального обсягу виробництва паливної промисловості України наведена на рисунку 2.18 [31].

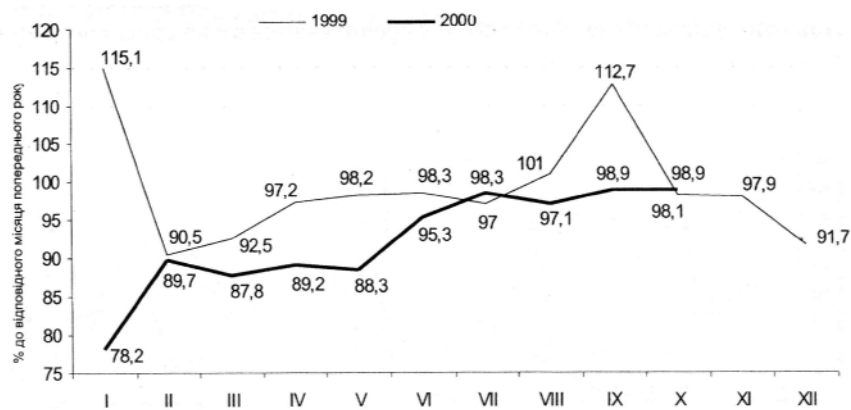


Рисунок 2.18 – Індекси реального обсягу виробництва паливної промисловості України

Негативним фактором, що впливає на розвиток паливної галузі України, є залежність цін на нафту і газ, що надходять в Україну, від світових цін на ці ресурси та від цінової політики Росії у питаннях поставок нафтопродуктів. Так, у квітні 2002 роздрібні ціни на нафтопродукти виросли в Україні на 13-20%. Ціни на “чорне золото” в Україні почали зростати з березня 2002 року і збільшилися за рік на 47,9%. Трейдери, у свою чергу, пов'язують підвищення цін зі збільшенням експорту нафтопродуктів українськими нафтопереробними заводами.

Ще одним чинником песимістичного розвитку подій можна вважати підвищення Росією експортного мита на нафту з 9,2 до 20,7 доларів США за тону. (Примітка. На момент підготовки монографії до друку Росія встановила з 01.01.2005 року експортне мито у розмірі 101,0 долар за тону). Така ситуація постійно підвищує попит на іноземну валюту, що створює передумови для знецінення національної валюти [85]. Міністерство економіки та з питань європейської інтеграції України прогнозує подальше підвищення цін на нафтопродукти і пояснює це зростанням світових цін на нафту.

Таким чином можна зробити висновок, що від стану паливно-енергетичного комплексу залежить не тільки розвиток економіки будь-якої країни, але й співвідношення курсу її національної валюти до інших валют.

Для України, економіка якої є структурно zdeформованою та імпортно залежною в частині енергоносіїв, рівень паливно-енергетичної самозабезпе-

ченості значною мірою впливає на стабільність національної валюти. Тому при побудові моделі прогнозування валютного курсу оцінювання стану паливно-енергетичного комплексу України та використання цієї оцінки як фактора формування валютного курсу є доцільним і обґрунтованим.

2. Стан сільського господарства України.

Економіка України є не тільки промисловою, а й аграрною. Сільське господарство в значній мірі формує величину валового внутрішнього продукту України. На даний час сільське господарство залишається однією з галузей національної економіки, де економічне зростання відбувається повільно і складно. Так, лише з серпня 2000 року в Україні розпочалося зростання реальних обсягів сільськогосподарського виробництва, яке склало 0,2% порівняно з попереднім роком. Більш очевидною є позитивна динаміка зростання сільськогосподарського виробництва протягом третього та четвертого кварталів 2000 року. Так, реальний обсяг виробництва сільськогосподарської продукції у січні-вересні 2000 року збільшився проти аналогічного періоду 1999 року на 1,3 %, а в січні-жовтні 2000 року – відповідно на 2,1 % (див. рисунок 2.19) [31].

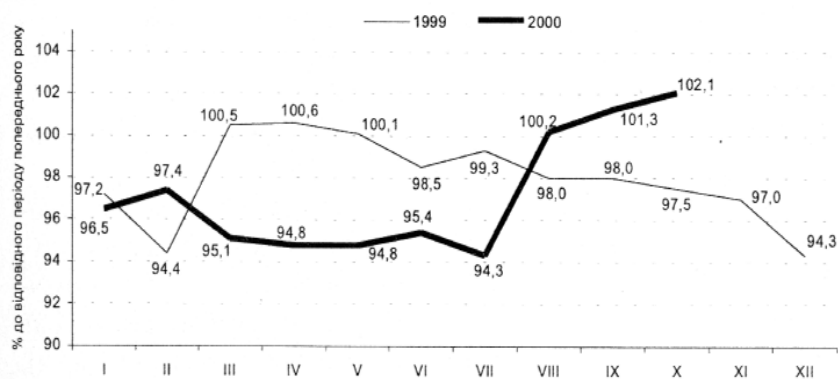


Рисунок 2.19 – Індекси реальних обсягів виробництва сільськогосподарської продукції

На розвиток агропромислового сектора економіки в 2000 році в Україні була спрямована низка заходів, які передбачали реформування права власності на землю, зміни умов кредитування АПК, зміни умов заготівлі та реалізації зерна нового урожаю тощо. Ці та інші кроки державного регулювання

були визначені згідно з Указом Президента України від 03.12.99 року № 1529/99 “Про невідкладні заходи щодо прискорення реформування аграрного сектора економіки”.

Аналіз розвитку агропромислового сектора України показує, що стримуючим чинником розвитку сільськогосподарського виробництва залишається незадовільний фінансовий стан галузі, що частково пояснюється диспаритетом цін ресурсного забезпечення галузі та цін реалізації сільськогосподарської продукції.

До негативних чинників розвитку агропромислового сектора економіки слід віднести зменшення попиту на сільськогосподарську продукцію українських виробників за кордоном. Так, у січні-вересні 2000 року обсяг експорту продукції сільського господарства становив лише 25% проти відповідного періоду 1999 року [31]. Водночас імпорт сільськогосподарської продукції за січень-вересень 2000 року зріс більше ніж у 3 рази.

В цілому виробництво сільськогосподарської продукції в Україні в 2000-2002 роках має тенденцію до зростання (див. рисунок 2.20) [86].

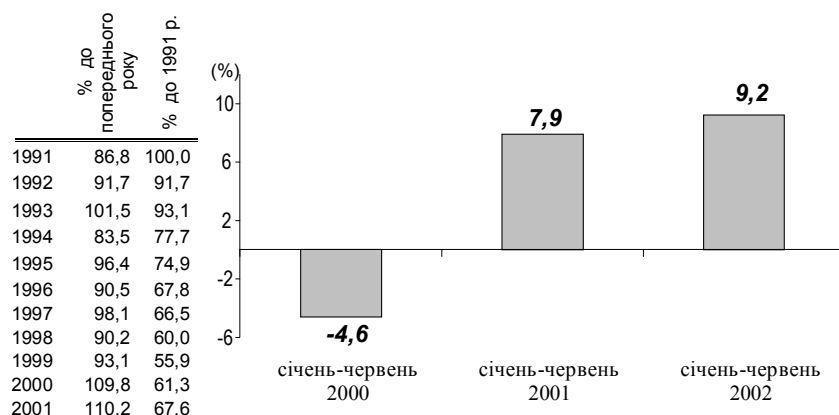


Рисунок 2.20 – Обсяги приросту сільськогосподарського виробництва в Україні в 2000-2002 роках

За січень-червень 2002 року виробництво сільськогосподарської продукції в усіх категоріях господарств зросло у порівняльних цінах на 9,2% проти 7,9% у відповідному періоді 2001 року, в тому числі в сільськогосподарських господарствах колективної форми власності – на 16,4%, а в приват-

ному секторі – на 6,4%. Загальний обсяг продажу продукції сільськогосподарськими підприємствами за перше півріччя 2002 року порівняно з відповідним періодом 2001 року зріс на 24%, в тому числі продукції рослинництва – на 44%, продукції тваринництва – на 15%.

До позитивних процесів, що відбуваються в агропромисловому комплексі України, можна віднести зростання питомої ваги виробництва сільськогосподарської продукції приватними господарствами. Так, обсяг валової сільськогосподарської продукції, виробленої ними у 1999 році, в 1,5 рази перевищував валовий обсяг сільськогосподарської продукції, виробленої колективними та державними підприємствами. Приватний сектор сільського господарства має позитивну тенденцію розвитку, що сприяє розвитку сільськогосподарського виробництва та стабілізації національної валюти.

З іншого боку, низька цінова конкурентоспроможність сільськогосподарської продукції на світовому ринку, недостатність капіталовкладень в розвиток агропромислової сфери, диспаритет цін на промислову та сільськогосподарську продукцію тощо обмежують придбання необхідних матеріально-технічних ресурсів, необхідних для прискорення розвитку агропромислової сфери. Це обмежує перспективи розвитку аграрно-промислового сектора економіки і може негативно впливати на курс національної валюти. Тому при побудові моделі прогнозування валютного курсу оцінювання стану сільського господарства України та використання цієї оцінки як фактора формування валютного курсу є доцільним та обґрунтованим.

3. Політика Національного Банку України НБУ.

Національний банк України НБУ є головним органом, який визначає валютну політику країни. До функцій НБУ належить: формування стратегії і тактики валютного регулювання; формування й управління валютними резервами країни; здійснення валютних інтервенцій; встановлення й регулювання величини облікової ставки, нормативів обов'язкових резервів комерційних банків; контроль за обсягами та рухом грошової маси в країні тощо. Національний банк України відіграє важливу роль в управлінні зовнішньоекономіч-

ною діяльністю країни передусім через регулювання курсу національної валюти, який безпосередньо впливає на обсяги експорту-імпорту продукції, обсяги інвестицій тощо.

Як відомо, є два основні види валютних курсів: 1) *гнучкі* (або плаваючі курси), коли обмін однієї національної валюти на іншу визначається співвідношенням попиту і пропозиції на ці валюти; 2) *фіксовані* валютні курси, коли держава втручається в процес формування валютного курсу шляхом адміністративного встановлення відповідного рівня обмінного курсу валюти [92], перешкоджаючи тим самим зміні курсу валюти під впливом зміни співвідношення попиту і пропозиції на дану валюту.

Кожен із цих видів валютних курсів має свої переваги та недоліки. *Гнучкі курси* дозволяють встановлювати курси валют автоматично, без втручання держави, в результаті чого дефіциту тієї чи іншої валюти просто бути не може. Але ця система має недоліки [75], до яких можна віднести:

- невизначеність результатів зовнішньої торгівлі й величини отриманих прибутків;
- наявність загрози перерозподілу національного доходу країни;
- можливість погіршення умов зовнішньоекономічної торгівлі при зміні курсу національної валюти тощо.

Фіксовані валютні курси встановлюються деякими країнами з метою усунення недоліків гнучких курсів. При змінах у попиті та пропозиції на іноземні валюти держава для стабілізації курсу національної валюти прямо чи опосередковано втручається в режим функціонування валютного ринку. Існує кілька способів такого втручання [75]:

- використання валютних резервів для здійснення валютних інтервенцій;
- запровадження прямого контролю за торговими й фінансовими потоками;
- раціонування іноземної валюти, коли уряд країни може висунути, наприклад, вимогу про продаж йому всієї валюти, отриманої експортерами. Після цього уряд, у свою чергу, за певними правилами розподіляє

(або раціонує) цю валюту між імпортерами та споживачами, яким вона потрібна;

- проведення відповідної податкової, грошово-кредитної та бюджетної політики, яка б регулювала попит на іноземні товари тощо.

Поведінку гнучкого та фіксованого обмінних курсів можна проілюструвати на ринковій моделі рівноваги курсу валюти, яка будується в системі координат „ X ” та „ Y ”, де на осі „ Y ” відкладається вартість іноземної валюти „ E ”, а на осі „ X ” – обсяг купівлі-продажу „ Q ” іноземної валюти (див. рисунок 2.21).

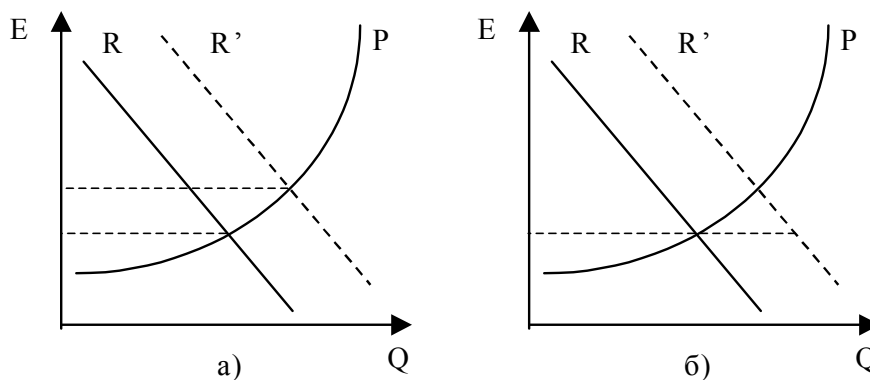


Рисунок 2.21 – Гнучкий та фіксований валютні курси

Так, при системі гнучких курсів обмінний курс валюти визначається тільки співвідношенням попиту і пропозиції на національну та іноземну валюту (рисунок 2.21, а). У випадку зростання попиту на іноземну валюту крива попиту R зсувається праворуч до рівня R' . Таке зростання попиту на іноземну валюту може бути викликане, наприклад, намаганням збільшити імпорт продукції чи бажанням інвесторів та населення збільшити свої іноземні активи. За умови сталої пропозиції P іноземної валюти вказаний зсув призведе до зростання вартості іноземної валюти. А оскільки для придбання іноземної валюти потрібно буде вже більше національної валюти, то це викличе знецінення національної валюти або збільшення її курсу (що у випадку прямого котирування означає її знецінення).

При встановленні в країні системи фіксованих валютних курсів (див рис. 2.19, б) завданням Національного банку є підтримка визначеного рівня курсу національної валюти. Це можна робити шляхом купівлі-продажу такої кількості іноземної валюти, яка б дозволила урівноважити попит і пропозицію на цю валюту, забезпечуючи тим самим стабільність національної валюти. Такий продаж іноземної валюти означає ніщо інше, як *валютну інтервенцію*. Звичайно, валютні інтервенції не можуть продовжуватись постійно. При припиненні валютних інтервенцій перевищення попиту на іноземну валюту над її пропозицією може призвести до встановлення нового, вищого рівня курсу національної валюти (що при умові прямого котирування валюти означає її знецінення) або до відмови від системи фіксованих курсів взагалі [76].

Однією із форм валютного регулювання є запровадження так званого *валютного коридору* – тобто установлення державою фіксованих меж зміни курсу національної валюти до валюти (валют) провідної країни. У певні періоди часу така система регулювання валютного курсу відповідала стану економіки України [1].

За час незалежності Україна випробувала різні системи встановлення валютного курсу. Фактична фіксація номінального валютного курсу в Україні здійснювалась протягом 1996-1998 років і навіть за відносно невисокого рівня інфляції (40% в 1996 році, 10% – в 1997 році та 20% – в 1998 році) призвела до певної стабілізації курсу гривні, але погіршила конкурентоспроможність українського експорту. Це призвело до втрати валютних резервів країни і примусило Національний банк України перейти спочатку у регулюванні валютного курсу від системи фіксованих курсів до системи валютного коридору, а потім – до системи гнучких курсів з застосування певних заходів адміністративного впливу [76].

Таким чином можна зробити висновок, що валютна політика НБУ самим безпосереднім чином впливає на рівень цін, обсяги експорту-імпорту товарів тощо. Тому опис політики НБУ у вигляді експертного лінгвістичного висловлювання та використання його при моделюванні курсу національної

валюти є новим рішенням, яке підвищить якість прогнозу курсу національної валюти України.

4. Економічні відносини України з Міжнародним валютним фондом МВФ.

Міжнародний валютний фонд МВФ – це спеціалізована установа ООН, яка була створена в 1944 році у м. Бреттон-Вудс (США). Фактично МВФ почав свою діяльність з 1946 року. Однією із задач МВФ є регулювання і підтримка курсів національних валют держав-членів Фонду [93].

Протягом десятиліть свого існування МВФ постійно змінював напрями своєї діяльності, коригуючи їх у відповідності до економічної ситуації, що складалася в світі. На сьогоднішній день МВФ ставить перед собою мету сприяння міжнародному співробітництву в сфері валютної політики; забезпечення зростання обсягів світової торгівлі; сприяння розвитку виробничого потенціалу всіх держав-членів МВФ; підтримку стабільності курсів національних валют; удосконалення валютних відносин та системи розрахунків між державами-членами МВФ; усунення обмежень у переміщенні валюти між країнами; надання кредитів для покриття дефіциту платіжного балансу держав-членів МВФ та інші. Міжнародний валютний фонд працює за такими принципами:

- заборона маніпуляцій валютним курсом;
- проведення валютних інтервенцій на валютних ринках для попередження або припинення валютної кризи;
- врахування кожною країною інтересів партнерів у випадку здійснення валютних інтервенцій, коли ці інтервенції здійснюються у валюті цих країн, тощо.

До основних функцій МВФ належать: співробітництво в сфері міжнародної валютної політики і міждержавного платіжного обороту; фінансова допомога країнам для подолання дефіциту платіжного балансу; консультування і співробітництво в сфері міжнародних валютних відносин тощо.

Взаємовідносини України з Міжнародним валютним фондом розпочалися з 1992 року і включають співпрацю в сфері зовнішніх займів і заборгованості, зовнішній торгівлі, підтримки стабільності курсу національної валюти, забезпечення конкурентоспроможності українського експорту, розробки та реалізації антидемпінгових заходів [17] тощо, що самим безпосереднім чином впливає на стан економіки України та курс її національної валюти.

Так, за певних економічних, політичних і міжнародних обставин МВФ може здійснювати політику, спрямовану на підтримку та захист економічних інтересів України. І навпаки, при невиконанні Україною взятих на себе зобов'язань та статутних положень Міжнародного валютного фонду цей Фонд, у відповідності зі своїми принципами, може запроваджувати проти України (як і проти будь-якої іншої країни) певні фінансові санкції. Ці санкції можуть призвести до погіршення економічного стану економіки країни та викликати дестабілізацію курсу національної валюти.

Тому опис економічних відносин України з Міжнародним валютним фондом у вигляді експертного лінгвістичного висловлювання (висновку) та використання його при прогнозуванні курсу національної валюти є новим рішенням, яке підвищить якість прогнозу курсу національної валюти.

5. Економічні й політичні відносини України з Росією.

Росія – наш найближчий сусід, один із основних стратегічних торгових партнерів. І хоча в останні роки роль і місце Росії в економічному розвитку України зменшились, економічний і політичний стан Росії протягом значного періоду часу ще буде мати безпосередній вплив на нашу країну. Україна і Російська Федерація є стратегічними торговими партнерами тому, що їх взаємні економічні інтереси історично зумовлені високим рівнем виробничих, коопераційних і технологічних зв'язків практично в усіх галузях економіки.

Щоб правильно врахувати взаємовідносини України з Росією та їх вплив на формування валютного курсу, потрібно проаналізувати сутність макроекономічних процесів, що відбуваються в економіках двох країн, вивчити

механізми формування і перерозподілу доходів між окремими галузями національних економік та територіями країн, їх вплив на стабілізацію чи дестабілізацію внутрішньої економічної ситуації тощо. Так, наприклад, посилення економічної конфронтації з Російською Федерацією може викликати певну напругу в митній політиці, ціноутворенні тощо, що може негативно вплинути на курс національної валюти України [31].

Інтереси України у відносинах з Російською Федерацією полягають у створенні сприятливих умов для розвитку довгострокових економічних зв'язків, передбачають створення спільних транснаціональних корпорацій, фінансово-промислових груп і підприємств в провідних галузях промисловості, сільського господарства та сфери послуг. Взаємозалежність економік України і Росії можна проілюструвати так: станом на 01.06.2002 року обсяг експорту товарів з України до Російської Федерації становив 17,3% від загального обсягу експорту (в минулому році – 25,6%), а обсяг імпорту товарів з Росії до України – 36,0% (в минулому році – 38,1%) [86].

У випадку, коли економічні дії двох країн скоординовані, то Україна від зовнішньоекономічних зв'язків з Росією отримує значну економічну вигоду. У випадку конфронтаційних економічних дій Україна від зовнішньоекономічних зв'язків з Росією може зазнати певних збитків, наприклад, через запровадження Росією митних тарифів, відкриття антидемпінгових процедур проти українських експортерів тощо. Це врешті-решт може негативно відбитися на українських виробниках, зменшити обсяг експорту товарів тощо, що може вплинути на стабільності курсу національної валюти України.

Тому опис економічних і політичних відносин України з Росією у вигляді експертного лінгвістичного висловлювання та використання його при прогнозуванні курсу національної валюти є новим рішенням, яке підвищить якість прогнозу курсу національної валюти.

б. Внутрішньополітична ситуація в Україні.

Значний вплив на курс національної валюти будь-якої країни учиняє політична стабільність (або нестабільність), що має місце в цій країні. Даний

фактор позитивно відбивається на стійкості національних валют більшості країн з розвинутою ринковою економікою саме тому, що ці країни мають стабільну політичну систему. І навпаки, в політично нестабільних країнах внутрішньополітична ситуація завжди створює передумови для ослаблення національних валют. Для України, як і для Росії, цей фактор відіграє суттєву роль. Відносна нестабільність внутрішньої політичної ситуації в цих країнах стримує іноземних інвесторів і робить ці країни не дуже привабливими для вкладання іноземного капіталу.

В країнах з нестабільною внутрішньополітичною ситуацією власники іноземної валюти та цінних паперів повинні постійно й уважно стежити за діями уряду держави в питаннях регулювання обігу грошей, кредитування, інвестування тощо. Так, передбачення можливої зміни влади, пропозиції про можливу конфіскацію приватної власності, обмеження обігу іноземної валюти, збільшення податків тощо посилюють як політичну, так і економічну нестабільність в країні, викликають недовіру до національної валюти та можуть викликати її знецінення.

Для України стабільна внутрішньополітична ситуація має дуже важливе значення для забезпечення стабільності курсу національної валюти. Не випадково, Міжнародне рейтингове агентство Fitch Ratings постійно попереджає про наявність політичних ризиків в Україні. Таке попередження було зроблене перед виборами у Верховну Раду України в березні 2002 року, перед проведенням опозицією демонстрацій у вересні 2002 року. Агентство Fitch Ratings також звертає увагу на те, що відмова МВФ у продовженні кредитування України може сприйматися як сигнал слабкості реформаторських дій українського Уряду, що посилює внутрішньополітичну напруженість в країні.

Нестійка внутрішньополітична ситуація вносить нестабільність в економіку країни та в зовнішньоекономічну діяльність суб'єктів підприємництва. Все це може суттєво впливати на курс національної валюти.

Примітка. Під час підготовки у грудні 2004 року даної монографії до друку даний висновок був повністю підтверджений реальними внутрішньополітичними подіями, що відбулися в Україні. Нестабільна внутрішньополітична ситуація в Україні, яка була обумовлена фальсифікаціями другого туру президентських виборів 21 листопада 2004 року, викликала економічну нестабільність в країні, в результаті чого ринковий курс національної валюти по відношенню до долара США карколомно змінився з $1\$ = 5,3$ грн. до $1\$ = 6...9$ грн.

Таким чином, оцінювання внутрішньої політичної ситуації в країні при прогнозуванні і моделюванні валютного курсу, особливо для країн з нестабільною внутрішньополітичною ситуацією, є абсолютно необхідним. Опис стану внутрішньополітичної ситуації в Україні у вигляді експертного лінгвістичного висловлювання та використання його при прогнозуванні курсу національної валюти є таким, що підвищить якість прогнозу курсу національної валюти.

7. Міжнародні пільги або санкції до України.

Існуюча економічна взаємозалежність держав, посилення економічної конкуренції тощо можуть стати джерелом напруги і привести до запровадження певних економічних санкцій або обмежень з боку міжнародних організацій та окремих країн до інших країн або їх виробників. Ця ситуація не є новою: в історії було багато економічних конфліктів, які виникали в результаті розбіжностей в комерційних інтересах. Дуже часто одна із сторін запроваджувала жорстку економічну політику до іншої сторони, що повинно було вирішити проблеми на користь першої країни за рахунок іншої країни.

В даний час ймовірність настання такої ситуації в світовій економіці не зменшується, хоча все частіше держави прагнуть вирішувати свої економічні конфлікти шляхом переговорів. Якщо конфлікти не вирішуються, то до певної країни або її виробників можуть бути застосовані економічні санкції, які практично завжди негативно впливають на стан економіки цієї країни та

курс її національної валюти, а при певних умовах можуть навіть спричинити економічну кризу.

Слід зазначити, що станом на 01.08.2002 року Україна також потерпала від економічних санкцій, запроваджених проти неї міжнародними організаціями та окремими країнами.

Наприклад, Світовий банк поставив умовою надання Україні другого траншу Програмної системної позики в розмірі 250 млн. доларів виконання Україною бюджету даного року, проведення приватизації обласних енергокомпаній, реструктуризацію Ощадбанку, створення державного органу з реєстрації прав власності та інші умови [91]. Зрозуміло, що така позиція Світового банку примушує Україну приймати рішення, які не завжди віддзеркалюють її національні інтереси. При певних умовах це може викликати економічні втрати для країни та спровокувати нестабільність національної валюти.

Значні втрати несе Україна від запровадження США в 2002 році ввізного мита на сталь та металопрокат. За попередніми оцінками експертів ці втрати складуть від 63 до 220 млн. доларів у рік [85]. Відомо, що американський ринок займає біля 11% у загальному обсязі експорту українського металу. В результаті, якщо в 2000 році Україна експортувала до США більше 1,4 млн. тонн металопрокату, то за чотири місяці 2002 року – всього 114 тис. тонн. Зрозуміло, що така ситуація негативно впливає на обсяги надходження іноземної валюти в Україну та на стабільність курсу національної валюти.

Не сприяють збереженню стабільності курсу національної валюти України й економічні „війни” з Росією, зокрема запровадження сторонами антидемпінгових мит до певних виробників та товарів. Справа в тому, що вартість імпорту російських товарів, до яких Україна застосувала спеціальні або антидемпінгові мита, значно нижче вартості української продукції, по відношенню до якої в Росії були застосовані аналогічні міри. Так, вартість російського імпорту в Україну, до якого були застосовані антидемпінгові са-

нкції, складає 1,82 млн. доларів США на рік, а вартість українського імпорту до Російської Федерації – більше 430 млн. доларів США [86].

В даний час в Україні все ще відсутній ефективний механізм запобігання санкцій, які можуть накладати на українських експортерів товарів і послуг міжнародні організації та окремі країни. Україна тільки стоїть на шляху формування відповідної законодавчої бази, створення відповідних економічних передумов для входження в міжнародні організації та набуття рівноправного членства в них.

Тому опис наявності міжнародних санкцій або пільг до України з боку міжнародних організацій та окремих країн у вигляді експертного лінгвістичного висловлювання та використання його при прогнозуванні курсу національної валюти є виправданим і доцільним.

8. Форс-мажорні обставини.

Під форс-мажорними обставинами будемо розуміти такі події, які неможливо врахувати і які несуть певні негативні наслідки для економіки України. Такими подіями можуть бути військові дії, різноманітні катастрофи тощо, тобто все те, що може заподіяти серйозну шкоду економіці країни. При настанні таких обставин виникає додаткове навантаження на державу у плані ліквідації наслідків форс-мажорних обставин. Це, в свою чергу, вимагає додаткових витрат з державного бюджету і за певних умов може суттєво впливати на курс національної валюти. Тому виникає необхідність врахування цього чинника при прогнозуванні валютного курсу.

Опис наявності форс-мажорних обставин у вигляді експертного лінгвістичного висловлювання та використання його при прогнозуванні курсу національної валюти є доцільним і виправданим. При цьому пропонується описувати наявність форс-мажорних обставин такими лінгвістичними виразами:

- „форс-мажорні обставини є”, що передбачає можливість суттєвого знецінення гривні;

- „форс-мажорні обставини можливі”, що передбачає можливість несуттєвого знецінення гривні;
- „форс-мажорних обставин немає”, що передбачає стабільність гривні.

9. Природні умови в Україні.

Природні умови будь-якої країни суттєво впливають на розвиток економіки цієї країни. Від природних умов залежить розвиток сільського господарства, базових галузей промисловості, робота електростанцій, стан переробного комплексу та розвиток інших галузей. Наприклад, якщо під врожай зернових були взяті кредити, але через погані природні умови сподівання не справдились, то це може викликати збільшення витрат бюджету на покриття незапланованих збитків. В свою чергу, це може спричинити нестачу коштів для фінансування інших сфер економіки, змінити умови здійснення зовнішньоекономічної діяльності, грошово-кредитну, бюджетну, митну політику держави тощо. Наслідком цього може бути зміна курсу національної валюти.

Таким чином, опис природних умов України у вигляді експертного лінгвістичного висловлювання та використання його при прогнозуванні курсу національної валюти є доцільним і виправданим. При цьому пропонується описувати природні умови таким чином:

- „погані” або „негативні” умови, до яких будемо відносити катастрофи, зливи, буревії, повені та інші,
- „нормальні”;
- „сприятливі”.

В результаті можна зробити загальний висновок: вищенаведені кількісні та якісні чинники, які впливають на курс національної валюти України, можна оцінити як кількісно, так і лінгвістично та використовувати як вхідні параметри (змінні) при побудові макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу в Україні.

2.3. Рефлексивні процеси та їх вплив на стан валютного ринку

Рефлексивні процеси – це процеси, які віддзеркалюють дії людей при прийнятті рішень в тих чи інших економічних ситуаціях, включаючи прийняття рішень на фінансових, валютних ринках [94], ринках товарів і послуг тощо. Розглянемо основні особливості рефлексивних дій учасників валютного ринку з метою врахування цих дій при розробці макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти.

Відомо, що природничі науки досліджують процеси, що складаються з низки послідовно взаємозалежних подій, які відбуваються поза бажанням та волевиявленням людей. Коли ж у подіях приймають участь свідомі учасники – люди, то предмет дослідження не обмежується тільки вивченням взаємозалежних подій, а охоплює також вивчення та аналіз сприйняття учасниками тих чи інших подій. У цьому випадку причинно-наслідкові зв'язки вже безпосередньо не ведуть від одних подій до інших, а віддзеркалюють більш складні взаємозалежності, а саме: від настання одних подій – до сприйняття цих подій, та від сприйняття цих подій – до нових подій.

Вивчення цих взаємозалежностей не створювало б значних труднощів, якби існувала певна відповідність між подіями та сприйняттями цих подій свідомими учасниками – людьми. На жаль, це нереально, оскільки сприйняття учасниками тих чи інших подій в багатьох випадках визначається не подіями безпосередньо, а ситуацією, яка формується власними сприйняттями учасників цих подій, і тому ці сприйняття не можуть трактуватися однозначно.

Економічна теорія частково вирішує це питання, увівши припущення про раціональну поведінку людей. Ця теорія вважає, що люди завжди діють, обираючи кращу з можливих альтернатив того чи іншого рішення. Економічна теорія виходить із твердження, що учасники ринку діють на основі досконалого знання, яке робить розподіл матеріальних, трудових та фінансових ресурсів завжди оптимальним. У дійсності ж люди можуть діяти на основі

так званого недосконалого знання [95] і приймати рішення інтуїтивно, під впливом певних обставин.

У повній мірі цей висновок відноситься до валютного ринку, на якому діє величезна кількість свідомих учасників. Дослідження показують, що на валютних ринках замість плавних, поступових переходів від однієї сукупності умов до іншої, на основі якої визначається значення того чи іншого показника (наприклад, курсу валюти), ми маємо постійні перепади сукупності цих умов. Це пояснюється тим, що учасники валютного ринку при прийнятті рішень часто спираються не на аналіз об'єктивної сукупності умов, а на власне бачення, власне сприйняття цих умов. Ця обставина призводить до появи невизначеності в процесі прогнозування стану валютного ринку, робить предмет дослідження таким, що в меншій мірі піддається узагальненню, характерному для природничих наук. Більше того, оскільки цей елемент невизначеності для деяких учасників ринку може мати руйнівні наслідки, то економічна теорія, щоб зменшити значення цих негативних наслідків, взагалі не розглядає цей елемент невизначеності.

Дійсно, існує безліч ситуацій, коли уподобання (пріоритети, переваги) учасників валютного ринку вважаються стійкими, визначеними, а елемент невизначеності, який створюється цими ситуаціями, є незначним, яким можна проігнорувати. В цьому випадку спрогнозувати дії учасників валютного ринку, які у своїй поведінці керуються так званими досконалими знаннями, не дуже складно. Але за деяких, особливих обставин невизначеність може стати такою, що вона вступить в "гру" і почне самим непередбаченим чином впливати на хід подій на валютному ринку. Тобто гору при прийнятті рішень починають брати не досконалі знання, а рефлексивні дії учасників валютного ринку.

Можна стверджувати, що існують випадки, коли рефлексивні дії учасників валютного ринку впливають не тільки на ринковий курс валют, але й на загальні умови функціонування всього валютного ринку. Саме в цьому випадку *рефлексивність* набуває дуже важливого значення, тому що здатна

найнесподіванішим чином змінити ситуацію на валютному ринку. Така ситуація на валютних ринках складається не часто. Але коли вона виникає, курси валют на валютному ринку починають „поводити” себе незрозумілим чином. Вони вже не віддзеркалюють фундаментальні умови функціонування валютного ринку та економіки взагалі, а самі стають частиною цих фундаментальних умов. Це робить поведінку курсів валют невизначеною, а самі курси валют – нестабільними [96].

Таким чином можна виділити два стани валютного ринку: *перший*, переважний, коли ринок розвивається за законами ринкової економіки; *другий*, рефлексивний, коли учасники ринку при прийнятті рішень спираються не тільки на об'єктивні умови функціонування ринку, а в значній мірі – на своє розуміння цих умов. Звідси можна зробити висновок, що *рефлексивність* є особливим випадком, який періодично виникає на валютному ринку.

Згідно із загальноприйнятою думкою, що ринок завжди правий, можна стверджувати, що ринкові курси валют завжди прагнуть правильно компенсувати майбутні зміни, навіть коли незрозуміло, що ж це будуть за зміни. Можна дотримуватися й протилежної точки зору, згідно якої ринкові курси валют завжди „зрадливі” в тому значенні, що вони віддзеркалюють погляд на майбутнє, який базується на уподобаннях (перевагах, пріоритетах) учасників валютного ринку. На наш погляд, доцільно об'єднати ці протилежні думки: з одного боку, на хід подій на валютному ринку впливають учасники валютного ринку, які приймають рішення на основі врахування фундаментальних умов функціонування ринку; з іншого боку, власне розуміння учасниками валютного ринку цих фундаментальних умов, тобто їх уподобання (переваги, пріоритети) також можуть суттєво впливати на хід подій на валютному ринку.

Може скластися враження, що ринки завжди правильно передбачають майбутні зміни в економічних процесах, але насправді не очікування відповідають майбутньому ходу подій, а майбутні події в значній мірі формуються цими очікуваннями. Саме на цій тезі і базується *теорія рефлексивності*, від-

мінності між якою і класичною моделями управління економічними процесами наведені на рисунку 2.22 [97].

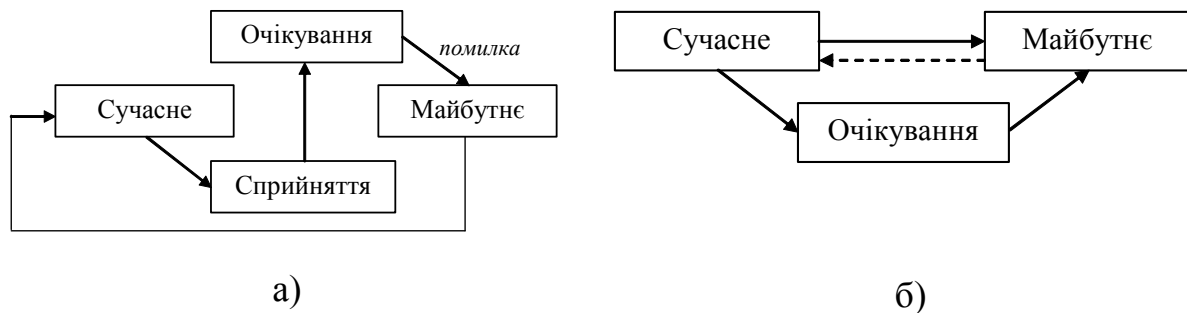


Рисунок 2.22 – Рефлексивна „а” та класична „б” моделі управління економічними процесами

Основною відмінністю між класичною і рефлексивною моделлю управління економічними процесами полягає в тому, що остання модель управління досліджує та враховує при аналізі та прийнятті рішень таке поняття, як „сприйняття” [98,99] учасниками ринку тих чи інших подій, що відбуваються на цьому ринку.

Теоретичне обґрунтування теорії рефлексивності полягає в тому, що взаємозв'язок між *мисленням учасників і ситуацією*, в якій вони опинились і повинні приймати рішення, може бути розбитий на дві функціональні залежності:

- розуміння (осмислення) ситуації учасниками – когнітивною або пасивною функцією $y = f(x)$;
- вплив цього осмислення (або мислення учасників) на ситуацію – активною функцією або функцією впливу $x = \varphi(y)$.

Можна бачити, що ці дві функції працюють у протилежних напрямках: у когнітивній функції незалежною змінною є ситуація „ x ”; у функції впливу такою незалежною змінною є мислення учасників „ y ”.

Звідси рефлексивність можна описати формулами [2]:

$$\begin{cases} y = f[\varphi(y)] \\ x = \varphi[f(x)] \end{cases} \quad (2.19)$$

Процес рефлексивної дії суттєво відрізняється від процесів, які досліджуються природничими науками, де одна сукупність подій настає за іншою без будь-якого втручання з боку учасників цих процесів. У тому випадку, коли існують свідомі учасники, послідовність подій настає не автоматично, а перехресним способом з'єднує певні події (факти) зі сприйняттям цих подій учасниками, а сприйняття учасників – з наступними подіями (фактами) [95, 96, 97].

Таким чином, функціональні залежності, наведені у формулі 2.19, можна використовувати для оцінювання стану валютного ринку. Цей стан може бути як *самокорегуючим* (когнітивна функція), так і *самопідсилюючим* (активна функція.) При побудові макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу ці залежності повинні задаватися експертами на основі спостережень за поведінкою учасників валютного ринку.

Схематично рефлексивні дії учасників валютного ринку можна показати за допомогою графіка, наведеного на рисунку 2.23.

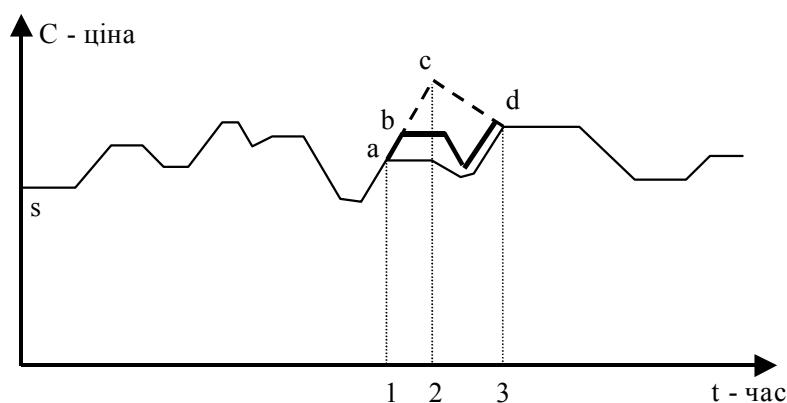


Рисунок 2.23 – Рефлексивні дії учасників валютного ринку на ділянці (b-d) (s – курс будь-якої валюти)

Припустимо, що в момент часу „1” учасники валютного ринку мають інформацію про курс валюти та прогноз зміни цього курсу в майбутньому, який показаний ділянкою „a-b”.

Маючи інформацію про можливе підвищення курсу валюти (ділянка „a-b”), учасники ринку почнуть активно купувати валюту з надією продати її

пізніше за більш високою ціною. Тут можуть початися так звані рефлексивні дії. Процес купівлі валюти може стати самопідсилюючим, тобто учасники валютного ринку, покладаючись на своє сприйняття ситуації, почнуть збільшувати купівлю валюти, підвищуючи при цьому й ціну самої валюти („b-c” – рефлексивні дії). Але може трапитись так, що курс валюти буде зростати в більшій мірі, ніж це реально повинно було б бути. Учасники валютного ринку в певний момент часу усвідомлять свою помилку, зменшать купівлю валюти, в результаті чого відбувається падіння курсу валюти (ділянка „c-d”). Таким чином, на ділянці „b-c” процес *самопідсилюється*, а на ділянці „c-d” процес *самокорегується*.

Ділянка „b-d” – є так званою *рефлексивною ділянкою* і являє для нас найбільший інтерес, тому що вона не може бути спрогнозована класичними методами. Саме на цій ділянці учасники валютного ринку, не усвідомлюючи ситуацію повною мірою, не вибирають найкращу з можливих альтернатив, як припускає класична теорія, а діють на основі власного інтуїтивного розуміння ситуації.

Ситуація на рефлексивній ділянці „b-d” найбільш сильно може вплинути на валютний ринок, величину валютних курсів, принести учасниками валютного ринку величезні доходи або збитки тощо. Вивчення цього рефлексивного процесу є актуальним і найбільш складним завданням, а врахування рефлексивних дій учасників валютного ринку при побудові макроекономічних моделей прогнозування валютних курсів може значно покращити якість зроблених прогнозів.

Опишемо взаємозв’язок між реальними подіями, рефлексивними діями учасників та майбутнім (майбутніми подіями). Так, наше мислення та наші міркування можуть вплинути на майбутні події, але майбутні події ніяк не можуть вплинути на процес нашого мислення сьогодні. Тільки події, які відбудуться в майбутньому, дадуть нам досвід, який може змінити мислення учасників. Але така ситуація не є абсолютно непереборною завдяки „очікуванням” учасників ринку. А оскільки очікування майбутніх подій не є пасив-

ним у відношенні до самих цих подій і, окрім того, очікування можуть змінитися в будь-який момент, то це може привести і до зміни майбутнього результату (див. рисунок 2.24). Саме це явище постійно відбувається на фінансових та валютних ринках [97].

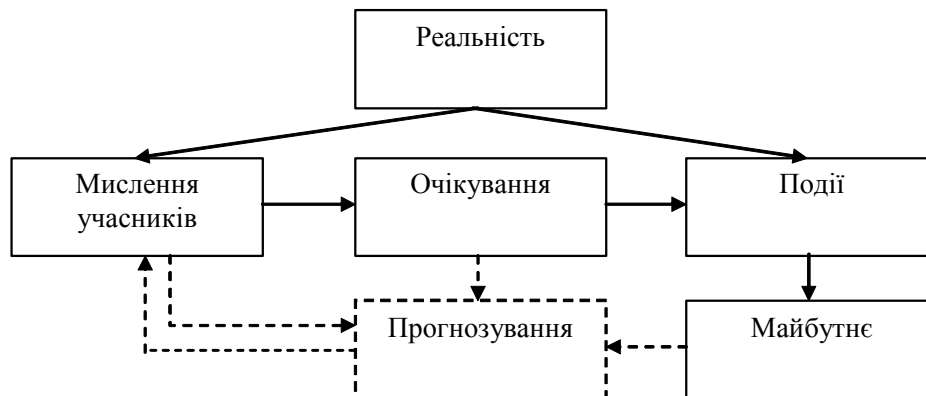


Рисунок 2.24 – Рефлексивна залежність між реальністю і майбутнім

Основою теорії рефлексивності є твердження, що людське мислення активно впливає на події, у яких люди беруть участь і про які думають [2]. Мислення людей при прийнятті рішень відіграє подвійну роль: з одного боку, це пасивне осмислення реальності, яку люди прагнуть усвідомити, а з другого боку, це активний елемент, що впливає на події, в яких люди беруть участь. Взаємозв'язок між мисленням і реальністю (реальними подіями) схематично показаний на рисунку 2.25.

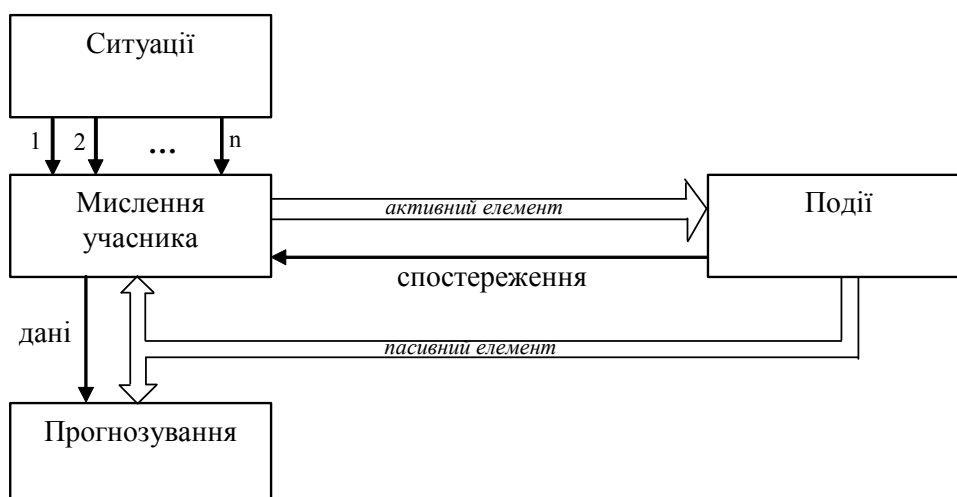


Рисунок 2.25 – Взаємозв'язок між мисленням учасників ринку та реальністю (реальними подіями)

Вплив мислення учасників ринку на реальні події може бути *пасивним та активним*. Так, існують події, що відбуваються незалежно від того, що про них думають: рух планет, затемнення сонця тощо. Тут мислення учасників відіграє винятково пасивну роль. Наукові твердження можуть відповідати або не відповідати законам фізичного світу, але в будь-якому випадку події, що відбуваються, відокремлені від тверджень і не залежать від них.

Суспільні події відбуваються за участю мислячих (свідомих) учасників. Тут співвідношення між мисленням і реальними подіями більш складне. Наше мислення є частиною реальності: воно керує нашими діями, а наші дії впливають на події, що відбуваються. Ситуація залежить від того, що ми думаємо і як ми діємо, керуючись зробленими нами висновками.

Відповідно до правил логіки, ті чи інші твердження вважаються істинними в тому випадку, якщо вони відповідають реальним подіям (фактам). Але в ситуаціях, в яких задіяні мислячі (свідомі) учасники, події, що відбуваються, віддзеркалюють вплив рішень, які були прийняті цими учасниками. В результаті, події, що настають, в певних випадках не можуть вважатися критерієм для визначення істинності тих чи інших тверджень. У цьому полягає причина того, що наше розуміння за своєю суттю є недосконалим. Тому, коли справа доходить до прийняття рішень, майже завжди виникає певне протиріччя між мисленням учасників і реальними подіями (реальністю), оскільки події в певній мірі залежать від сприйняття учасниками цих подій та прийняття на цій основі відповідних рішень [97].

Мислення учасників ринку в певних випадках не визначається подіями, що відбуваються, оскільки воно не має до цих подій ніякого відношення. Учасникам ринку доводиться мати справу насамперед із ситуацією, яка склалася в результаті осмислення цих подій. Тому мислення учасників складає невід'ємну частину цієї ситуації і вносить елемент невизначеності в предмет дослідження.

Особливо варто відзначити той факт, що учасники соціально-економічних подій не можуть обґрунтувати свої рішення з тієї причини, що

повних знань про ці події в момент, коли приймаються рішення, ще не існує. Розглянемо приклад із світу фінансів. Якби учасники фінансового ринку могли діяти на основі досконалих знань, то тоді різні інвестори купували б у певний момент часу одні й ті ж цінні папери. Реально вони здійснюють купівлю різних цінних паперів. І результат, який вони отримують в майбутньому, в багатьох випадках буде відрізнятися від їхніх очікувань, оскільки останні мають певний елемент невизначеності.

Теорія рефлексивності стверджує, що не існує чіткої залежності між мисленням учасників і ситуацією, в якій опинились ці учасники. Тому замість елементу „мислення” краще оперувати терміном „перевага в мисленні” (або „пріоритет у мисленні”) учасників. Схема побудови моделі прогнозування тих чи інших економічних показників і процесів, яка базується на теорії рефлексивності, наведена на рисунку 2.26.

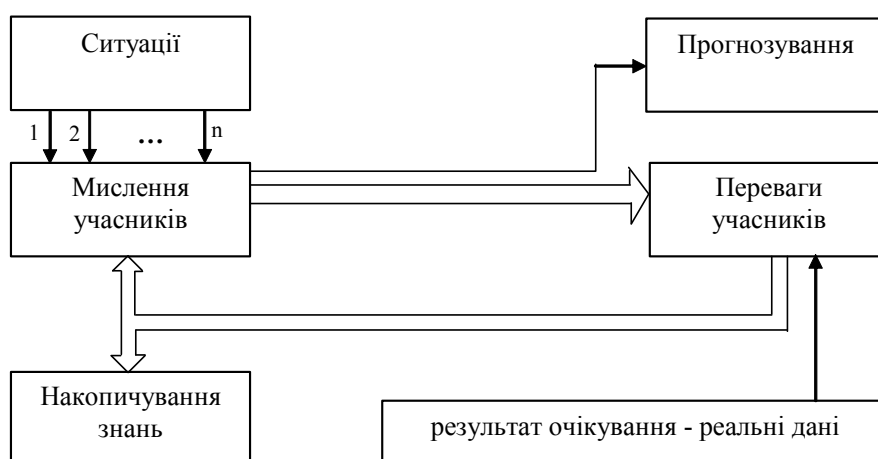


Рисунок 2.26 – Схема побудови моделі прогнозування, що базується на теорії рефлексивності

Теорія рефлексивності припускає, що існує механізм визначення ступеню пріоритету в мисленні учасників. Тобто існує певна послідовність подій, що дійсно настають, і ця послідовність віддзеркалює поведінку учасників ринку. Реальний хід подій, швидше за все, буде відмінним від очікувань учасників, тому ці розбіжності в певній мірі можуть розглядатися як наявність пріоритетів у мисленні учасників. Пріоритети у мисленні учасників визнача-

ються відмінностями між реальними подіями і очікуваннями. При побудові математичної моделі прогнозування валютних курсів на основі нечіткої логіки ми будемо описувати ці процеси шляхом використання лінгвістичних змінних [97].

Відмінною ознакою теорії рефлексивності є також те, що вона передбачає наявність двостороннього (прямого та зворотного) зв'язку між мисленням учасників, очікуваннями і майбутніми подіями. Прямий зв'язок – це сприйняття учасниками ринку ситуації, що склалася на ринку, її осмислення та аналіз в даний момент часу, зворотний зв'язок – це очікування майбутньої ситуації (події). Механізм взаємодії між мисленням учасників, очікуваннями і майбутніми подіями наведений на рисунку 2.27) [97].



Рисунок 2.27 – Зв'язок між мисленням учасників, очікуваннями та майбутніми подіями

При розгляді механізму зворотного зв'язку доцільно виділити *умови, близькі до рівноважних*, коли існують певні механізми коригування, які запобігають надто сильній розбіжності між сприйняттям учасниками ринку тих чи інших подій та реальними подіями; і *умови, далекі від рівноважних*, коли тенденцій до зближення сприйняття учасниками ринку тих чи інших подій та реальними подіями не виникає. У першому випадку, для аналізу економічних процесів можна використовувати класичну економічну теорію ринкової рівноваги і розбіжностями між сприйняттям учасників ринку тих чи інших подій та реальними подіями можна проігнорувати. В другому випадку, теорія ринкової рівноваги стає непридатною, оскільки зміни як у сприйняттях, так і в реальних подіях вже не можуть автоматично викликати нову рівновагу на ринку. Тому важливо розрізняти ці дві ситуації, оскільки те, що є характерним для однієї з них, не є характерним для іншої.

Таким чином можна стверджувати, що рефлексивність не властива природничим наукам, де зв'язок між мисленням учасників подій і подіями є одностороннім. Якщо висновок, зроблений учасниками в ході аналізу ситуації, відповідає наступним подіям (фактам), такий висновок є істинним, якщо ні, то – хибним. Таким способом в природничих науках відбувається процес накопичування знань.

Що ж стосується учасників валютного ринку, то вони при прийнятті тих чи інших рішень позбавлені можливості спиратися на досконалі знання. Свої рішення вони приймають на основі осмислення, сприйняття тих чи інших подій, і ці рішення можуть впливати на майбутні події. В свою чергу, майбутні події, посилюють або послаблюють ті очікування, на які спиралися учасники ринку при прийнятті власних рішень [2]. Урахування саме цієї особливості людського мислення при прогнозуванні курсу валюти є край необхідним.

Наведемо аргументи щодо ефективності застосування теорії рефлексивності для прогнозування курсів валют. Так, традиційний погляд на валютний ринок полягає в тому, що цей ринок постійно прямує до стану рівноваги. Більш дорога національна валюта сприяє збільшенню імпорту товарів та послуг і зниженню експорту товарів і послуг до тих пір, поки не відновиться стан рівноваги. В результаті перевищення обсягу імпорту над обсягом експорту зовнішньоторговельний баланс країни буде мати тенденцію до зменшення до тих пір, поки не стане від'ємним. Держава буде намагатись відновити рівновагу між обсягами експорту та імпорту. Зрозуміло, що це може відбутися при новому значенні курсу національної валюти, а саме – при її знеціненні, що при прямому котируванні означає підвищення курсу національної валюти.

Спекуляції, що відбуваються на валютних ринках, не можуть перешкодити руху курсів валют до рівноваги. Так, якщо окремі гравці на валютній біржі правильно спрогнозують тенденції тих чи інших економічних про-

цесів, вони будуть посилювати ці тенденції; якщо ж ці гравці допустять помилки, то ринок скорегує дії цих учасників [96, 100].

Таким чином можна зробити висновок, що не тільки фундаментальні умови функціонування ринку визначають курси валют, а самі курси валют також „знайшли спосіб” впливати на ці фундаментальні умови. Наприклад, щоб „приборкати” інфляцію в країні, може бути встановлений високий обмінний курс національної валюти. Якщо зарплати в країні залишити стабільними, то це може привести до того, що відносні ціни на імпорتنі товари почнуть падати. У випадку, коли експортні товари будуть містити в собі значну частину імпорتنих комплектуючих, ці товари можуть залишатися конкурентоспроможними протягом значного проміжку часу, незважаючи на постійне підвищення обмінного курсу національної валюти. Про це свідчить, наприклад, валютна політика Німеччини, яку та проводила протягом 70-х років ХХ століття [2].

Для побудови моделі прогнозування валютного курсу з урахуванням рефлексивних дій учасників валютного ринку будемо використовувати змінні та відповідні символи [2, 100], які наведені на рисунку 2.28.

Символи	Змінні, необхідні для побудови моделі прогнозування валютного курсу
e	Номінальний обмінний курс (кількість одиниць іноземної валюти в розрахунку на одну одиницю внутрішньої валюти; $e \uparrow$ = зміцнення курсу);
i	Номінальна процентна ставка
p	Співвідношення внутрішнього й іноземного рівня цін внутрішніх цін ($\uparrow p$ = зростання внутрішніх цін, що випереджає іноземне, і навпаки);
v	Рівень економічної активності
N	Неспекулятивний рух капіталу (\downarrow = зростання вивезення капіталу)
S	Спекулятивний рух капіталу (\uparrow = зростання ввезення капіталу)
T	Торговий баланс (\uparrow = надлишок)
B	Державний бюджет (\downarrow = дефіцит)

Рисунок 2.28 – Змінні, якими можна користуватись для побудови моделі прогнозування валютного курсу

Для побудови моделі прогнозування валютного курсу потрібно установити, як ці змінні взаємопов'язані між собою. Оскільки основною метою наших досліджень є прогнозування валютного курсу, а величина цього курсу залежить від різноманітних чинників, що діють на валютному ринку, то, на наш погляд, можна об'єднати всі ці чинники в три групи:

- торгівля;
- неспекулятивні операції з капіталом;
- спекулятивні операції з капіталом.

Це дає змогу створити найпростішу модель прогнозування валютного курсу [96], яка може бути записана у вигляді формули 2.20:

$$(\downarrow T + \uparrow N + \uparrow S) \rightarrow \downarrow e. \quad (2.20)$$

Зміст наведеної формули полягає в тому, що сума валютних операцій по кожній із цих трьох груп буде визначати напрям зміни курсу національної валюти.

Зосередимо увагу на спекулятивних операціях із капіталом, оскільки саме в цих операціях найяскравіше проявляються пріоритети мислення учасників валютного ринку. Як відомо, спекулятивний капітал постійно переміщується в пошуку більш високої ставки прибутку. Ставка прибутку містить у собі три складові: різницю в процентних ставках, відносну різницю обмінного курсу і відносну різницю у вартості капіталу, якщо він виражений в іноземній та національній валюті. Оскільки третя складова з'являється рідко, то можна сформулювати таке загальне правило: спекулятивний капітал сприяє подорожчанню національної валюти і зростанню процентних ставок [2, 98]. Дане правило можна записати формулою 2.21:

$$\uparrow (e + i) \rightarrow \downarrow S. \quad (2.21)$$

З двох зазначених чинників більш важливішим є курс національної валюти. Навіть незначна зміна курсу національної валюти в одну мить може

одним учасникам валютного ринку забезпечити надприбутки, а іншим – величезні збитки. Це не означає, що різниця в процентних ставках не впливає на отримання прибутків, але цей вплив не такий значний, як зміна валютного курсу.

Очікування, що стосуються майбутніх курсів національних валют, є основною мотивацією при здійсненні спекулятивних операцій з капіталом [2, 96] і можуть бути записані у виді формули 2.22:

$$\uparrow e \rightarrow \downarrow S \rightarrow \uparrow T \rightarrow \downarrow p \rightarrow \uparrow v. \quad (2.22)$$

В загальному вигляді рефлексивний процес відбувається за певною схемою, моделлю. Причому на ранніх стадіях тренд (тобто певна тенденція в зміні курсу валют) повинен підсилюватися, бо в іншому випадку цей рефлексивний процес просто не відбудеться. Чим тривалішим є тренд, тим більш уразливим він стає, оскільки фундаментальні умови функціонування ринку рухаються в напрямку, протилежному цьому тренду. В результаті цього тренд стає все більш залежним від пріоритетів мислення учасників валютного ринку. Зрештою, ринок досягає певної поворотної точки і, якщо мова йде про повний цикл подій, процес почне розвиватися в протилежному напрямку.

Кожен рефлексивний процес є унікальним. Для рефлексивного процесу типовою рисою є те, що він неминуче впливає і на сприйняття учасниками ринку ситуації, і на ситуацію, в якій ці учасники ринку опинилися. Звідси впливає, що будь-яка послідовність подій не може повторити саму себе. Навіть чинники, що з'являються періодично і циклічно взаємодіють між собою, не можуть залишитися незмінними і в різних ситуаціях будуть мати різне значення і нести різне навантаження [100].

Прикладом можуть служити події, що відбулися в Німеччині в 70-х роках ХХ століття [2, 96, 100]. Німецька марка була сильною ($\uparrow e$). Спекулятивні покупки німецької марки грали важливу роль для її посилення ($\downarrow S$) і підтримки високого рівня життя в країні. Німеччина мала додатний зовніш-

ньюторговельний баланс, а сильна позиція її національної валюти допомагала підтримувати внутрішні ціни на низькому рівні. Оскільки в експортних товарах, що виготовлялись в Німеччині, містилась велика частина імпортованих комплектуючих, реальний обмінний курс німецької марки, на протипагу номінальному, залишався більш-менш стабільним ($\downarrow \uparrow e_r$), а його вплив на зовнішньоторговельний баланс був малим ($\uparrow \downarrow T$). Протягом періоду часу, коли переважав спекулятивний ввіз капіталу ($\downarrow S < \uparrow \downarrow T$), рефлексивний процес був підсилюючим, який можна записати у вигляді формули 2.23:

$$\uparrow e \rightarrow p \rightarrow \uparrow \downarrow (e p) \rightarrow (\uparrow \downarrow T < \downarrow S) \rightarrow \uparrow e. \quad (2.23)$$

Оскільки швидкість можливого підвищення валютного курсу німецької марки перевищувала швидкість зростання різниці процентних ставок, то це було основою для збереження стабільним курсу німецької марки. А сам процес спекулятивного ввезення капіталу був самопідсилюючим.

Таким чином можна зробити висновок, що для того, щоб врахувати рефлексивні дії учасників валютного ринку та визнати їх вхідними параметрами (змінними) макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу, потрібно лінгвістично оцінити бажання (наміри) учасників валютного ринку та силу цих бажань (намірів) [101].

Слід підкреслити, що при побудові моделі прогнозування валютного курсу на перший план постає питання визначення вхідної інформації, яка буде використана при здійсненні прогнозів. Від того, наскільки об'єктивною і повною буде ця вхідна інформація, у великій мірі залежить якість зробленого прогнозу. При виборі інформації слід також враховувати, що наявні офіційні дані про стан економіки інколи можуть бути не досить точними або взагалі мало придатними для моделювання. Іншим деструктивним фактором, який частково спотворює офіційні макроекономічні показники, є значні обсяги „тіньової” економіки. Є кілька методів оцінювання тіньової економіки: опитування фахівців, використання системи національних рахунків, дослідження

динаміки макроекономічних показників, оцінювання попиту на гроші та інші. Стосовно України ці методи дають приблизно однакові результати: величина обсягу тіньової економіки перевищує 60-65 відсотків від офіційної величини ВВП [17].

Тому, щоб збільшити достовірність інформації, яка є входною для моделей прогнозування валютного курсу, нами були запропоновані чинники, що впливають на валютний курс, які частково позбавлені зазначених недоліків. Основні чинники, що впливають на валютний курс в Україні, були розглянуті нами вище і зведені до таблиці 2.4. Ці чинники, на нашу думку, доцільно використовувати як входні параметри (змінні) для побудови макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу.

Таблиця 2.4 – Чинники, що впливають на валютний курс в Україні

Позначення	Чинники
<i>I</i>	<i>2</i>
x ₁	Обсяг грошової маси в обігу (місяць)
x ₂	Рівень інфляції (проценти до рівня попереднього місяця)
x ₃	Рівень облікової та процентних ставок
x ₄	Величина валютних резервів Національного банку
x ₅	Співвідношення внутрішніх і зовнішніх цін
x ₆	Індекс Dow Jones
x ₇	Величина зовнішньоторговельного обороту
x ₈	Обсяг експорту товарів (квартал)
x ₉	Обсяг імпорту товарів (квартал)
x ₁₀	Обсяги інвестування (квартал)
x ₁₁	Обсяг валового внутрішнього продукту країни (місяць)
x ₁₂	Стан паливно-енергетичного комплексу України
x ₁₃	Стан сільського господарства України
x ₁₄	Політика Національного банку України
x ₁₅	Економічні відносини України з МВФ
x ₁₆	Економічні і політичні відносини України з Росією
x ₁₇	Внутрішньополітична ситуація в Україні
x ₁₈	Міжнародні пільги або санкції до України

Продовження таблиці 2.4

<i>I</i>	<i>2</i>
x ₁₉	Рефлексивні дії: процес, що самопідсилюється
x ₂₀	Рефлексивний стан: процес, що самокорегується
x ₂₁	Форс-мажорні обставини (катастрофи, лихо, військові дії тощо)
x ₂₂	Природні умови в Україні
x ₂₃	Період прогнозування

Від повноти врахування зазначених в табл. 2.4 чинників у значній мірі залежить якість зроблених прогнозів. Оскільки формування валютного курсу – складний багатофакторний процес, обумовлений взаємозв'язками національної та світової економік, то для прогнозування валютного курсу нами було обгрунтовано використання вищенаведених чинників та визначений вплив цих чинників на курс національної валюти в залежності від конкретних економічних умов функціонування валютного ринку.

ГЛАВА 3. РОЗРОБКА Й НАЛАГОДЖЕННЯ МАКРОЕКОНОМІЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛЮТНОГО КУРСУ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ РЕФЛЕКСИВНОСТІ

Як було зазначено раніше, розробка макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу, яка б базувалась на визначеній в таблиці 2.4 кількості вхідних параметрів, враховувала допустимі діапазони змін цих параметрів, використовувала б думки (висловлювання) експертів, задані в лінгвістичній формі, враховувала рефлексивні дії учасників валютного ринку, є вкрай доцільною та актуальною. Розглянемо механізм побудови такої моделі детальніше [46].

3.1. Розробка макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти України

Оскільки в Україні однією із стабільних валют, яка користується довірою учасників валютного ринку, є долар США, а нашою задачею є розробка макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти України, то будемо будувати макроекономічну модель, яка б дозволяла здійснювати прогнозування курсу гривні України до долара США.

Підготовчими етапами розробки макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу є:

- обґрунтування та вибір макроекономічних показників (параметрів, змінних), що впливають на формування курсу національної валюти України;
- збір думок (висловлювань) експертів щодо тенденцій зміни курсу національної валюти та опис цих висловлювань у лінгвістичній формі;
- опис та лінгвістична оцінка рефлексивних дій учасників валютного ринку;
- вибір періоду прогнозу. Для короткострокового прогнозування цей період складає проміжок часу від 10-ти до 100 днів.

Далі потрібно визначити причинно-наслідкові зв'язки між вхідними та вихідними параметрами (змінними) макроекономічної моделі. Для цього потрібно побудувати так зване „дерево виведення”, в якому показується залежність певного вихідного параметра (змінної) „d” від вхідних параметрів (чинників), що впливають на валютний курс, наведених в таблиці 2.4.

Для спрощення процесу побудови макроекономічної моделі введемо додаткові узагальнені лінгвістичні вихідні параметри (змінні):

- z – рівень економічного сприяння в Україні, який залежить від параметрів „ m ” і „ n ”:
 m – значення економіко-статистичних параметрів $\{x_1 \dots x_6\}$;
 n – значення виробничих параметрів, $\{x_7 \dots x_{13}\}$;
- y – рівень політичного сприяння в Україні, який залежить від параметрів $\{x_{14} \dots x_{18}\}$;
- w – сила дії рефлексивних процесів, яка залежить від параметрів $\{x_{19}, x_{20}\}$;
- v – рівень природного сприяння в Україні, який залежить від параметрів $\{x_{21}, x_{22}\}$.
- t – період прогнозування $\{x_{23}\}$.

Причинно-наслідкові зв'язки між вхідними $\{x_1 \dots x_{22}\}$ та узагальненими вихідними параметрами (змінними) $\{z, m, n, y, w, v\}$ у вигляді відповідних „дерев виведення” наведені на рисунках 3.1...3.6 [102].

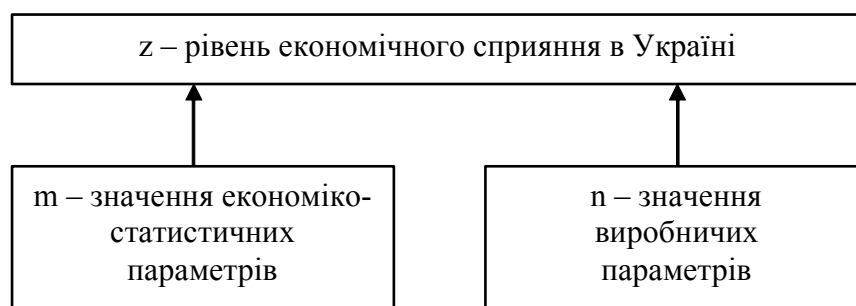


Рисунок 3.1 – „Дерево виведення” для узагальненого вихідного параметра „ z ”

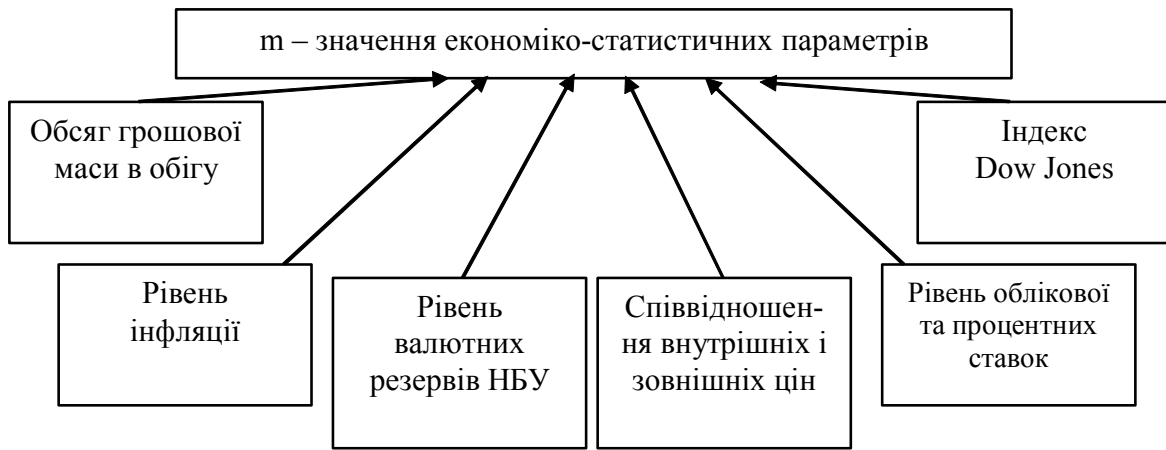


Рисунок 3.2 – „Дерево виведення” для узагальненого вихідного параметра „m”

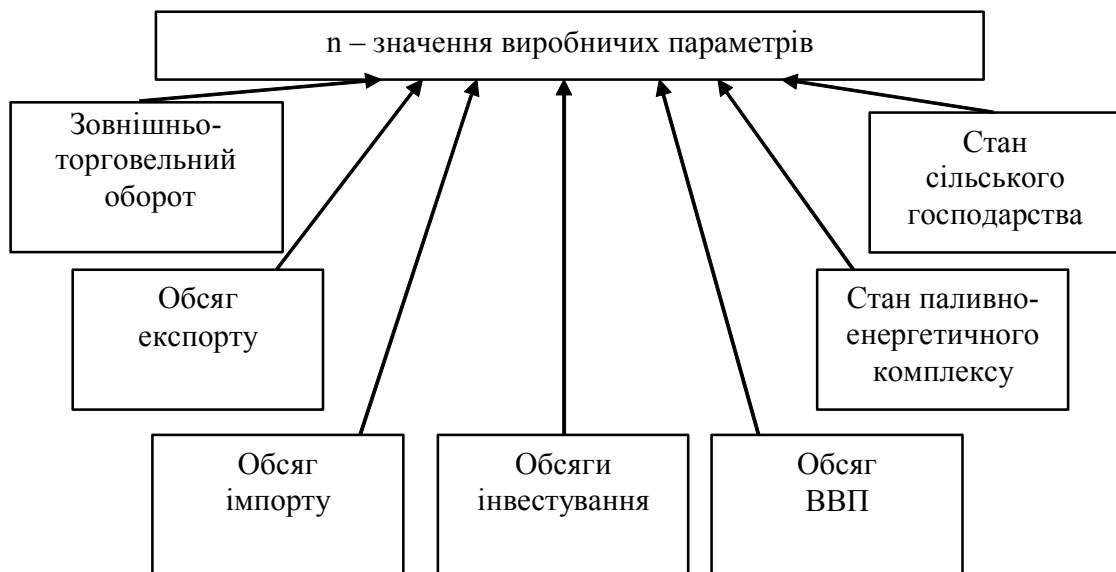


Рисунок 3.3 – „Дерево виведення” для узагальненого вихідного параметра „n”

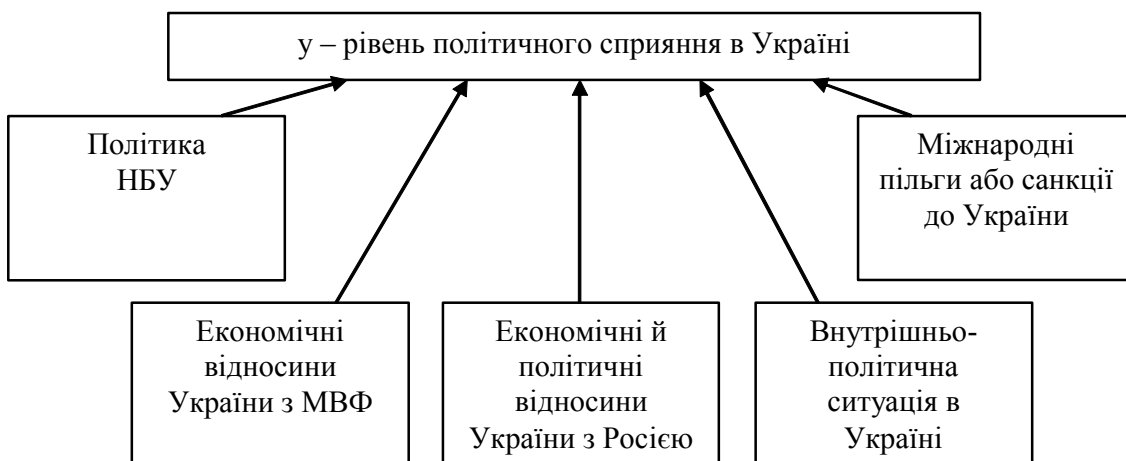


Рисунок 3.4 – „Дерево виведення” для узагальненого вихідного параметра „y”

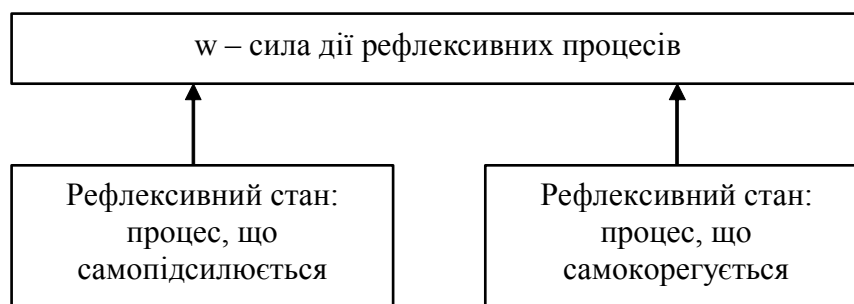


Рисунок 3.5 – „Дерево виведення” для узагальненого вихідного параметра „w”

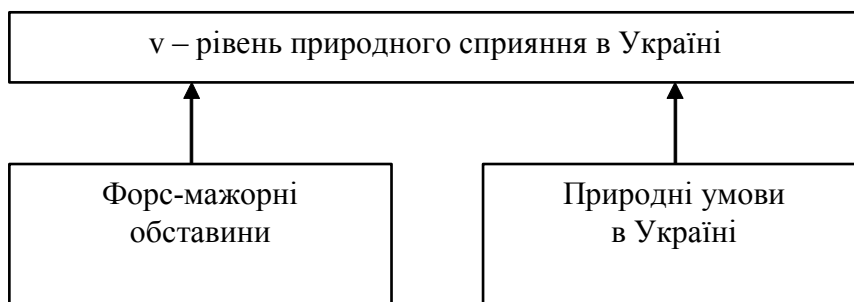


Рисунок 3.6 – „Дерево виведення” для узагальненого вихідного параметра „v”

Структуру макроекономічної моделі прогнозування курсу гривні до долара США представимо у вигляді так званого „дерева логічного висновку”. *Дерево логічного висновку* – це граф, який показує логічні зв’язки між прогнозним показником $\{d\}$ та чинниками $\{x_1...x_n\}$, які впливають на цей прогнозний показник $\{d\}$, при дотриманні співвідношень [103, 104], наведених у формулах 3.1...3.8:

$$d = f_d(z, y, w, v, t); \quad (3.1)$$

$$z = f_z(m, n); \quad (3.2)$$

$$m = f_m(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6); \quad (3.3)$$

$$n = f_n(x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}); \quad (3.4)$$

$$y = f_y(x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}); \quad (3.5)$$

$$w = f_w(x_{19}, x_{20}); \quad (3.6)$$

$$v = f_v(x_{21}, x_{22}); \quad (3.7)$$

$$t = f_t(x_{23}). \quad (3.8)$$

Структура макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти України до долара США буде мати вигляд, наведений на рисунку 3.7 [105].

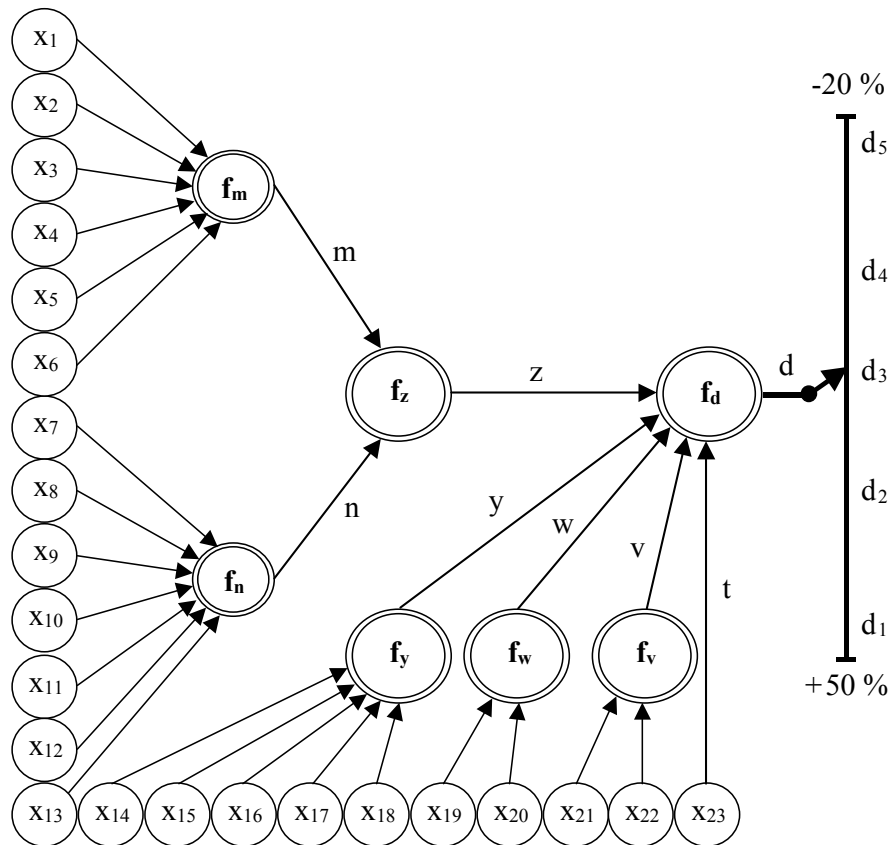


Рисунок 3.7 – Структура макроекономічної моделі прогнозування курсу гривні України до долара США

Аналіз наведеної структури макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу показує, що ця модель фактично складається із шести інших моделей:

- 1) моделі залежності рівня економічного сприяння в Україні від значення внутрішніх економіко-статистичних та виробничих параметрів;
- 2) моделі залежності економіко-статистичних параметрів від значень основних макроекономічних показників;
- 3) моделі залежності виробничих параметрів від значень показників економічного зростання;

- 4) моделі залежності рівня політичного сприяння в Україні від політичного стану в країні;
- 5) моделі залежності сили дії рефлексивних процесів від рефлексивних дій учасників валютного ринку;
- 6) моделі залежності природного сприяння в Україні від природних умов.

При прогнозуванні валютного курсу (курсу гривні до долара США) будемо використовувати тільки ті основні чинники, що найбільше впливають на валютний курс. Ці чинники будемо вважати входними параметрами (змінними) макроекономічної моделі. З урахуванням міркувань, наведених нами в попередніх главах монографії, а також базуючись на думках (висловлюваннях) фінансових аналітиків і економістів, запропонуємо систему лінгвістичної оцінки входних параметрів (змінних) макроекономічної, яка наведена в таблиці 3.1. *(Примітка. Діапазон змін входних параметрів (змінних) відповідає економічним умовам, що склалися в Україні протягом 2000-2002 років).*

Таблиця 3.1 – Входні параметри (змінні) моделі та їх лінгвістична оцінка

Вхідний параметр (змінна)	Назва входного параметра (змінної)	Діапазон зміни входного параметра	Лінгвістична оцінка входних параметрів (терми)
1	2	3	4
x_1	Обсяг грошової маси в обігу (за місяць)	10...60 млрд. грн.	дуже низький (ДН); середній (С); стабільний (СТ); вище за середній (ВС); високий (В).
x_2	Рівень інфляції (в процентах до рівня попереднього місяця)	20...250%	не реальний, 20-80% (НР); нормальний, 80-120% (НО); високий, 120-150% (В); дуже високий, 150-230% (ДВ); катастрофічний, більше 230% (К).

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
x ₃	Рівень облікової ставки	3...50 %	низький, 3-10% (Н); середній, 10-20% (С); вище за середній, 20-30% (ВС); високий, 30-40% (В); дуже високий, більше 40% (ДВ).
x ₄	Величина валютних резервів Національного банку України	500...3500 млн. дол. США	дуже низька, менше 500 млн. дол. США (ДН); низька, 500-1200 млн. дол. США (Н); стабільна, 1200-1500 млн. дол. США (СТ); середня, 1500 - 3000 млн. дол. США (С); висока, більше 3,0 млрд. дол. США (В).
x ₅	Співвідношення внутрішніх і зовнішніх цін в Україні	0...100 балів	негативне (Н); нормальне (НО); позитивне (П).
x ₆	Індекс Dow Jones	2000...20000	дуже низький (ДН); стабільний (СТ); дуже високий (ДВ).
x ₇	Зовнішньоторговельний оборот (рік)	15...50 млрд. дол. США	низький (Н); середній (С); вище за середній (ВС); високий (В).
x ₈	Обсяг експорту (квартал)	1...10 млрд. дол. США	низький (Н); стабільний (СТ); середній (С); вище за середній (ВС); високий (В).
x ₉	Обсяг імпорту (квартал)	1...15 млрд. дол. США	низький (Н); стабільний (СТ); середній (С); вище за середній (ВС); високий (В).

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
x ₁₀	Обсяги інвестування (квартал)	100...1000 млн. дол. США	низькі (Н); середні (С); вищі за середні (ВС); високі (В).
x ₁₁	Величина ВВП (місяць)	1...50 млрд. грн.	дуже низька (ДН); низька (Н); середня (С); вища за середню (ВС); висока (В).
x ₁₂	Стан паливно-енергетичного комплексу	0...100 балів	негативний (Н); нормальний (НО); позитивний (П).
x ₁₃	Стан сільського господарства України	0...100 балів	негативний (Н); нормальний (НО); позитивний (П).
x ₁₄	Політика НБУ	0...100 балів	жорстка політика (Ж); змішана (З); вільна (В).
x ₁₅	Економічні відносини України з МВФ	0...100 балів	негативні (Н); стабільні (СТ); позитивні (П).
x ₁₆	Економічні й політичні відносини України з Росією	0...100 балів	негативні (Н); стабільні (СТ); позитивні (П).
x ₁₇	Внутрішньо-політична ситуація в Україні	0...100 балів	можливі короткострокові зміни (МЗ); стабільна (СТ); вибори влади в країні (ВВ).
x ₁₈	Міжнародні санкції або пільги, що застосовуються до України	0...100 балів	є санкції, негативні наслідки (Н); можливі санкції (М); є пільги, позитивні наслідки (П).

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
x ₁₉	Рефлексивний стан: процес, що самопідсилюється	0...100 балів	слабкий (С); стабільний (СТ); середній (СР); вище за середній (ВС); високий (В).
x ₂₀	Рефлексивний стан: процес, що самокорегується	0...100 балів	слабкий (С); стабільний (СТ); середній (СР); вище за середній (ВС); високий (В).
x ₂₁	Форс-мажорні обставини	0...100 балів	є (Е); можливі (М); немає (Н).
x ₂₂	Природні умови в Україні	0...100 балів	негативні (Н); нормальні (НО); сприятливі (С),
x ₂₃	Період прогнозування	10...100 днів	1 місяць (1М); 2 місяці (2М); 3 місяці (3М).

При побудові макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу вхідні параметри $\{x_1 \dots x_{23}\}$ не будемо зводити до єдиного вигляду, як це пропонується в традиційних розробках [106], а будемо використовувати вхідні кількісні та вхідні якісні параметри (змінні) одночасно. Оскільки вхідні параметри (змінні) $\{x_1 \dots x_4, x_6 \dots x_{11}\}$ є кількісними, то для їхнього опису будемо використовувати офіційні статистичні дані. Інші вхідні параметри (змінні), крім $\{x_{23}\}$, – якісні, тому для їхнього опису будемо використовувати умовну бальну шкалу оцінок від „0” до „100” балів так, як це показано в таблиці 3.1. Для вхідного параметра (змінної) $\{x_{23}\}$, який означає “період прогнозування”, введемо терми в 1, 2 та 3 місяці, які відповідають періодам короткострокового прогнозування.

Для оцінювання значень узагальнених вихідних параметрів (лінгвістичних змінних) $\{z, m, n, y, w, v\}$ будемо використовувати єдину шкалу бальної оцінки із діапазоном від „0” до „100” балів. При цьому введемо такі позначення:

- Н – низький рівень відповідного узагальненого вихідного параметра;
- НС – нижче за середній рівень відповідного узагальненого вихідного параметра;
- С – середній рівень відповідного узагальненого вихідного параметра;
- ВС – вище за середній рівень відповідного узагальненого вихідного параметра;
- В – високий рівень відповідного узагальненого вихідного параметра.

Визначимо також найхарактерніші рівні зміни головного вихідного параметра „d” [43, 46], який підлягає прогнозуванню. Відповідно до економічної ситуації, що склалася у валютній системі України протягом 2000-2002 років, а також враховуючи чинну систему прямого котирування курсу національної валюти, можливі зміни курсу гривні України до долара США будемо визначати такими рівнями (термами):

- d_1 – курс гривні значно зросте (гривня подешевшає на 15...50%);
- d_2 – курс гривні середньо зросте (гривня подешевшає на 5...15%);
- d_3 – курс гривні суттєво не зміниться (гривня подешевшає або подорожчає не більше ніж на 0...5%);
- d_4 – курс гривні середньо впаде (гривня подорожчає на 0...10%);
- d_5 – курс гривні сильно впаде (гривня подорожчає на 10...20%).

Наведені терми $\{d_1...d_5\}$ будемо вважати якісними характеристиками, що визначають зміну курсу національної валюти. Межами зміни валютного курсу буде процентна зміна курсу гривні України до долара США в діапазоні $[-20\% \dots + 50\%]$.

3.2. Розробка математичного апарату моделі прогнозування валютного курсу

Одним із основних і важливих етапів розробки макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу є вибір методу побудови *функцій належності* (ФН, за допомогою яких буде здійснюватись формалізація нечітких термів. В теорії нечітких множин використовуються різні методи побудови функцій належності, що обумовлено різними підходами авторів [62, 61] до вирішення даної задачі. У певній мірі це ускладнює процес розробки моделі прогнозування. Тому, на наш погляд, доцільно сформулювати певні критерії, дотримання яких дозволило б вирішити проблему вибору оптимального методу побудови функцій належності ФН.

Припустимо, що „ x ” – лінгвістична змінна. Ця змінна „ x ” може приймати значення, які знаходяться в певному діапазоні, тобто $x \in X$, де X – діапазон змінної „ x ”. Множина всіх можливих значень лінгвістичної змінної „ x ” складає так звану терм-множину. Елементом терм-множини є нечіткий лінгвістичний терм „ T_i ”, тобто можна записати, що $T_i \in T, i = \overline{1, n}$.

В теорії нечітких множин нечіткий лінгвістичний терм задається функцією належності ФН $\mu_{T_i}(x)$, яка показує ступінь належності кожної із лінгвістичних змінних „ x ” до терму „ T_i ”. Аналогічно функція належності ФН $\mu_A(x)$ показує ступінь належності кожної із лінгвістичних змінних „ x ” до нечіткої множини „ A ” [107].

До функцій належності ФН, на наш погляд, доцільно висунути такі основні вимоги:

1. Функції належності ФН крайніх термів не повинні приймати вигляд квазідзвоноподібних функцій, тобто не повинні виконуватись умови:

$$\mu_{T_1}(x = 0) = 1 \text{ та } \mu_{T_n}(x = 0) = 1. \quad (3.9)$$

2. У діапазоні значень лінгвістичної змінної „ x ” не може бути проміжків, яким би не відповідала жодна із лінгвістичних змінних множини „ T ”.

3. Кожна лінгвістична змінна з множини „Т” повинна мати типового представника, тобто для кожного терма „Т_i” існує $\mu_{T_i}(x) = 1$.
4. Лінгвістичні змінні „х” можуть бути визначені за допомогою скінченної кількості значень.

Розглянемо основні методи побудови функцій належності ФН. В загальному вигляді методи побудови функцій належності ФН діляться на *прямі та непрямі*. *Прямими методами* називають такі методи, де ступені належності лінгвістичних змінних „х” до певної нечіткої множини визначаються безпосередньо експертами (одним експертом або групою) [107]. У випадку, коли рішення приймається групою експертів, для побудови функцій належності використовується інтегрована думка (висловлювання) експертів. Функції належності ФН у цьому випадку будуть мати ймовірний характер і можуть бути нормалізовані. Прямі методи використовуються в тому випадку, коли помилки у лінгвістичних висловлюваннях експертів незначні або малоімовірні [108]. У випадку використання прямого методу одночасно будуються функції належності ФН всіх термів з терм-множини лінгвістичної змінної „х”.

Непрямі методи побудови функцій належності ФН передбачають використання додаткових обчислень для зниження впливу на якість прогнозу суб’єктивних моментів, що вносяться експертами. Непрямі методи використовуються при залученні значної кількості експертів, а також тоді, коли експертна інформація нерівномірно відображає певну терм-множину. Непрямі методи доцільно використовувати при наявності параметрів (змінних) типу “сприятливий”, “нормальний” тощо, які не можливо кількісно виміряти. Типовим представником непрямих методів побудови функцій належності є *метод парних порівнянь*.

В загальному вигляді найбільш поширеними методами [107, 109] побудови функцій належності (дивися таблицю 3.2) є:

- метод побудови функцій належності на основі експертних оцінок;
- метод побудови функцій належності на основі експертних оцінок із застосуванням вагових коефіцієнтів;

- метод парних порівнянь Сааті [110];
- метод парних порівнянь модифікований;
- метод побудови функцій належності на основі обробки статистичної інформації.

Функції належності ФН, побудовані за допомогою цих методів, будуть мати різні форми та різні властивості [111].

Так, функції належності ФН у *формі прямої лінії* (див. рисунок 3.8) використовується, в основному, у випадках, коли кількість термів буде не більше 2-х. Форму прямої лінії повинні мати крайні терми згідно з умовою формули 3.9.

Трикутна форма функції належності ФН, яка наведена на рисунку 3.9, може бути використана для будь-якої кількості термів. Функції належності трикутної форми нескладні в обчисленні і являють собою кусково-лінійну апроксимацію стандартних функцій [49]. Окремими випадками трикутної форми функції належності ФН є *трапецієвидна форма функції належності* (див. рисунок 3.10) та *трикутна форма функції належності з розподілом за α -рівнем* (див. рисунок 3.11).

Квазідзвоноподібна форма функції належності ФН, яка наведена на рисунку 3.12, також може бути використана для будь-якої кількості термів і підлягає налагодженню в координатах „b” та „c”. Дана форма функції належності використовується в моделях, для налагодження яких потрібні навчальні вибірки [111].

Для опису функцій належності ФН, побудованих на основі статистичних даних, використовується *кусково-лінійна апроксимація* цих функцій (див. рисунок 3.13). Кусково-лінійна апроксимація, як правило, більш точно описує кожну із функцій належності ФН, але не дозволяє здійснювати налагодження цих функцій. Кусково-лінійна апроксимація використовується у випадках, коли в прогнозуванні приймає участь велика кількість експертів і коли в розпорядженні розробників макроекономічної моделі прогнозування є максимально точні вхідні лінгвістичні терми.

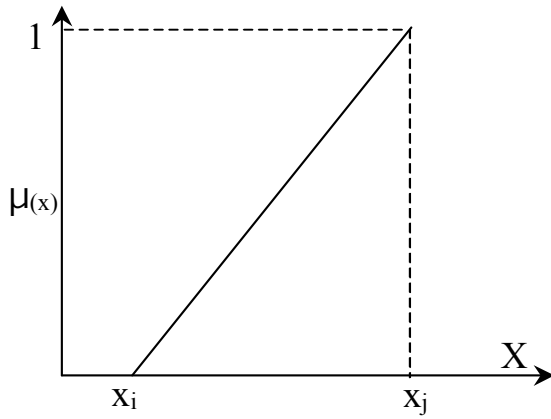


Рисунок 3.8 – Функція належності у формі прямої

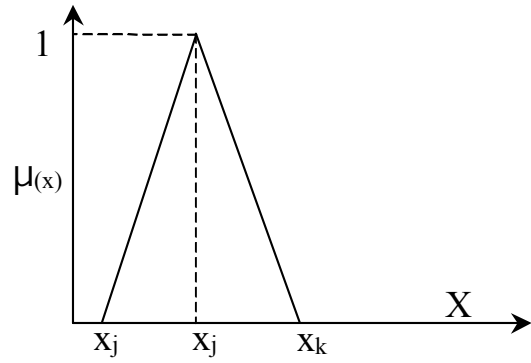


Рисунок 3.9 – Функція належності у формі трикутника

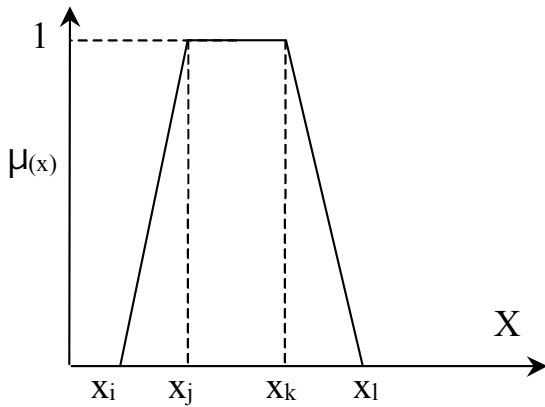


Рисунок 3.10 – Трапецієвидна форма функції належності

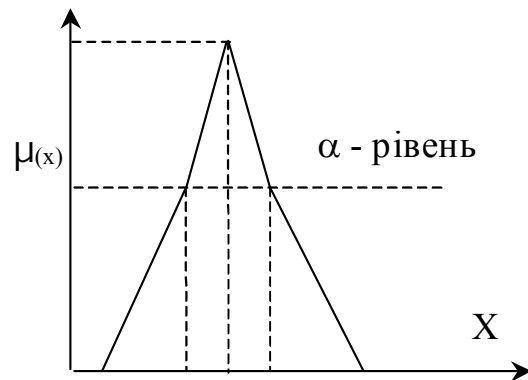


Рисунок 3.11 – Трикутна форма функції належності з розподілом за α-рівнем

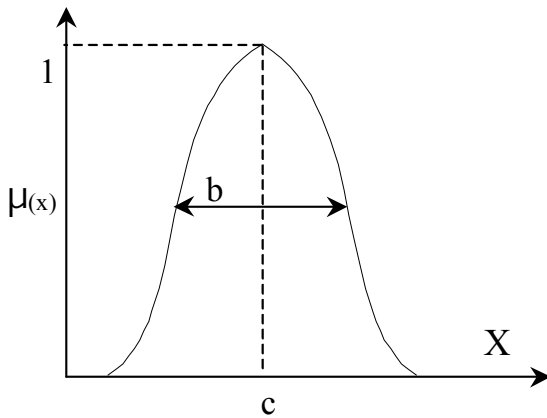


Рисунок 3.12 – Квазідзвоноподібна форма функції належності

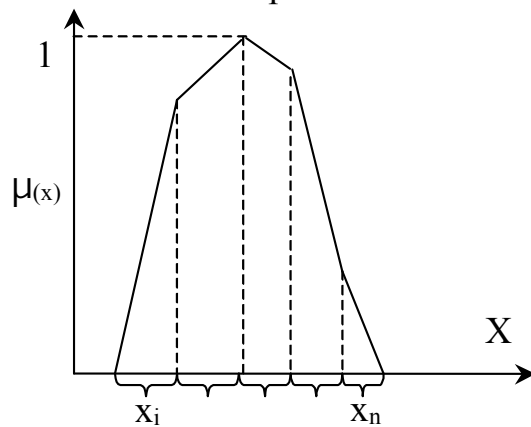


Рисунок 3.13 – Кусково-лінійна апроксимація функції належності

Оскільки, виходячи з нечіткого характеру вхідних параметрів (змінних) та їх термів, що використовуються при моделюванні, неможливо чітко сформулювати числові критерії побудови функцій належностей [112], то нами пропонуються такі лінгвістичні критерії побудови функцій належності, які можуть змінюватись та доповнюватись залежно від виду нечіткої моделі та її термів:

Критерій K_1 – це такий критерій, який показує, що при побудові функцій належності використовуються статистичні дані. Причому статистичні дані можуть використовуватись як безпосередньо для побудови функцій належності ФН, так і для формування навчальної вибірки (див. критерій K_4). Критерієм K_1 можна користуватись для перевірки достовірності лінгвістичних висловлювань експертів або для оцінювання навчальної вибірки.

Критерій K_2 – це такий критерій, який визначає ступінь відповідності прогнозних вихідних параметрів (змінних) макроекономічної моделі фактичним даним. Критерій K_2 показує взаємозв'язок між рівнем помилок у висловлюваннях експертів (або рівнем помилок у базі знань) та кількістю експертів і рівнем їх кваліфікації. Якщо рівень помилок буде високим, то необхідно здійснювати уточнення та корегування вхідної інформації. В цьому випадку доцільно використовувати непрямі методи побудови функцій належності, зокрема метод парних порівнянь. Якщо рівень помилок буде низьким, то можна використовувати прямі методи побудови функцій належності.

Критерій K_3 – це такий критерій, який визначає наявність якісних нечітких лінгвістичних термів. Якщо серед вхідних параметрів (змінних) макроекономічної моделі є такі поняття як, наприклад, “вибори влади в країні”, “жорстка валютна політика” тощо, то з метою підвищення якості прогнозів необхідно зменшити вплив цих суб'єктивних лінгвістичних висловлювань експертів [113] на прогнозне значення основного показника. В цьому випадку пріоритет при побудові функцій належності повинні мати непрямі методи. Практичне застосування цього критерію здійснюється шляхом використання відповідних шкал бальних оцінок.

Критерій K_4 – це критерій, який визначає можливість здійснювати налагодження функцій належності ФН. Налагодження функцій належності ФН дозволяє компенсувати помилки як у базі знань, так і в суб'єктивних лінгвістичних висловлюваннях експертів. Величина критерію K_4 визначається наявністю навчальної вибірки та вибраною формою функції належності ФН. Аналіз значень критерію K_4 показує, що найкраще налагоджуються симетричні функції належності, побудовані прямими методами, квазідзвоноподібні функції належності [111] тощо.

Критерій K_5 – це критерій, який визначає достатність наповненості бази знань. Якщо наповненість бази знань достатня або висока, то при побудові функцій належності перевагу віддають прямим методам (з застосуванням або без застосування вагових коефіцієнтів). Якщо наповненість бази знань не достатня, то доцільніше використовувати непрямі методи побудови функцій належності.

Характерною особливістю наведених вище критеріїв побудови функцій належності є те, що їх також можна розглядати як нечіткі множини, задані на універсальних множинах [114].

Для вибору оптимального методу побудови функцій належності потрібно розробити систему їх оцінювання. Методи побудови функцій належності ФН, на наш погляд, найдоцільніше оцінювати за допомогою методу парних порівнянь. Тому для оцінювання візьмемо 11-бальну шкалу Сааті [115], спрощену до 6-ти основних оцінок:

- „абсолютна перевага” – оцінка важливості „11”;
- „наочна перевага” – оцінка важливості „9”;
- „істотна перевага” – оцінка важливості „7”;
- „незначна перевага” – оцінка важливості „5”;
- „слабка перевага” – оцінка важливості „3”;
- „відсутність переваги” – оцінка важливості „1”.

Використовуючи зазначену систему оцінок та здійснюючи попарне порівняння методів побудови функцій належності за критеріями $K_1...K_5$,

отримаємо загальну систему оцінювання методів побудови функцій належності (без врахування зовнішніх факторів та внутрішніх характеристик об'єкта моделювання), яка наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Загальна система оцінювання методів побудови функцій належності

Методи побудови функцій належності (ФН)		Критерії				
		K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
Прямі методи	На основі експертних оцінок без вагових коефіцієнтів	7	1	1	11	9
	На основі експертних оцінок з ваговими коефіцієнтами	7	5	3	11	11
Непрямі методи	Метод парних порівнянь Сааті	5	11	11	1	9
	Метод парних порівнянь модифікований	3	11	11	1	9
	На основі обробки статистичних даних	11	9	9	1	3

Крім загальних правил побудови функцій належності ФН існує низка зовнішніх факторів та внутрішніх характеристик самого об'єкта прогнозування, які необхідно враховувати при визначенні оптимального методу побудови функцій належності. Врахування цих факторів та характеристик повинно значно підвищити ймовірність вибору саме такого методу побудови функцій належності, який би найповніше відповідав об'єктивним умовам, в яких здійснюється прогнозування валютного курсу. На наш погляд, при виборі методу побудови функцій належності доцільно виділити такі зовнішні чинники та внутрішні характеристики об'єкта прогнозування (тобто процесу формування валютного курсу):

1. Офіційні статистичні макроекономічні показники розвитку України подаються в офіційних виданнях в розрахунку на рік, рідше – в розрахунку на місяць. Це дає можливість безпосередньо використовувати ці показники для побудови функцій належності ФН, хоча і не для всіх лінгвістичних термів. Дані показники можна також використовувати для перевірки правильно-

сті бази знань, що буде також сприяти зниженню рівня помилок у вихідній інформації, тобто у зробленому прогнозі.

2. Опис рефлексивного стану учасників валютного ринку в процесі прогнозування курсу національної валюти робиться експертами на основі внутрішнього сприйняття ними тих чи інших подій, що мають місце на валютному ринку. В зв'язку з цим, потрібно здійснювати налагодження функцій належності ФН для лінгвістичних висловлювань (висновків) кожного із експертів, хто приймав участь у розробці прогнозу.

3. Обсяг статистичних даних, необхідних для формування бази знань, практично є достатнім. Проте кількість експертних висловлювань (висновків) експертів не недостатня. Тому доцільними є постійна перевірка та корегування бази знань на основі аналізу наявної вхідної та вихідної інформації [116] з подальшим налагодженням функцій належності ФН.

4. Значення нечітких логічних термів („ДН” – дуже низький, „Н” – низький, „СТ” – стабільний, „С” – середній, „ВС” – вище за середній, „В” – високий), „ДВ” – дуже високий, „НО” – нормальний, „НР” – не реальний та інші) наведені у таблиці 3.1. Як видно із таблиці, всі терми мають або кількісний характер, або легко зводяться до такого виду шляхом використання відповідних бальних шкал.

5. Специфіка процесу прогнозування валютного курсу є такою, що повинна існувати можливість постійного поповнення бази знань та накопичення навчальної вибірки.

6. На початковому етапі розробки макроекономічної моделі неможливо оцінити „вагу думок” експертів, які були запрошені для створення бази знань. Тому на етапі формування бази знань неможливе застосування вагових коефіцієнтів при виборі методу побудови функцій належності.

7. Оскільки період прогнозування курсу національної валюти складає від 10-ти до 100 днів, то „швидкість реагування” (швидкодія) моделі на можливій зміні валютного курсу повинна бути достатньою (не критичною) для того, щоб оцінити ці зміни та врахувати їх при прогнозуванні шляхом пере-

налагодження моделі. Цю обставину повинні враховувати функції належності.

8. Оскільки протягом періоду прогнозування можливі карколомні зміни певних вхідних параметрів (змінних), що використовуються в макроекономічній моделі прогнозування валютного курсу, то вибрані нами функції належності ФН повинні бути зручними для швидкого переналагодження.

Керуючись наведеними в пп. 1-8 міркуваннями, а також користуючись розробленою системою оцінювання методів побудови (дивися таблицю 3.2) функцій належності, проведемо багатокритеріальний аналіз (тобто за критеріями $K_1...K_5$) методів побудови функцій належності ФН, які можна було б використати в процесі розробки макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти.

Для цього позначимо методи побудови функцій належності таким чином: M_1 – прямий метод на основі експертних оцінок; M_2 – метод парних порівнянь; M_3 – метод на основі обробки статистичної інформації.

Вибір оптимального методу побудови функцій належності будемо здійснювати за допомогою *парних порівнянь* методів M_1 , M_2 та M_3 з урахуванням зовнішніх факторів та внутрішніх характеристик об'єкта прогнозування (тобто процесу прогнозування курсу національної валюти). В результаті отримаємо ряд висновків, які зведені до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Аналіз методів побудови функцій належності M_1 , M_2 та M_3 за допомогою критеріїв $K_1...K_5$

Критерій	Висновки порівнянь
<i>1</i>	<i>2</i>
K_1	Незначна перевага M_1 над M_2 ; Наочна перевага M_3 над M_2 ; Слабка перевага M_3 над M_1 .
K_2	Істотна перевага M_2 над M_1 ; Слабка перевага M_2 над M_3 ; Незначна перевага M_1 над M_3 .
K_3	Абсолютна перевага M_1 над M_3 ; Наочна перевага M_2 над M_3 ; Відсутня перевага M_1 над M_2 .

Продовження таблиці 3.3

1	2
K ₄	Абсолютна перевага M ₁ над M ₃ ; Наочна перевага M ₁ над M ₂ ; Відсутня перевага M ₂ над M ₃ .
K ₅	Наочна перевага M ₁ над M ₂ ; Істотна перевага M ₂ над M ₃ ; Абсолютна перевага M ₁ над M ₃ .

Експертним висновкам, наведеним в таблиці 3.3, відповідають такі матриці парних порівнянь:

$$\begin{aligned}
 A(K_1) = \begin{matrix} & \begin{matrix} M_1 & M_2 & M_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{5} & 3 \\ 5 & 1 & 9 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{9} & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, & A(K_2) = \begin{matrix} & \begin{matrix} M_1 & M_2 & M_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 7 & \frac{1}{5} \\ \frac{1}{7} & 1 & \frac{1}{3} \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, & A(K_3) = \begin{matrix} & \begin{matrix} M_1 & M_2 & M_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & \frac{1}{11} \\ 1 & 1 & \frac{1}{9} \\ 11 & 9 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \\
 \\
 A(K_4) = \begin{matrix} & \begin{matrix} M_1 & M_2 & M_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{9} & \frac{1}{11} \\ 9 & 1 & 1 \\ 11 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, & A(K_5) = \begin{matrix} & \begin{matrix} M_1 & M_2 & M_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{9} & \frac{1}{11} \\ 9 & 1 & \frac{1}{7} \\ 11 & 7 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}. & (3.10)
 \end{aligned}$$

Далі, критерії K₁...K₅ (згідно з теорією нечітких множин) можна представити у вигляді:

$$\tilde{K}_k = \left\{ \frac{\mu^k(M_1)}{M_1}, \frac{\mu^k(M_2)}{M_2}, \dots, \frac{\mu^k(M_n)}{M_n} \right\}, \quad (3.11)$$

де $\mu^k(M_i)$ – ступінь належності певного варіанта методу побудови функції належності M_i до нечіткої множини K_k.

Користуючись матрицями парних порівнянь, знаходимо ступені належності кожної із лінгвістичних змінних, необхідні для формування нечітких множин:

$$\mu^k(M_i) = \frac{1}{a_{i1}^k + a_{i2}^k + \dots + a_{ij}^k}, \quad (3.12)$$

де k – номер критерію;

a_{ij}^k – елемент матриці A_k ;

i – номер рядка;

j – номер колонки.

Далі розрахуємо значення критеріїв $K_1 \dots K_5$, які використовуються при виборі методу побудови функцій належності і які також виступають нечіткими множинами:

$$K_1 = \left\{ \frac{0,24}{M_1}, \frac{0,06}{M_2}, \frac{0,69}{M_3} \right\},$$

$$K_2 = \left\{ \frac{0,12}{M_1}, \frac{0,67}{M_2}, \frac{0,11}{M_3} \right\},$$

$$K_3 = \left\{ \frac{0,48}{M_1}, \frac{0,48}{M_2}, \frac{0,04}{M_3} \right\},$$

$$K_4 = \left\{ \frac{0,83}{M_1}, \frac{0,09}{M_2}, \frac{0,07}{M_3} \right\},$$

$$K_5 = \left\{ \frac{0,83}{M_1}, \frac{0,09}{M_2}, \frac{0,05}{M_3} \right\}.$$

Користуючись властивостями нечітких множин $K_1 \dots K_5$, визначаємо вихідну нечітку множину „ K ” у вигляді перетину множин $K_1 \dots K_5$:

$$K = \left\{ \frac{0,12}{M_1}, \frac{0,06}{M_2}, \frac{0,04}{M_3} \right\}.$$

Отримане значення „К” свідчить про перевагу методу побудови функцій належності M_1 над методами M_2 і M_3 .

Тому після проведення багатокритеріального аналізу методів побудови функцій належності нами був вибраний *прямий метод побудови функцій належності на основі експертних оцінок*. Окрім того, враховуючи наявність статистичних матеріалів та лінгвістичних висловлювань експертів, достатніх для створення навчальної вибірки, нами були вибрані функції належності, які мають *квазідзвоноподібну форму*. Саме ця форма функцій належності має властивості, які дають змогу здійснювати налагодження макроекономічної моделі прогнозування валютних курсів.

Як відомо, квазідзвоноподібна функція належності ФН має такий вигляд [71, 111]:

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left[\frac{x - b}{c} \right]^2}, \quad (3.13)$$

де b і c – параметри функції належності, а саме:

b – координата максимуму функції належності;

c – коефіцієнт стискання-розтягування функції належності.

Для вибраної функції належності ФН, що має квазідзвоноподібну форму, потрібно також визначити допустимі межі зміни параметрів налагодження. Рекомендації з цього приводу наведені в таблиці 3.4.

Побудова функцій належності ФН здійснювалась нами на основі методу експертних оцінок. Для цього було проведене анкетування фахівців, які працюють у валютних відділах комерційних банків м. Вінниці. За домовленістю з експертами ними були [117] лінгвістичним способом оцінені їхні висловлювання, які були прийняті нами як вхідні параметри (змінні) макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу. На основі цього були сформовані відповідні лінгвістичні терми та зроблене зіставлення кожного із термів з діапазоном значень, які ці терми можуть мати. Таким чином був сфор-

мований набір із „b” параметрів квазідзвоноподібних функцій належності та визначені приблизні точки перетину функцій належності, які були побудовані. За усередненими значеннями цих параметрів були розраховані параметри „c” квазідзвоноподібних функцій належності.

Таблиця 3.4 – Діапазон зміни параметрів налагодження моделі

Назва параметра	Нижня межа	Верхня межа	Обґрунтування та уточнення
w – вага параметра бази знань	0	1	Це – міра “якості” висловлювання експерта
$b_{\mu_x^A}$ – значення вхідної змінної x, при якому $\Phi_H \mu_x^A = \max$	x_{\min}	x_{\max}	При зміні параметра при налагодженні необхідно перевіряти виконання вимоги: у діапазоні змінної „x” не може бути проміжків, яким би не відповідала жодна із лінгвістичних змінних множини „T”.
c – коефіцієнт стискання-розтягування	x_{\min}	$2\Delta X$	ΔX – абсолютна похибка змінної x. При зміні параметра при налагодженні необхідно перевіряти виконання вимоги: у діапазоні змінної „x” не може бути проміжків, яким би не відповідала жодна із лінгвістичних змінних множини „T”.

Далі, користуючись значеннями параметрів „b” і „c”, ми побудували функції належності для всіх вхідних параметрів (змінних) макроекономічної моделі, які були наведені в таблиці 3.1. Побудовані функції належності ФН наведені в додатку А на рисунках (А.1.1...А.1.20).

Для узагальнюючих додаткових вихідних лінгвістичних параметрів (змінних) $\{z, m, n, y, w, v\}$ побудовані функції належності представлені в додатку А на рисунку А.1.21. Функція належності ФН для вихідної змінної „d”, яка характеризує процентну зміну курсу гривні України до долара США, наведена у додатку А на рисунку А.1.22.

Далі потрібно перейти до побудови нечіткої бази знань.

Для побудови нечіткої бази знань необхідно мати набір з N векторів типу:

$$V_k = \langle x_1, x_2, \dots, x_m, y_1, \dots, y_n \rangle, k \in \overline{1, N}, \quad (3.14)$$

де $x_1 \dots x_m$ – набір значень вхідних параметрів (змінних);
 m – кількість вхідних параметрів (змінних);
 $y_1 \dots y_n$ – відповідні значення вихідних параметрів (змінних);
 n – кількість вихідних параметрів (змінних).

Загальна кількість N векторів V_k розраховуються за принципом $N = k_1 + k_2 + \dots + k_p$, де k_i – кількість векторів V_k з однаковим значенням вихідного параметра (змінної). В загальному випадку $k_1 \neq k_2 \neq \dots \neq k_p$.

Згідно з визначеними в [62, 118, 119] принципами моделювання кількість векторів N буде меншою ніж кількість можливих варіантів побудови бази знань. Тому база знань буде представляти собою таблицю, сформовану за такими правилами [62]:

1. Розмірність таблиці дорівнює $(m+n) \cdot N$, де $(m+n)$ – число колонок, а $N = (k_1 + k_2 + \dots + k_p)$ – кількість рядків.
2. Перші „ m ” колонок матриці відповідають вхідним параметрам (змінним) x_i , де $i = (1 \dots m)$; а наступні „ n ” колонок – відповідним значенням вихідних параметрів (змінних).
3. Кожний рядок бази знань являє собою певну комбінацію значень вхідних параметрів (змінних), які, на думку певного експерта, впливають на один із варіантів значень $d_{y_1} \dots d_{y_n}$, що відповідають вихідним параметрам (змінним) $y_1 \dots y_n$.
4. Елемент a_i^{jp} , що стоїть на перетині i -ої колонки та j_p -го рядку, відповідає лінгвістичному значенню параметра x_i в рядку нечіткої бази знань з номером j_p . При цьому лінгвістичне висловлювання a_i^{jp} вибрано з термножини відповідної змінної x_i , тобто $a_i^{jp} \in A_i, i \in \overline{1..n}, j \in \overline{1..m}, p \in \overline{1..k_j}$.

В подальшому кожний рядок бази знань будемо називати *нечітким правилом* [120]. Оскільки налагодження моделі планується здійснювати шляхом корегування форми функції належності (ФН) в залежності від ваги того чи іншого лінгвістичного висловлювання (нечіткого правила), то кожному значенню бази знань повинно відповідати так зване „значення ваги”, тобто суб’єктивна міра впевненості експерта в істинності зробленого ним висловлювання (нечіткого правила) [121]. Сума всіх „ваг висловлювань” прирівнюється до одиниці. Загальний вигляд сформованої бази знань наведений у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Загальний вигляд розробленої бази знань

Номер рядка	Вхідні параметри (змінні)				Вихідні параметри (змінні)	Вага
	x_1	x_2	$\dots x_i \dots$	x_n	y	w
11	a_1^{11}	a_2^{11}	$\dots a_i^{11} \dots$	a_n^{11}	d_1	1
12	a_1^{12}	a_2^{12}	$\dots a_i^{12} \dots$	a_n^{12}	d_1	1
...
$1k_1$	$a_1^{1k_1}$	$a_2^{1k_1}$	$\dots a_i^{1k_1} \dots$	$a_n^{1k_1}$	d_1	1
...
$j1$	a_1^{j1}	a_2^{j1}	$\dots a_i^{j1} \dots$	a_n^{j1}	d_j	1
$j2$	a_1^{j2}	a_2^{j2}	$\dots a_i^{j2} \dots$	a_n^{j2}	d_j	1
...
jk_1	$a_1^{jk_j}$	$a_2^{jk_j}$	$\dots a_i^{jk_j} \dots$	$a_n^{jk_j}$	d_j	1
...
$m1$	a_1^{m1}	a_2^{m1}	$\dots a_i^{m1} \dots$	a_n^{m1}	d_m	1
$m2$	a_1^{m2}	a_2^{m2}	$\dots a_i^{m2} \dots$	a_n^{m2}	d_m	1
...
mk_m	$a_1^{mk_m}$	$a_2^{mk_m}$	$\dots a_i^{mk_m} \dots$	$a_n^{mk_m}$	d_m	1

Після побудови бази знань її необхідно ретельно перевірити на відсутність протилежних за змістом рядків, тобто правил, які при однакових вхід-

них параметрах (змінних) мають різне значення вихідних параметрів (змінних).

Як вже було зазначено раніше, для побудови баз знань нами була використана експертна інформація, отримана від фахівців валютних відділів комерційних банків міста Вінниці, а також з інших джерел [122]. Фрагменти бази знань, що відповідають залежностям (див. формули 3.1 та 3.4), наведені в таблицях 3.6 та 3.7. Зазначені бази знань побудовані у вигляді відповідної ієрархії, тобто база знань „1” залежить від баз знань „1.1”, „1.2”, „1.3” та „1.4”; база знань „1.1” відповідно від баз знань „1.1.1” та „1.1.2” тощо.

Таблиця 3.6 – Фрагмент ієрархічної бази знань „1” для моделювання залежності, визначеної формулою „3.1”

Вхідні параметри (змінні)					Вихідна змінна	Вага
z	y	w	v	t	d	W
НС	НС	Н	С	2М	d ₁	1
С	С	ВС	Н	3М	d ₁	1
Н	Н	С	НС	1М	d ₁	1
С	С	С	С	3М	d ₂	1
ВС	НС	ВС	ВС	2М	d ₂	1

Таблиця 3.7 – Фрагмент бази знань „1.1.2” для моделювання залежності „n”

Вхідні параметри (змінні)							Вихідна змінна	Вага
x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	n	W
Н	Н	Н	Н	ДН	Н	Н	Н	1
С	СТ	В	С	ДН	НО	НО	Н	1
С	С	ВС	Н	Н	Н	НО	Н	1
С	С	С	С	ДН	Н	Н	НС	1
В	Н	В	Н	Н	НО	Н	НС	1

Повністю розроблені бази знань наведено у додатку Б.

Кожне нечітке правило бази знань являє собою висловлення типу “ЯКЩО–ТО”. Нечіткі правила, що мають однаковий вихідний параметр, об’єднуються між собою в рівняння за допомогою слова “АБО”. Тоді лінгвіс-

тичні висловлювання, що відповідають рядкам таблиці 3.6, будуть мати вигляд:

$$\begin{aligned}
 &\text{ЯКЩО } [z = \text{HC}] \text{ та } [y = \text{HC}] \text{ та } [w = \text{H}] \text{ та } [v = \text{C}] \text{ та } [t = 2\text{M}] \text{ АБО} \\
 &\text{ЯКЩО } [z = \text{C}] \text{ та } [y = \text{C}] \text{ та } [w = \text{BC}] \text{ та } [v = \text{H}] \text{ та } [t = 3\text{M}] \text{ АБО} \\
 &\text{ЯКЩО } [z = \text{H}] \text{ та } [y = \text{H}] \text{ та } [w = \text{C}] \text{ та } [v = \text{HC}] \text{ та } [t = 1\text{M}], \text{ ТО } d = d_1. \\
 &\text{ЯКЩО } [z = \text{C}] \text{ та } [y = \text{C}] \text{ та } [w = \text{C}] \text{ та } [v = \text{C}] \text{ та } [t = 3\text{M}] \text{ АБО} \\
 &\text{ЯКЩО } [z = \text{BC}] \text{ та } [y = \text{HC}] \text{ та } [w = \text{BC}] \text{ та } [v = \text{BC}] \text{ та } [t = 2\text{M}], \\
 &\text{ТО } d = d_2.
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

Аналогічно записуються висловлювання для бази знань „1.1.2”, яка наведена в таблиці 3.7.

Далі, для отримання нечіткого логічного висловлювання (висновку) необхідно здійснити перехід від лінгвістичних висловлювань до *нечітких логічних рівнянь* (НЛР). Такі рівняння складаються шляхом заміни елементів матриці a_i^{ip} на значення їх функцій належності $\mu^{a_i^{ip}}(x_i)$. При цьому функції належності параметра $x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$ відповідають нечіткому терму a_i^{ip} , а операції „ТА” („АБО”) – нечітко-логічним операціям „•” та „∨”, яким, в свою чергу, відповідають операції „min” („max”) над функціями належності. Вага нечітких правил у базі знань визначається шляхом множення нечіткого висновку у кожному рядку бази знань на відповідне значення ваги.

Тоді лінгвістичним висловлюванням (3.15) буде відповідати сукупність таких нечітких логічних рівнянь:

$$\begin{aligned}
 \mu_d^{d_1}(z,y,w,v,t) &= W_k [\mu^{\text{HC}}(z) \cdot \mu^{\text{HC}}(y) \cdot \mu^{\text{H}}(w) \cdot \mu^{\text{C}}(v) \cdot \mu^{2\text{M}}(t)] \vee \\
 &W_{k+1} [\mu^{\text{C}}(z) \cdot \mu^{\text{C}}(y) \cdot \mu^{\text{BC}}(w) \cdot \mu^{\text{H}}(v) \cdot \mu^{3\text{M}}(t)] \vee \\
 &W_{k+2} [\mu^{\text{H}}(z) \cdot \mu^{\text{H}}(y) \cdot \mu^{\text{C}}(w) \cdot \mu^{\text{HC}}(v) \cdot \mu^{1\text{M}}(t)];
 \end{aligned} \tag{3.16}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_d^{d_2}(z,y,w,v,t) &= W_{k+3} [\mu^{\text{C}}(z) \cdot \mu^{\text{C}}(y) \cdot \mu^{\text{C}}(w) \cdot \mu^{\text{C}}(v) \cdot \mu^{3\text{M}}(t)] \vee \\
 &W_{k+4} [\mu^{\text{BC}}(z) \cdot \mu^{\text{HC}}(y) \cdot \mu^{\text{BC}}(w) \cdot \mu^{\text{BC}}(v) \cdot \mu^{2\text{M}}(t)].
 \end{aligned} \tag{3.17}$$

Результатом розв'язання системи нечітких логічних рівнянь, наведених у формулах 3.16 та 3.17, є нечіткий логічний розв'язок. *Нечіткий логічний розв'язок* являє собою сукупність значень функцій належності вихідного параметра (змінної) макроекономічної моделі. Перехід від отриманої сукупності значень функцій належності до значення прогнозного вихідного параметра здійснюється за допомогою операції *дефазифікації* [123].

Дефазифікація є останнім етапом моделювання і являє собою обернене перетворення знайденого нечіткого логічного висловлювання (висновку) у вихідний прогнозний параметр (змінну), який підлягає моделюванню і прогнозуванню. Існують різні методи дефазифікації, вибір і застосування яких залежить від об'єкта моделювання.

Найпростіший метод дефазифікації передбачає вибір такого значення вихідного параметра, який (для об'єктів з дискретним вихідним параметром) відповідає максимальному значенню функції належності. Для об'єктів з безперервним вихідним параметром, а також з метою підвищення точності прогнозів використовуються інші методи дефазифікації, порівняльні характеристики яких наведені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Методи дефазифікації та їх характеристика

Метод дефазифікації	Точність	Трудомісткість	Обмеження у використанні	Переваги
1	2	3	4	5
Вибір максимальних значень функції належності	-	-	Не використовується для об'єктів з безперервним вихідним параметром (змінною)	Використовується у випадку дискретної вхідної змінної, що має багато значень та невисокі вимоги до точності
Метод центра ваг	+	+-	Необхідність виконання операції інтегрування; неповність діапазону, що охоплюється вихідним параметром (змінною)	Точність, можливість застосування для об'єктів як з дискретним, так і з безперервним вихідним параметром

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
Метод центра ваг розширений	++	++	Необхідність виконання операції інтегрування	Точність вища за попередні; можливість застосування для об'єктів як з дискретним, так і з безперервним вихідним параметром

Виходячи з характеристик об'єкта прогнозування та характеру вихідного параметра (змінної), для розв'язання логічних рівнянь оберемо метод дефазифікації, який має назву „метод центру ваг розширений” [124]. У цьому випадку для визначення „центру ваг” потрібно штучно розширити діапазон вихідного параметра (змінної). Центром ваг буде значення абсциси, яке визначає положення „центру ваг”, що лежить нижче графіку її функції належності.

Розрахунок абсциси центра ваг $Y_{\text{centr}} = S(x_s, y_s)$ полягає в розрахунку площі, яка окреслена функцією $y = f(x)$ в межах діапазону $[A \dots E]$ зміни змінної „ x ”, починаючи від точки „ $x = x_A$ ” до точки „ $x = x_E$ ” [124]:

$$x_s = \frac{\int_{x_A}^{x_E} xf(x)dx}{\int_{x_A}^{x_E} f(x)dx}. \quad (3.18)$$

У випадку, коли вихідний параметр (змінна) має „ n ” термів, розрахунок центра ваг зводиться до [124] розв'язання рівняння 3.19:

$$x_s = \frac{\sum_{i=1}^n \left[x_E + (i-1) \cdot \frac{x_A - x_E}{n-1} \right] \cdot \mu^{x_i}(x)}{\sum_{i=1}^n \mu^{x_i}(x)}, \quad (3.19)$$

де n – кількість (дискретних значень) термів змінної „ x ”;

$x_E(x_A)$ – нижня (верхня) межа діапазону змінної „ x ”;
 $\mu^{xi}(x)$ – функція належності змінної „ x ” до нечіткого терма „ x_i ”.

Оскільки вихідні параметри макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу носять дискретний характер, то рівняння 3.19 прийемо за операцію *дефазифікації* для цієї моделі.

Моделі, побудовані на базі нечіткої логіки, завжди являють собою сукупність нечітких логічних рівнянь, функцій належності та відповідних рівнянь для проведення операції дефазифікації. Тому після побудови зазначених моделей їх потрібно записати у вигляді, придатному для здійснення процесу моделювання того чи іншого економічного показника.

Так, нечіткі логічні рівняння для розрахунку узагальненого вихідного параметра (змінної) „ d ” будуть мати вигляд:

для $d = d_1$

$$\begin{aligned} \mu_d^{d_1}(z,y,w,v,t) = & W_1 [\mu^{HC}(z) \cdot \mu^{HC}(y) \cdot \mu^H(w) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^{2M}(t)] \vee \\ & W_2 [\mu^C(z) \cdot \mu^C(y) \cdot \mu^{BC}(w) \cdot \mu^H(v) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ & W_3 [\mu^H(z) \cdot \mu^H(y) \cdot \mu^C(w) \cdot \mu^{HC}(v) \cdot \mu^{1M}(t)]; \end{aligned}$$

для $d = d_2$

$$\begin{aligned} \mu_d^{d_2}(z,y,w,v,t) = & W_4 [\mu^C(z) \cdot \mu^C(y) \cdot \mu^C(w) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ & W_5 [\mu^{BC}(z) \cdot \mu^{HC}(y) \cdot \mu^{BC}(w) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^{2M}(t)] \vee \\ & W_6 [\mu^{HC}(z) \cdot \mu^B(y) \cdot \mu^B(w) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^{1M}(t)]; \end{aligned}$$

для $d = d_3$

$$\begin{aligned} \mu_d^{d_3}(z,y,w,v,t) = & W_7 [\mu^{BC}(z) \cdot \mu^{BC}(y) \cdot \mu^C(w) \cdot \mu^{HC}(v) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\ & W_8 [\mu^{BC}(z) \cdot \mu^C(y) \cdot \mu^C(w) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ & W_9 [\mu^C(z) \cdot \mu^B(y) \cdot \mu^{HC}(w) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^{2M}(t)]; \end{aligned}$$

для $d = d_4$

$$\begin{aligned} \mu_d^{d_4}(z,y,w,v,t) = & W_{10} [\mu^{BC}(z) \cdot \mu^B(y) \cdot \mu^C(w) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\ & W_{11} [\mu^{BC}(z) \cdot \mu^{BC}(y) \cdot \mu^{HC}(w) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^{2M}(t)] \vee \\ & W_{12} [\mu^B(z) \cdot \mu^C(y) \cdot \mu^H(w) \cdot \mu^{HC}(v) \cdot \mu^{3M}(t)]; \end{aligned}$$

для $d = d_5$

$$\begin{aligned} \mu_d^{d_5}(z,y,w,v,t) = & W_{13} [\mu^B(z) \cdot \mu^B(y) \cdot \mu^{HC}(w) \cdot \mu^B(v) \cdot \mu^{1M}(t)] \vee \\ & W_{14} [\mu^B(z) \cdot \mu^C(y) \cdot \mu^H(w) \cdot \mu^C(v) \cdot \mu^{3M}(t)] \vee \\ & W_{15} [\mu^B(z) \cdot \mu^B(y) \cdot \mu^H(w) \cdot \mu^{BC}(v) \cdot \mu^{2M}(t)]. \end{aligned}$$

Розрахунок значення узагальненого вихідного параметра (змінної) „ d ” здійснимо за допомогою процедури дефазифікації, використовуючи метод “центра ваг розширених” [124]:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\underline{d} + (i-1) \cdot \frac{\bar{d} - \underline{d}}{n-1} \right] \cdot \mu^{d_i}}{\sum_{i=1}^n \mu^{d_i}}. \quad (3.20)$$

Для проведення операції дефазифікації використовуємо такі параметри: $n = 5$; $\underline{d} = -20$; $\bar{d} = +50$.

Нечіткі логічні рівняння для розрахунку узагальненого вихідного параметра (змінної) „ z ” будуть мати вигляд:

для $z = H$

$$\begin{aligned} \mu_z^H(m,n) = & W_{16} [\mu^H(m) \cdot \mu^H(n)] \vee W_{17} [\mu^{HC}(m) \cdot \mu^H(n)] \vee \\ & W_{18} [\mu^H(m) \cdot \mu^C(n)]; \end{aligned}$$

для $z = HC$

$$\begin{aligned} \mu_z^{HC}(m,n) = & W_{19} [\mu^{HC}(m) \cdot \mu^{HC}(n)] \vee W_{20} [\mu^{BC}(m) \cdot \mu^H(n)] \vee \\ & W_{21} [\mu^H(m) \cdot \mu^{BC}(n)]; \end{aligned}$$

для $z = C$

$$\mu_z^C(m,n) = W_{22} [\mu^C(m) \cdot \mu^C(n)] \vee W_{23} [\mu^{BC}(m) \cdot \mu^{HC}(n)] \vee W_{24} [\mu^{HC}(m) \cdot \mu^{BC}(n)];$$

для $z = BC$

$$\mu_z^{BC}(m,n) = W_{25} [\mu^{BC}(m) \cdot \mu^{BC}(n)] \vee W_{26} [\mu^B(m) \cdot \mu^C(n)] \vee W_{27} [\mu^C(m) \cdot \mu^B(n)];$$

для $z = B$

$$\mu_z^B(m,n) = W_{28} [\mu^B(m) \cdot \mu^B(n)] \vee W_{29} [\mu^{BC}(m) \cdot \mu^B(n)] \vee W_{30} [\mu^B(m) \cdot \mu^{BC}(n)].$$

Розрахунок значення вихідного узагальненого параметра (змінної) „ Z ” здійснимо за допомогою операції дефазифікації, використовуючи метод “центра ваг розширених” [124]:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \left[z + (i-1) \cdot \frac{\bar{z} - z}{n-1} \right] \cdot \mu^{z_i}}{\sum_{i=1}^n \mu^{z_i}}. \quad (3.21)$$

Для проведення операції дефазифікації використовуємо такі параметри: $n = 5$; $z = 0$; $\bar{z} = 100$.

Нечіткі логічні рівняння для розрахунку узагальненого параметра (змінної) „ m ” будуть мати вигляд:

для $m = H$

$$\mu_m^H(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = W_{31} [\mu^B(x_1) \cdot \mu^K(x_2) \cdot \mu^{DB}(x_3) \cdot \mu^{DH}(x_4) \cdot \mu^H(x_5) \cdot \mu^{DB}(x_6)] \vee W_{32} [\mu^B(x_1) \cdot \mu^B(x_2) \cdot \mu^B(x_3) \cdot \mu^H(x_4) \cdot \mu^{HO}(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)] \vee W_{33} [\mu^{BC}(x_1) \cdot \mu^K(x_2) \cdot \mu^{BC}(x_3) \cdot \mu^H(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{DB}(x_6)];$$

для $m = HC$

$$\mu_m^{HC}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = W_{34} [\mu^C(x_1) \cdot \mu^B(x_2) \cdot \mu^{BC}(x_3) \cdot \mu^H(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)] \vee W_{35} [\mu^{CT}(x_1) \cdot \mu^B(x_2) \cdot \mu^B(x_3) \cdot \mu^C(x_4) \cdot \mu^H(x_5) \cdot \mu^{DH}(x_6)] \vee W_{36} [\mu^{CT}(x_1) \cdot \mu^{HO}(x_2) \cdot \mu^H(x_3) \cdot \mu^B(x_4) \cdot \mu^H(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)];$$

для $m = C$

$$\mu_m^C(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = W_{37} [\mu^{CT}(x_1) \cdot \mu^{HO}(x_2) \cdot \mu^C(x_3) \cdot \mu^{CT}(x_4) \cdot \mu^{HO}(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)] \vee W_{38} [\mu^{BC}(x_1) \cdot \mu^{HO}(x_2) \cdot \mu^H(x_3) \cdot \mu^C(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)] \vee W_{39} [\mu^B(x_1) \cdot \mu^H(x_2) \cdot \mu^H(x_3) \cdot \mu^{DH}(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{DH}(x_6)];$$

для $m = BC$

$$\mu_m^{BC}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = W_{40} [\mu^{CT}(x_1) \cdot \mu^B(x_2) \cdot \mu^B(x_3) \cdot \mu^{CT}(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)] \vee W_{41} [\mu^{BC}(x_1) \cdot \mu^{DB}(x_2) \cdot \mu^C(x_3) \cdot \mu^B(x_4) \cdot \mu^{HO}(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)] \vee W_{42} [\mu^{DH}(x_1) \cdot \mu^H(x_2) \cdot \mu^H(x_3) \cdot \mu^H(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)];$$

для $m = B$

$$\mu_m^B(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = W_{43} [\mu^{BC}(x_1) \cdot \mu^{HO}(x_2) \cdot \mu^H(x_3) \cdot \mu^B(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)] \vee W_{44} [\mu^B(x_1) \cdot \mu^{HO}(x_2) \cdot \mu^C(x_3) \cdot \mu^C(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{DH}(x_6)] \vee W_{45} [\mu^{CT}(x_1) \cdot \mu^H(x_2) \cdot \mu^H(x_3) \cdot \mu^B(x_4) \cdot \mu^\Pi(x_5) \cdot \mu^{CT}(x_6)].$$

Розрахунок значення узагальненого параметра (змінної) „ m ” здійснено за допомогою операції дефазифікації, використовуючи метод “центра ваг розширених” [124] за формулою 3.21 за тим виключенням, що замість значення „ z ” підставляється значення „ m ”.

Нечіткі логічні рівняння для розрахунку узагальненого параметра (змінної) „ n ” будуть мати вигляд:

для $n = H$

$$\mu_n^H(x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}) = W_{46} [\mu^H(x_7) \cdot \mu^H(x_8) \cdot \mu^H(x_9) \cdot \mu^H(x_{10}) \cdot \mu^{DH}(x_{11}) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^H(x_{13})] \vee W_{47} [\mu^C(x_7) \cdot \mu^{CT}(x_8) \cdot \mu^B(x_9) \cdot \mu^C(x_{10}) \cdot \mu^{DH}(x_{11}) \cdot \mu^{HO}(x_{12}) \cdot \mu^{HO}(x_{13})] \vee W_{48} [\mu^C(x_7) \cdot \mu^C(x_8) \cdot \mu^{BC}(x_9) \cdot \mu^H(x_{10}) \cdot \mu^H(x_{11}) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^{HO}(x_{13})];$$

для $n = HC$

$$\begin{aligned} \mu_n^{HC}(x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}) = & W_{49} [\mu^C(x_7) \cdot \mu^C(x_8) \cdot \mu^C(x_9) \cdot \mu^C(x_{10}) \cdot \\ & \mu^{DH}(x_{11}) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^H(x_{13})] \vee W_{50} [\mu^B(x_7) \cdot \mu^H(x_8) \cdot \mu^B(x_9) \cdot \mu^H(x_{10}) \cdot \\ & \mu^H(x_{11}) \cdot \mu^{HO}(x_{12}) \cdot \mu^H(x_{13})] \vee W_{51} [\mu^B(x_7) \cdot \mu^H(x_8) \cdot \mu^B(x_9) \cdot \mu^C(x_{10}) \cdot \\ & \mu^{DH}(x_{11}) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^{HO}(x_{13})]; \end{aligned}$$

для $n = C$

$$\begin{aligned} \mu_n^C(x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}) = & W_{52} [\mu^C(x_7) \cdot \mu^{CT}(x_8) \cdot \mu^{CT}(x_9) \cdot \mu^C(x_{10}) \cdot \\ & \mu^C(x_{11}) \cdot \mu^{HO}(x_{12}) \cdot \mu^{HO}(x_{13})] \vee W_{53} [\mu^{BC}(x_7) \cdot \mu^{BC}(x_8) \cdot \mu^{BC}(x_9) \cdot \mu^C(x_{10}) \cdot \\ & \mu^H(x_{11}) \cdot \mu^{HO}(x_{12}) \cdot \mu^H(x_{13})] \vee W_{54} [\mu^C(x_7) \cdot \mu^C(x_8) \cdot \mu^{CT}(x_9) \cdot \mu^{BC}(x_{10}) \cdot \\ & \mu^C(x_{11}) \cdot \mu^H(x_{12}) \cdot \mu^{HO}(x_{13})]; \end{aligned}$$

для $n = BC$

$$\begin{aligned} \mu_n^{BC}(x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}) = & W_{55} [\mu^{BC}(x_7) \cdot \mu^C(x_8) \cdot \mu^C(x_9) \cdot \mu^B(x_{10}) \cdot \\ & \mu^C(x_{11}) \cdot \mu^{HO}(x_{12}) \cdot \mu^{HO}(x_{13})] \vee W_{56} [\mu^C(x_7) \cdot \mu^B(x_8) \cdot \mu^{CT}(x_9) \cdot \mu^C(x_{10}) \cdot \\ & \mu^{BC}(x_{11}) \cdot \mu^{HO}(x_{12}) \cdot \mu^\Pi(x_{13})] \vee W_{57} [\mu^H(x_7) \cdot \mu^C(x_8) \cdot \mu^{BC}(x_9) \cdot \mu^B(x_{10}) \cdot \\ & \mu^B(x_{11}) \cdot \mu^\Pi(x_{12}) \cdot \mu^{HO}(x_{13})]; \end{aligned}$$

для $n = B$

$$\begin{aligned} \mu_n^B(x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}) = & W_{58} [\mu^{BC}(x_7) \cdot \mu^B(x_8) \cdot \mu^{CT}(x_9) \cdot \mu^{BC}(x_{10}) \cdot \\ & \mu^B(x_{11}) \cdot \mu^\Pi(x_{12}) \cdot \mu^\Pi(x_{13})] \vee W_{59} [\mu^B(x_7) \cdot \mu^{BC}(x_8) \cdot \mu^H(x_9) \cdot \mu^B(x_{10}) \cdot \\ & \mu^{BC}(x_{11}) \cdot \mu^\Pi(x_{12}) \cdot \mu^H(x_{13})] \vee W_{60} [\mu^B(x_7) \cdot \mu^B(x_8) \cdot \mu^H(x_9) \cdot \mu^B(x_{10}) \cdot \\ & \mu^B(x_{11}) \cdot \mu^\Pi(x_{12}) \cdot \mu^\Pi(x_{13})]. \end{aligned}$$

Розрахунок значення узагальненого параметра (змінної) „ n ” здійснимо за допомогою операції дефазифікації, використовуючи метод “центра ваг розширених” [124] за формулою 3.21 за тим виключенням, що замість значення „ z ” підставляється значення „ n ”.

Нечіткі логічні рівняння для розрахунку узагальненого вихідного параметра (змінної) „ y ” будуть мати вигляд:

для $y = H$

$$\begin{aligned} \mu_y^H(x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}) &= W_{61} [\mu^B(x_{14}) \cdot \mu^H(x_{15}) \cdot \mu^H(x_{16}) \cdot \mu^{M3}(x_{17}) \cdot \\ &\mu^H(x_{18})] \vee W_{62} [\mu^C(x_{14}) \cdot \mu^H(x_{15}) \cdot \mu^{CT}(x_{16}) \cdot \mu^{CT}(x_{17}) \cdot \mu^M(x_{18})] \vee \\ &W_{63} [\mu^J(x_{14}) \cdot \mu^H(x_{15}) \cdot \mu^\Pi(x_{16}) \cdot \mu^{BB}(x_{17}) \cdot \mu^M(x_{18})]; \end{aligned}$$

для $y = HC$

$$\begin{aligned} \mu_y^{HC}(x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}) &= W_{64} [\mu^3(x_{14}) \cdot \mu^{CT}(x_{15}) \cdot \mu^{CT}(x_{16}) \cdot \mu^{M3}(x_{17}) \cdot \\ &\mu^M(x_{18})] \vee W_{65} [\mu^B(x_{14}) \cdot \mu^\Pi(x_{15}) \cdot \mu^H(x_{16}) \cdot \mu^{BB}(x_{17}) \cdot \mu^H(x_{18})] \vee \\ &W_{66} [\mu^3(x_{14}) \cdot \mu^H(x_{15}) \cdot \mu^\Pi(x_{16}) \cdot \mu^{CT}(x_{17}) \cdot \mu^\Pi(x_{18})]; \end{aligned}$$

для $y = C$

$$\begin{aligned} \mu_y^C(x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}) &= W_{67} [\mu^J(x_{14}) \cdot \mu^{CT}(x_{15}) \cdot \mu^\Pi(x_{16}) \cdot \mu^{CT}(x_{17}) \cdot \\ &\mu^M(x_{18})] \vee W_{68} [\mu^3(x_{14}) \cdot \mu^\Pi(x_{15}) \cdot \mu^H(x_{16}) \cdot \mu^{M3}(x_{17}) \cdot \mu^H(x_{18})] \vee \\ &W_{69} [\mu^B(x_{14}) \cdot \mu^H(x_{15}) \cdot \mu^\Pi(x_{16}) \cdot \mu^{BB}(x_{17}) \cdot \mu^M(x_{18})]; \end{aligned}$$

для $y = BC$

$$\begin{aligned} \mu_y^{BC}(x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}) &= W_{70} [\mu^J(x_{14}) \cdot \mu^{CT}(x_{15}) \cdot \mu^{CT}(x_{16}) \cdot \mu^{CT}(x_{17}) \cdot \\ &\mu^\Pi(x_{18})] \vee W_{71} [\mu^3(x_{14}) \cdot \mu^{CT}(x_{15}) \cdot \mu^\Pi(x_{16}) \cdot \mu^{M3}(x_{17}) \cdot \mu^H(x_{18})] \vee \\ &W_{72} [\mu^B(x_{14}) \cdot \mu^{CT}(x_{15}) \cdot \mu^{CT}(x_{16}) \cdot \mu^{BB}(x_{17}) \cdot \mu^M(x_{18})]; \end{aligned}$$

для $y = B$

$$\begin{aligned} \mu_y^B(x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}) &= W_{73} [\mu^J(x_{14}) \cdot \mu^\Pi(x_{15}) \cdot \mu^\Pi(x_{16}) \cdot \mu^{BB}(x_{17}) \cdot \\ &\mu^\Pi(x_{18})] \vee W_{74} [\mu^3(x_{14}) \cdot \mu^{CT}(x_{15}) \cdot \mu^\Pi(x_{16}) \cdot \mu^{M3}(x_{17}) \cdot \mu^\Pi(x_{18})] \vee \\ &W_{75} [\mu^B(x_{14}) \cdot \mu^\Pi(x_{15}) \cdot \mu^\Pi(x_{16}) \cdot \mu^{CT}(x_{17}) \cdot \mu^\Pi(x_{18})]. \end{aligned}$$

Розрахунок значення узагальненого вихідного параметра (змінної) „ y ” здійснимо за допомогою операції дефазифікації, використовуючи метод “центра ваг розширених” [124] за формулою 3.21 за тим виключенням, що замість значення „ Z ” підставляється значення „ y ”.

Нечіткі логічні рівняння для розрахунку узагальненого вихідного параметра (змінної) „ w ” будуть мати вигляд:

для $w = H$

$$\mu_w^H(x_{19}, x_{20}) = W_{76} [\mu^C(x_{19}) \cdot \mu^B(x_{20})] \vee W_{77} [\mu^{CT}(x_{19}) \cdot \mu^{BC}(x_{20})];$$

для $w = HC$

$$\mu_w^{HC}(x_{19}, x_{20}) = W_{78} [\mu^C(x_{19}) \cdot \mu^{CT}(x_{20})] \vee W_{79} [\mu^{CP}(x_{19}) \cdot \mu^{BC}(x_{20})];$$

для $w = C$

$$\mu_w^C(x_{19}, x_{20}) = W_{80} [\mu^{CT}(x_{19}) \cdot \mu^C(x_{20})] \vee W_{81} [\mu^{CP}(x_{19}) \cdot \mu^{CP}(x_{20})];$$

для $w = BC$

$$\mu_w^{BC}(x_{19}, x_{20}) = W_{82} [\mu^{BC}(x_{19}) \cdot \mu^{CT}(x_{20})] \vee W_{83} [\mu^{CP}(x_{19}) \cdot \mu^{CT}(x_{20})];$$

для $w = B$

$$\mu_w^B(x_{19}, x_{20}) = W_{84} [\mu^{BC}(x_{19}) \cdot \mu^C(x_{20})] \vee W_{85} [\mu^B(x_{19}) \cdot \mu^{CT}(x_{20})].$$

Розрахунок значення узагальненого вихідного параметра (змінної) „w” здійснимо за допомогою операції дефазифікації, використовуючи метод “центра ваг розширених” [124] за формулою 3.21 за тим виключенням, що замість значення „z” підставляється значення „w”.

Нечіткі логічні рівняння для розрахунку узагальненого вихідного параметра (змінної) „v” будуть мати вигляд:

для $v = H$

$$\mu_v^H(x_{21}, x_{22}) = W_{86} [\mu^E(x_{21}) \cdot \mu^H(x_{22})];$$

для $v = HC$

$$\mu_v^{HC}(x_{21}, x_{22}) = W_{87} [\mu^E(x_{21}) \cdot \mu^{HO}(x_{22})] \vee W_{88} [\mu^M(x_{21}) \cdot \mu^H(x_{22})];$$

для $v = C$

$$\mu_v^C(x_{21}, x_{22}) = W_{89} [\mu^E(x_{21}) \cdot \mu^C(x_{22})] \vee W_{90} [\mu^H(x_{21}) \cdot \mu^H(x_{22})];$$

для $v = BC$

$$\mu_v^{BC}(x_{21}, x_{22}) = W_{91} [\mu^H(x_{21}) \cdot \mu^{HO}(x_{22})] \vee W_{92} [\mu^M(x_{21}) \cdot \mu^{HO}(x_{22})];$$

для $v = B$

$$\mu_v^B(x_{21}, x_{22}) = W_{93} [\mu^M(x_{21}) \cdot \mu^C(x_{22})] \vee W_{94} [\mu^H(x_{21}) \cdot \mu^C(x_{22})].$$

Розрахунок значення узагальненого вихідного параметра (змінної) „ v ” здійснимо за допомогою операції дефазифікації, використовуючи метод “центра ваг розширених” [124] за формулою 3.21 за тим виключенням, що замість значення „ z ” підставляється значення „ v ”.

Як вже зазначалося раніше, перевагою макроекономічних моделей, побудованих на базі нечіткої логіки, є можливість використання в якості вхідних параметрів лінгвістичних висловлювань (висновків) експертів, що в значній мірі компенсує відсутність аналітичних залежностей між вхідними та вихідними параметрами (змінними) об’єкта [125] прогнозування.

Проте застосування апарату нечіткої логіки дає змогу реалізувати ще одну перевагу цього методу, а саме – дає змогу впливати на процес формування лінгвістичних висловлювань (висновків) експертів, які вони роблять з тих чи інших питань. Тобто моделі, побудовані з застосуванням апарату нечіткої логіки, мають здатність до *самонавчання*, тобто здатність до гнучкої перебудови відповідно до змін у структурі причинно-наслідкових зв’язків між вхідними та вихідними параметрами (змінними) або змін у характері впливу зовнішніх факторів [126, 127]. Це обумовлює необхідність створення механізмів налагодження або “самонавчання” моделей, побудованих на базі нечіткої логіки.

Налагодження макроекономічних моделей, побудованих на базі теорії нечіткої логіки, передбачає зміну деяких вхідних параметрів (змінних) моделі залежно від величини відхилення прогнозного вихідного параметра (змінної) від значення цього параметра, яке було фактично отримано на кінцеву дату періоду прогнозування. Для того, щоб створити механізм налагодження макроекономічних моделей, необхідно дослідити їх відповідність певним критеріям, одним із яких може бути критерій під назвою *якість прогнозу*.

3.3. Визначення відповідності моделі, побудованої на основі теорії нечіткої логіки, налагодження моделі та прогнозування валютного курсу в Україні

Адекватність моделі, тобто відповідність прогнозних показників (або результатів нечіткого логічного висновку) реальним значенням параметра прогнозування може бути визначена двома основними способами: за якістю функції належності та за якістю бази знань.

Під якістю функції належності розуміється ступінь відповідності функції належності реальним значенням лінгвістичного вихідного параметра (змінної) [128]. *Якість бази знань* визначається ступенем її наповненості та правильністю „побудови” самих правил.

Для оцінювання адекватності розробленої моделі нами були зібрані статистичні дані співвідношення офіційного курсу гривні до долара США за період із 01.01.2000 року по 15.10.2001 року, а також значення вхідних та вихідних параметрів макроекономічної моделі, представлених у вигляді вибірки “вхід – вихід” [80, 86, 129, 130]. Повний набір статистичних даних, представлених у вигляді вибірки “вхід – вихід”, наведений у додатку В.

Для розробленої моделі прогнозування валютного курсу в Україні задамося допустимим рівнем відносної похибки в межах [-3% ...+3%]. Цей інтервал був визначений нами на основі опитування фахівців валютних відділів банків м. Вінниці. Як і аналітичні залежності між вхідними та вихідними параметрами (змінними) моделі, закон розподілу похибки також невідомий, тому оцінку похибки можна зробити лише шляхом порівняння прогнозних даних з фактичними.

Для цього спочатку розрахуємо прогнозне значення вихідного параметра моделі (тобто курсу гривні до долара США). Потім, після закінчення періоду прогнозування, реальні значення вихідного параметра порівняємо з розрахунковими (прогнозними). Розбіжність між розрахунковими (прогнозними) та реальними значеннями вихідного параметра (тобто курсу гривні до долара США) наведена на рисунку 3.14 [131].

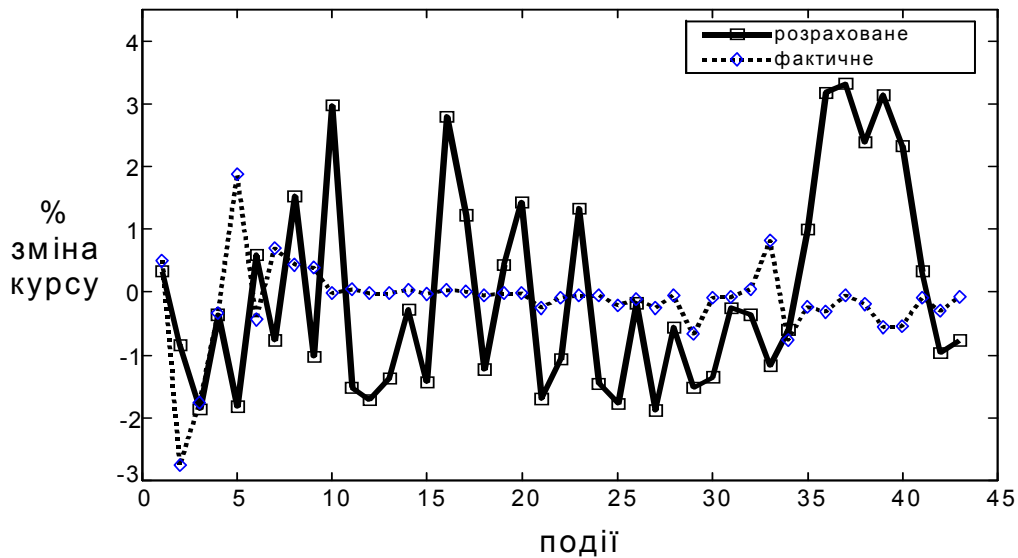


Рисунок 3.14 – Розбіжність між прогнозними та реальними значеннями курсу валюти

Якість зробленого прогнозу (а її можна вважати якістю побудованої моделі прогнозування) визначимо шляхом розрахунку середньоквадратичного відхилення R прогнозного результату від реального [132]. Це можна зробити за формулою 3.22:

$$R = \frac{1}{|\{X_i\}|} \sqrt{\sum_{X_i} [y_F(X_i, M) - \hat{y}_i]^2}, \quad (3.22)$$

де $y_F(X_i, M)$ – значення вихідного параметра (змінної), розрахованого за допомогою розробленої моделі прогнозування;
 \hat{y}_i – реальне значення вихідного параметра (змінної);
 $X_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i) \in [\underline{x}_1, \overline{x}_1] \times [\underline{x}_2, \overline{x}_2] \times \dots \times [\underline{x}_n, \overline{x}_n]$;
 X_i – точка, в якій були отримані значення \hat{y}_i та y_F ;
 $\{X_i\}$ – множина точок типу X_i ;
 $|\{X_i\}|$ – потужність множини $\{X_i\}$.

Якість побудованої макроекономічної моделі прогнозування курсу валюти можна також оцінити за максимальним відхиленням між значеннями

прогнозних та реальних вихідних параметрів (змінних) моделі. Результати розрахунків за наведеними критеріями показані в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Оцінювання якості побудованої моделі прогнозування

Модель	Значення критерію якості (середньоквадратичне відхилення)	Значення критерію якості (максимальне відхилення)
Модель прогнозування валютного курсу	R=0,3145	R=3,6927 %

Із результатів, наведених у таблиці 3.9, видно, що навіть до налагодження розроблена макроекономічна модель прогнозування валютного курсу забезпечує значне збігання прогнозних параметрів з реальними. Проте порівняння максимальних відхилень прогнозного курсу валюти з допустимими значеннями відносної похибки [-3%...+3%] показує, що якість побудованої моделі не задовольняє висунутим вимогам. Тому потрібне додаткове налагодження даної моделі.

Як відомо, вибір методу налагодження моделей, побудованих на базі теорії нечіткої логіки, залежить від характеристики самої макроекономічної моделі [133]. Всі методи налагодження мають одну спільну вимогу – необхідність формування так званої “навчальної вибірки”, тобто сукупності пар вхідних та вихідних параметрів або параметрів типу “вхід – вихід”.

Як вже згадувалось вище, адекватність нечітких моделей визначається шляхом порівняння відповідності прогнозних параметрів макроекономічної моделі реальним значенням вихідного показника за допомогою двох основних способів: за якістю функцій належності та якістю бази знань. Тому в загальному вигляді задача налагодження моделі зводиться до підбору таких значень функцій належності та значень, що складають базу знань, при яких

розбіжність між прогнозними та реальними значенням вихідного параметра (змінної) буде мінімальною.

Критеріями якості функції належності є коефіцієнт “стискання-розтягування” та абсциса максимуму функції належності [134], а критеріями якості бази знань є так звані „ваги правил”, тобто ступені відповідності визначених нами правил реальній дійсності. Використання моделі прогнозування валютного курсу, побудованої на базі нечіткої логіки, буде доцільним тільки в тому випадку, коли прогнозні значення вихідного параметра „d” будуть наближатися до реальних значень вихідного параметра [135]. Це можна зробити шляхом налагодження моделі за допомогою так званої навчальної вибірки.

Навчальна вибірка – це сукупність пар вхідних та вихідних параметрів типу “вхід–вихід” $\langle (x_1, x_2, \dots, x_n), (y_1, y_2, \dots, y_m) \rangle$, які відповідають достовірному прогнозу курсу гривні України до долара США. Для отримання навчальної вибірки необхідно організувати збір та фіксацію вхідних параметрів $\{x_1 \dots x_{23}\}$, проміжних додаткових узагальнених вихідних параметрів $\{z, m, n, w, v, y\}$ та вихідного параметра $\{d\}$, які віддзеркалюють процес формування курсу національної валюти України. При наявності навчальної вибірки (яка наведена в додатку В) задача налагодження моделі може бути вирішена так, як це буде показано нижче для вихідного параметра „d”. Для цього представимо записані раніше залежності 3.1 у такому вигляді:

$$d = F(X, B, C, W), \quad (3.23)$$

де X – вхідний вектор, $X_1 = (z^p, y^p, w^p, v^p, t^p)$, $p = 1 \dots N$;

N – кількість рядків у ієрархічній базі знань „1”;

W – вектори „ваг правил” у ієрархічній базі знань „1”.

B_1, C_1 , – вектори вхідних параметрів налагодження функцій належності, що входять до ієрархічної бази знань „1”.

Вектори „ваг правил” можна визначити так:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_N). \quad (3.24)$$

Припустимо, що для ієрархічної бази знань „1” є навчальна вибірка у вигляді L пар реальних даних:

$$\langle (X_1), y^p \rangle, p = \overline{1..L}, \quad (3.25)$$

Тоді задача оптимального налагодження моделі полягає в тому, щоб знайти такі вектори параметрів $\{B, C, W\}$, які забезпечать мінімум розбіжностей між прогнозними та реальними вихідними параметрами (змінними) моделі. Тобто потрібно виконати умову:

$$\sum_{p=1}^L \left[(F(X^p, W, B, C) - \hat{Y}^p) \right]^2 = \min. \quad (3.26)$$

Таким чином, в загальному випадку для об'єкта з одним вихідним параметром „d” задача налагодження макроекономічної моделі буде мати вигляд залежності, записаної формулою 3.26.

Задачу налагодження макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу України, тобто налагодження параметрів функцій належності ФН та „ваг правил” можна вирішити за допомогою вибраного раніше методу оптимізації – *методу генетичного алгоритму*.

Задача налагодження моделі зводиться до знаходження таких параметрів $\{b, c, w\}$, при яких відбувається мінімізація відхилення прогнозних вихідних параметрів моделі від реальних даних. Параметрами налагодження моделі є відповідні вектори „ваг правил” W та параметри функцій належностей, а саме: коефіцієнти стискання-розтягування „с” та координати максимуму функцій „b”. Зазначені параметри представлені у додатку А на рисунках (А.1.1...А.1.22).

Для реалізації генетичного алгоритму, який дозволив би отримати оптимальні параметри функцій належності ФН та „ваг правил”, потрібно вибрати та задатися певним способом кодування нечіткої інформації, яка викорис-

товується в макроекономічній моделі. З цією метою зведемо вектори $\{B, C, W\}$ вхідних параметрів моделі (дивися залежності 3.23 ... 3.25) до одного вектора „S”:

$$S = (B, C, W) = (b_{11}, \dots, b_{1k_1}, c_{11}, \dots, c_{1k_1}, b_{n1}, \dots, b_{nk_n}, c_{n1}, \dots, c_{nk_n}, w_1, \dots, w_N), \quad (3.27)$$

де k_i – кількість термів-оцінок вхідної змінної x_i ;

$$k_1 + k_2 + \dots + k_n = q, \quad i = \overline{1, n};$$

q – загальна кількість термів (див. табл. 3.1);

N – загальна кількість рядків у ієрархічній базі знань.

Вектор „S” можна розглядати як код нечіткої моделі, який визначений формулою 3.23. Цьому вектору можна поставити у відповідність хромосому, що описує матрицю нових оптимальних параметрів моделі і визначається рядком, який показаний на рисунку 3.15:

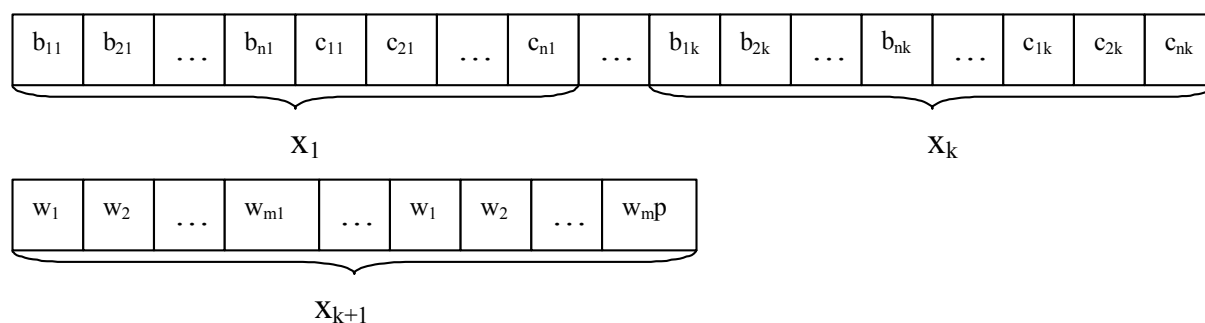


Рисунок 3.15 – Кодування хромосоми, що описує матрицю нових оптимальних параметрів:

(x_j – входи нечіткої моделі, $j=1, k$; (b_{ij}, c_{ij}) – i -й терм j -го входу, $i=1, n$; $j=1, k$; w_{ij} – i -та вага правила j -ої бази знань, $j=1, p$; $i=1, m$).

Значення параметрів „b” та „c” кожного із термів, які використовуються для кодування початкової хромосоми, наведені у додатку А на рисунках (А.1.1...А.1.22). Значення „ваг правил” наведені в додатку Б. „Довжина” початкової хромосоми дорівнює 272 значенням параметрів.

Наступним кроком налагодження моделі генетичного алгоритму є генерація популяції нових параметрів побудованої моделі прогнозування валютного курсу. Під *генерацією популяції* розуміється визначення такої початко-

вої множини векторів S (хромосом), які потім будуть піддаватися операціям *схрещування і мутації* [62]. Структура згенерованих хромосом буде мати вигляд, аналогічний початковій хромосомі, яка зображена на рисунку 3.15. При цьому діапазон зміни її „генів” визначається такими умовами:

$$b_i = \text{RANDOM}([\underline{b}_i, \overline{b}_i]), \quad (3.28)$$

$$c_i = \text{RANDOM}([\underline{c}_i, \overline{c}_i]), \quad (3.29)$$

$$w_i = \text{RANDOM}([\underline{w}_i, \overline{w}_i]), \quad (3.30)$$

де $[\underline{b}_i, \overline{b}_i]$ – інтервал можливих значень максимуму функції належності, що відповідає термам-оцінкам вхідної змінної „ x_i ” (див. табл. 3.1, діапазон зміни параметрів);

$[\underline{c}_i, \overline{c}_i]$ – інтервал можливих значень коефіцієнта стискання-розтягування функції належності, що відповідає термам-оцінкам вхідної змінної „ x_i ”,

$[\underline{c}_i, \overline{c}_i] \in (0, +\infty), i = \overline{1, n}$;

$[\underline{w}_i, \overline{w}_i]$ – нижня (верхня) межа інтервалу можливих значень „ваг правил”, $[\underline{w}_i, \overline{w}_i] \in [0, 1]$;

$\text{RANDOM}([\underline{\xi}, \overline{\xi}])$ – операція вибору випадкового числа, рівномірно розподіленого на інтервалі $[\underline{\xi}, \overline{\xi}]$.

Після вибору початкової множини векторів S (хромосом) здійснюється їх контроль з метою забезпечення визначеної раніше упорядкованості термів. В якості функції відповідності будемо використовувати критерій оптимізації, визначений формулою 3.31.

Припустимо, що початкова множина рішень (величина популяції) буде дорівнювати 20-ти хромосомам. Над цими хромосомами потрібно здійснити операцію схрещування. Це основна операція генетичного алгоритму, від якої, в першу чергу, залежить його продуктивність [62]. Чим простішою буде дана операція, тим вищою буде продуктивність генетичного алгоритму.

Розглянемо техніку проведення операції схрещування в генетичному алгоритмі. Припустимо, що в якості батьківських хромосом взяті дві хромосоми PAR_1 і PAR_2 . Провести схрещування цих хромосом – це одержати дві

хромосоми-нащадки CH_1 і CH_2 шляхом обміну генами хромосом-батьків відносно вибраної точки схрещування (див. рисунок 3.16).

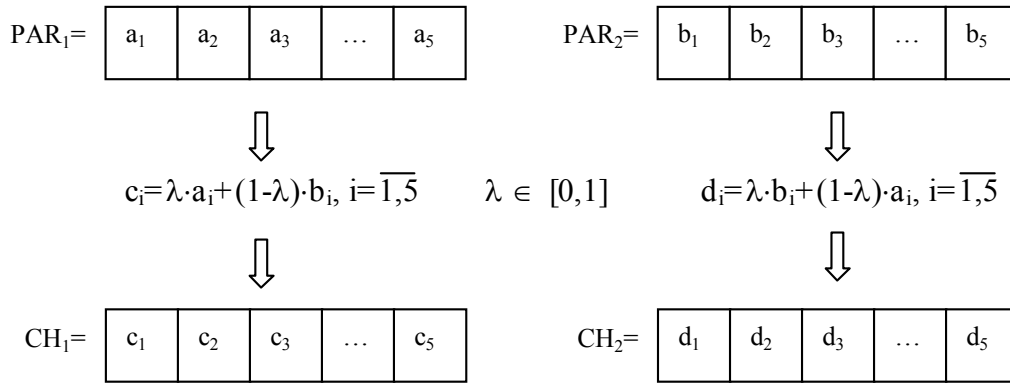


Рисунок 3.16 – Операція схрещування

При схрещуванні батьківські хромосоми діляться на дві частини, а потім обмінюються своїми половинками, внаслідок чого з'являється в два рази більше хромосом-нащадків.

На рисунку 3.16 показаний результат операції схрещування для моделі, що налагоджується, а на рисунку 3.17 проілюстровано механізм проведення операції схрещування.

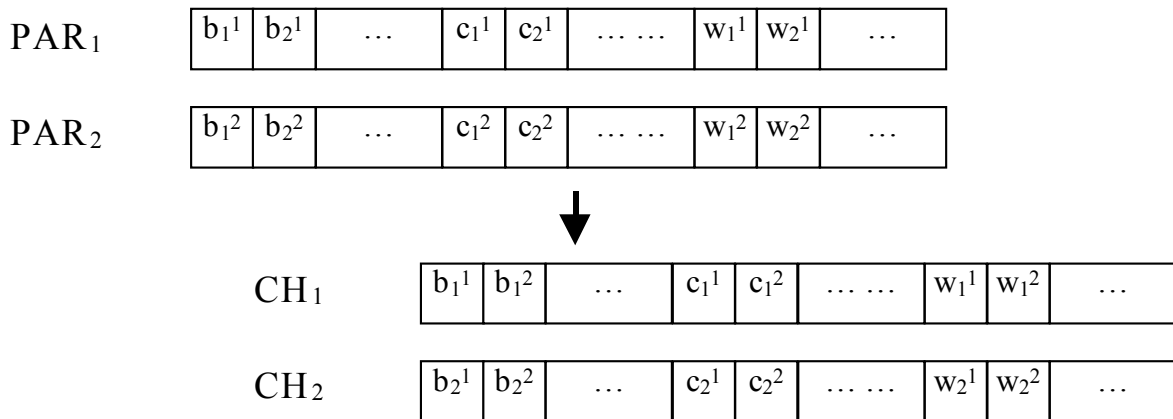


Рисунок 3.17 – Механізм проведення операції схрещування (b_i^n, c_i^n, w_i^n – параметри батьківських хромосом PAR_n та хромосом нащадків CH_n ; $n = \overline{1, m}$; m – кількість операцій схрещування).

Наступним кроком налагодження моделі за допомогою методу генетичного алгоритму є мутація генів кожної із хромосом, які входять до попу-

ляції хромосом. Класичний метод проведення операції мутації полягає в змінюванні одного або декількох значень генів із ймовірністю, яка дорівнює коефіцієнту мутації p_m . Тобто кожний елемент вектора S може зазнати мутації з ймовірністю p_m . Алгоритм проведення операції мутації класичним методом наведено на рисунку 3.18 [62].

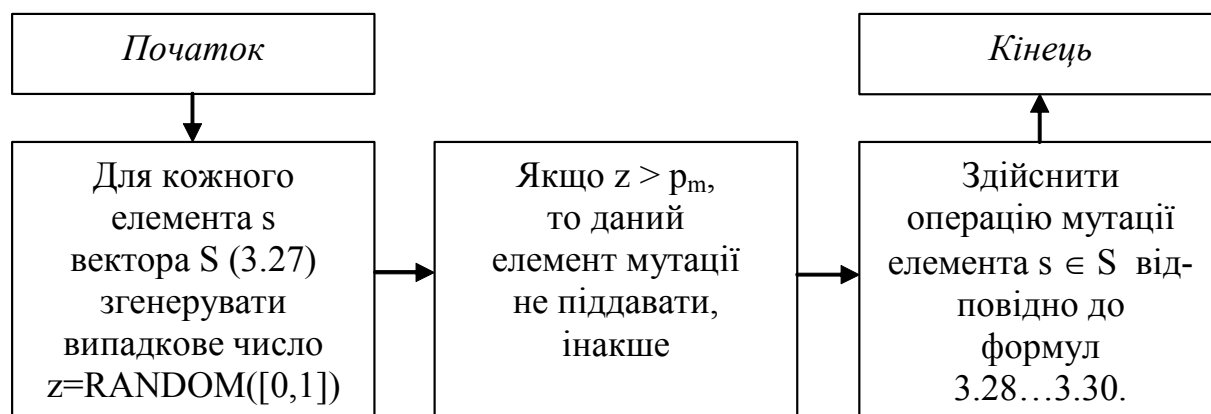


Рисунок 3.18 – Алгоритм проведення операції мутації класичним методом

У нашому випадку проводити операцію мутації класичним методом недоцільно, тому що використання коефіцієнта мутації p_m може привести до значних випадкових збуджень, в результаті чого „нащадки” будуть несхожими на „батьків” і алгоритм налагодження втратить можливість пошуку оптимальної хромосоми еволюційним шляхом.

Ми пропонуємо запровадити іншу процедуру мутації хромосом в генетичному алгоритмі: вибираємо кожний десятий елемент хромосоми і проводимо операцію мутації для цього елемента за правилами, наведеними формулами (3.28...3.30).

Запропонований алгоритм проведення операції мутації наведено на рисунку 3.19. Основною перевагою запропонованого алгоритму мутації є те, що він спрощує процес пошуку оптимального варіанта рішення.



Рисунок 3.19 – Запропонований алгоритм проведення операції мутації

Наступним кроком налагодження генетичного алгоритму є операція селекції. *Селекція* – це відбір кращих варіантів рішень, отриманих у результаті операцій схрещування і мутації на основі визначеної функції відповідності. Функцію відповідності хромосоми S позначимо через $FF(S)$. В якості критерію оптимізації функції відповідності виберемо умову, наведену формулою (3.26). Тоді критерій оптимізації функції відповідності хромосоми S можна записати у вигляді співвідношення (3.31):

$$FF(S) = -\sum_{p=1}^L \left[(F(x^p, b, c, w) - d^p) \right]^2, \quad (3.31)$$

де $F(x^p, b, c, w)$ – прогнознi (вихiднi) параметри моделi;
 (x^p, d^p) – реальнi данi, отриманi в момент закiнчення перiоду прогнозування, тобто данi типу “вхiд – вихiд”;
 $x^p = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор входiв нечiткої моделi;
 n – кiлькiсть входiв, $p = \overline{1, L}$;
 L – кiлькiсть реальних даних;
 d^p – вихiд, який вiдповiдає вектору x^p , $p = \overline{1, L}$;
 b, c, w – параметри нечiткої моделi.

Знак „мiнус” у формулi (3.31) потрібен для збереження змiсту функцiї вiдповiдностi. Тобто, чим з бiльшими помилками модель прогнозування валютного курсу буде описувати вибiрку реальних даних (курсiв валют), тим менше значення повинна мати функцiя вiдповiдностi такої макроекономiчної

моделі. Функція відповідності (3.31) використовується також для контролю якості хромосом в процесі їх генерації.

Операція селекції формує нову популяцію кращих параметрів моделі за рахунок відбору „кращих батьків та нащадків” згідно з функцією відповідності (3.31) та вилучає решту хромосом з метою збереження сталим обсягу (розміру) популяції.

Так, кожна ітерація генетичного алгоритму буде збільшувати розмір популяції на величину $(p_c \cdot K)$ „хромосом-нащадків”, де p_c – коефіцієнт схрещування. З метою збереження розміру популяції „ K ” сталим виникає необхідність вилучати перед проведенням кожної наступної ітерації $(p_c \cdot K)$ найгірших за значенням функції відповідності хромосом [62].

Враховуючи вищесказане, можна описати генетичний алгоритм налагодження макроекономічної моделі прогнозування курсу національної валюти України до долара США так:

1. Сформувати початкову популяцію хромосом.
2. Використовуючи співвідношення (3.31), обчислити значення функцій відповідності $FF(S_i)$, $i = \overline{1, K}$ для кожної хромосоми.
3. Провести операцію схрещування кожної пари хромосом-батьків.
4. Здійснити мутацію одержаних хромосом-нащадків.
5. Вилучити з одержаної популяції, яка буде мати розмір $(K + p_c \cdot K)$ хромосом, ті хромосоми $(p_c \cdot K)$, що будуть мати найгірші значення функції відповідності $FF(S_i)$.
6. Якщо буде одержана хромосома S_i , для якої $FF(S_i) = 0$ (максимум функції відповідності), то тоді розрахунки закінчуються. В іншому разі потрібно перейти до наступного кроку „7”.
7. Якщо задане число ітерацій алгоритму налагодження макроекономічної моделі не вичерпане (в нашому випадку задано 100 ітерацій), то потрібно перейти на виконання пункту „2” даного алгоритму. В іншому разі, розрахунки закінчуються.

Таким чином, сформована в результаті використання генетичного алгоритму нова хромосома буде відповідати новим оптимальним значенням параметрів „b”, „c”, „w” макроекономічної моделі прогнозування валютного ринку України. При цьому хромосома, що має найбільше значення функції відповідності $FF(S_i)$, і буде визначати оптимальний вихідний параметр макроекономічної моделі, тобто прогнозний курс національної валюти.

Генетичний алгоритм налагодження моделі прогнозування валютного ринку України можна представити схемою, яка наведена на рисунку 3.20.

Для налагодження роботи моделі прогнозування валютного курсу в Україні нами була розроблена комп'ютерна програма, за допомогою якої здійснювались всі обчислення. Програма була створена за допомогою засобів Matlab, версії 5.2.1.1420 [136]. Алгоритм налагодження моделі прогнозування валютного ринку України наведений у додатку Г, а програма роботи та налагодження моделі – в додатку Д.

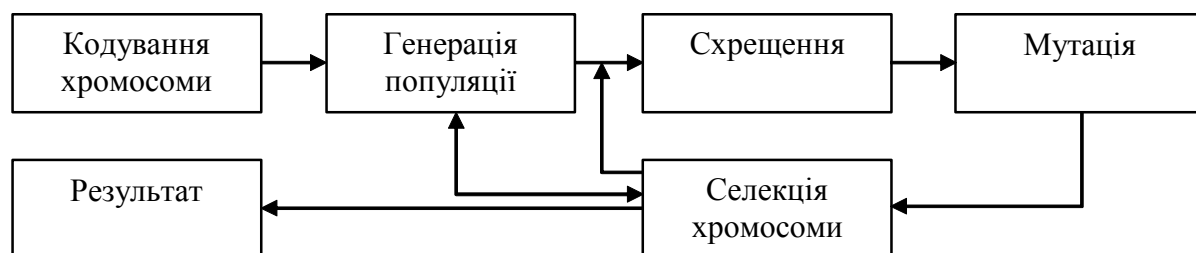


Рисунок 3.20 – Генетичний алгоритм налагодження моделі прогнозування валютного ринку України

Графік динаміки налагодження макроекономічної моделі наведений на рисунку 3.21 [131]. Аналізуючи графік, можна зробити висновок, що після 15-ої ітерації функція відповідності почала змінюватись все менше і менше відносно її початкового значення, а при здійсненні подальших ітерацій взагалі практично не змінюється. Це свідчить про те, що використання генетичного алгоритму для налагодження моделі є виправданим, оскільки кількість ітерацій, які потрібно виконати для налагодження моделі, є незначною, а час налагодження моделі – дуже малий.

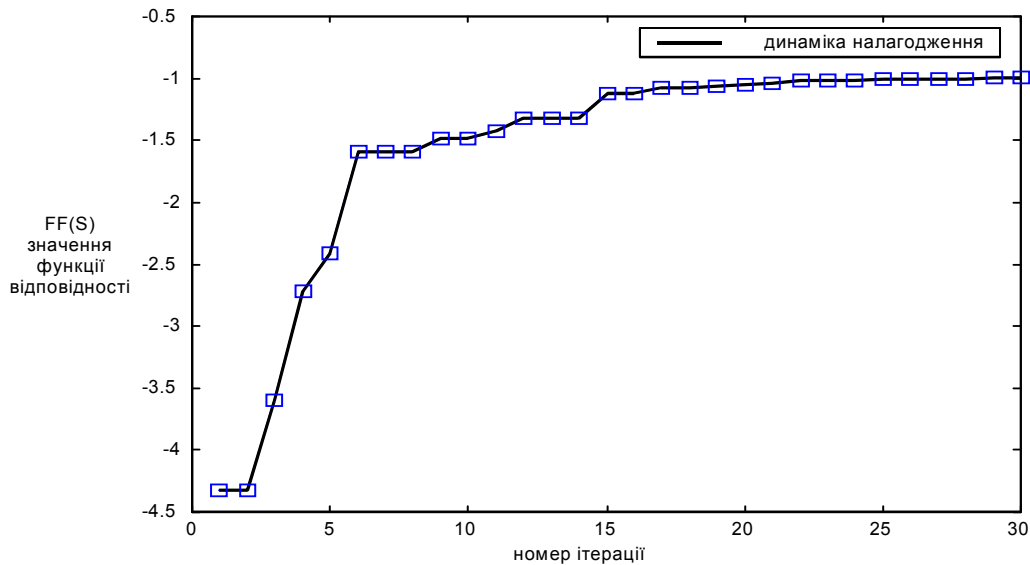


Рисунок 3.21 – Графік динаміки налагодження моделі прогнозування валютного курсу

Після проведення 30-ти ітерацій стало очевидним, що значення функції відповідності перестали змінюватись і залишаються постійними. Це говорить про те, що процес проведення ітерацій можна закінчити, а отримані результати можна визнати оптимальними прогнозними параметрами моделі прогнозування валютного курсу.

Зробимо оцінювання якості моделі прогнозування валютного ринку України після проведення налагодження генетичного алгоритму за критерієм, що визначає середньоквадратичне відхилення прогнозних та реальних значень вихідних параметрів моделі, та за максимальним відхиленням між прогнозними та реальними значеннями вихідного параметра моделі прогнозування. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.10.

Із результатів, наведених у таблиці 3.10, видно, що після налагодження модель прогнозування валютного курсу забезпечує більш точний результат і відповідає поставленим вимогам щодо допустимого рівня відносної похибки, значення якої знаходиться в межах [- 3% ...+3 %].

Таблиця 3.10 – Оцінка якості розробленої моделі прогнозування валютного курсу після її налагодження

Модель	Значення критерію якості (середньоквадратичне відхилення)	Значення критерію якості (максимальне відхилення)
Модель прогнозування валютного курсу після налагодження	R=0,1816	R=1,791 %
Зменшення від попереднього значення (до налагодження)	-0,1329	-1,9017

Використовуючи програму моделювання курсу національної валюти, що наведена в додатку Д, нами були отримані значення нових оптимізованих параметрів моделі прогнозування валютного курсу в Україні, які наведені в додатку Е (див. таблиці Е.1...Е.25).

Частина параметрів налагодження „b” і „c” функцій належності в порівнянні з початковими параметрами моделі прогнозування валютного курсу наведені у таблицях 3.11...3.12.

Таблиця 3.11 – Параметри функцій належності змінної x_1

Терми Параметри	ДН		С		СТ		ВС		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налаго- дження	15	2	25	4	35	5	47	5	58	4
після налаго- дження	28,3	6,1	29,5	4,21	35,3	5,84	42,9	5,80	45,8	4,1

Таблиця 3.12 – Параметри функцій належності змінної x_2

Терми Параметри	Н		НО		В		ДВ		К	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налаго- дження	30	19	70	35	120	25	170	25	240	30
після налаго- дження	93,7	25,6	94,7	25,0	96,1	17,5	97,3	22,3	102	27,1

Графіки функцій належності змінних „ x_1 ” та „ x_2 ” макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу на основі нових оптимізованих параметрів наведені на рисунку 3.22 та 3.23.

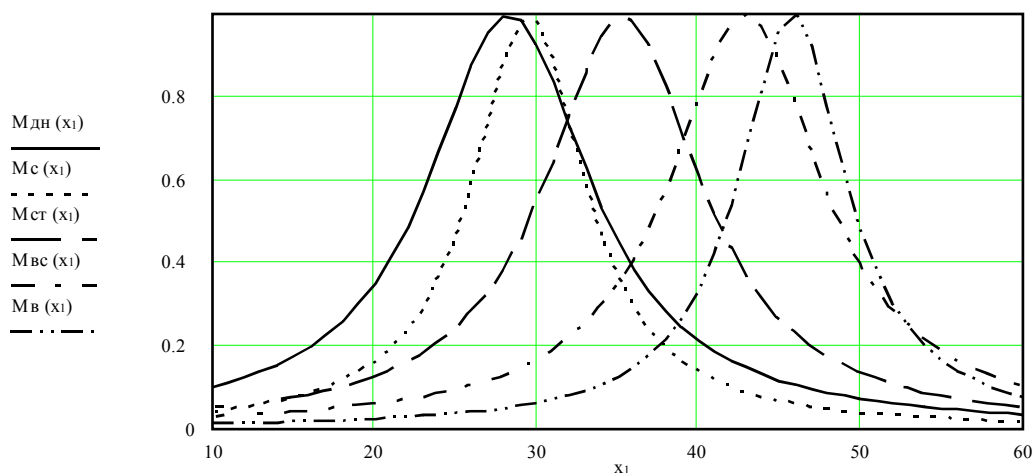


Рисунок 3.22 – Функції належності змінної x_1 моделі прогнозування валютного курсу після її налагодження

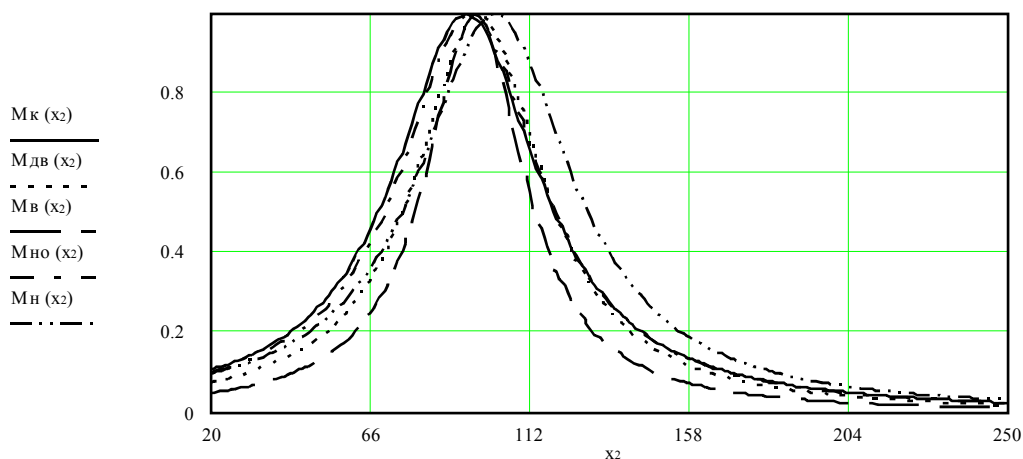


Рисунок 3.23 – Функції належності змінної x_2 моделі прогнозування валютного курсу після її налагодження

Оптимізовані значення „ваг правил” моделі прогнозування валютного курсу в Україні, отримані за допомогою розробленої програми моделювання (додаток Д), наведені в додатку Е в таблиці Е.26.

У структурній схемі макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу в Україні, наведеній на рисунку 3.7, коливання вихідного параметра були автоматично обмежені діапазоном $[-20\% \dots +50\%]$. Саме ці коливан-

ня були визначені експертами та введені в базу знань. Це означає, що неможливо отримати значення параметрів, що лежать поза межами визначеного діапазону.

Для нашого випадку немає потреби запроваджувати додаткові заходи для забезпечення стійкості системи [137]. Якщо ж діапазон зміни вихідного параметра буде більшим за введене обмеження, то для цього потрібно змінити рівень вихідного параметра і внести відповідні зміни до бази знань.

В цьому випадку налагодження моделі прогнозування валютного курсу може бути зроблене двома шляхами: *через налагодження „ваг правил” у базі знань та через налагодження форми вибраних функцій належності*. Обидва шляхи потребують наявності навчальної вибірки, яка представляє собою взаємозалежну сукупність реальних вхідних та вихідних параметрів типу “вхід – вихід”. Налагодження моделі може проводитися як попередньо (одноразово), так і в адаптивному режимі (налагодження в режимі on-line), коли математичний апарат налагодження моделі додається до основного математичного апарату і, у разі, коли відхилення значень вихідного параметра наближаються до певного еталонного (мінімального) значення, відбувається автоматичне налагодження „ваг правил” або автоматичне налагодження форми функцій належності.

Як зазначалося вище, розроблена модель прогнозування валютного курсу зможе забезпечити мінімальне відхилення між прогнозними та реальними значеннями валютного курсу лише у разі правильного визначення впливу чинників, що формують валютний курс. Отже, основа “самонавчання” моделі прогнозування валютного курсу полягає в тому, щоб модель постійно „відслідковувала” реальні значення параметрів, що прогнозувались, фіксувала ці значення, генерувала параметри налагодження та вносила б відповідні зміни до бази знань [138, 139].

У такому випадку модель прогнозування валютного курсу буде працювати не в пасивному, а в інтерактивному режимі. Тобто крім того, що макроекономічна модель буде генерувати прогнозні значення вихідних парамет-

рів (курс національної валюти), вона буде мати можливість опрацювати, запам'ятовувати та корегувати „свої знання” щодо вхідних та вихідних параметрів. Це є однією з основних переваг макроекономічних моделей на базі нечіткої логіки в порівнянні з іншими моделями та методами прогнозування валютного курсу [140].

Розбіжність між реальними та прогнозними значеннями курсу національної валюти України, що були отримані за допомогою розробленої нами макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу, наведені на рисунку 3.24. Із графіка, наведеного на рисунку 3.24, видно, що після налагодження макроекономічної моделі прогнозні результати курсу національної валюти України до долара США дуже близькі до реальних значень цього курсу. Це свідчить про можливість використання розробленої макроекономічної моделі для вирішення задачі прогнозування валютного курсу України до долара США та створення на цій основі ефективної системи прийняття та підтримки рішень.

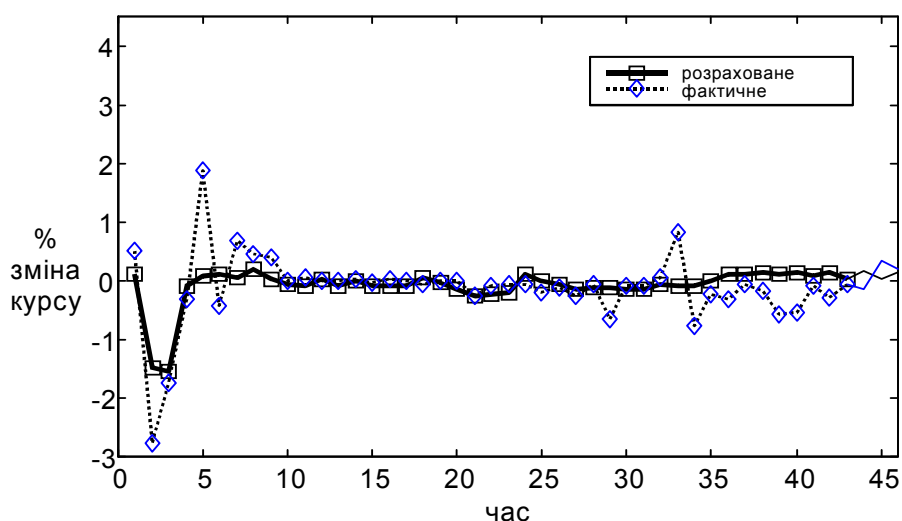


Рисунок 3.24 – Розбіжність між прогнозними та реальними значеннями курсу національної валюти України після налагодження моделі

Протягом 2002-2003 року нами 5 разів робились короткострокові прогнози курсу національної валюти до долара США. Прогнозні та фактичні результати наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Прогнозні та фактичні курси гривні України до долара США

Дата складання прогнозу	02.02.2002	27.02.2002	03.04.2002	03.04.2002	08.09.2003
Офіційний курс НБУ в день складання прогнозу грн./долар США	5,3210	5,3218	5,3247	5,3247	5,3315
Дата, на яку складається прогноз	02.03.02	27.04.02	03.05.02	03.06.02	08.12.03
Прогноз грн./долар США.	5,2856	5,2947	5,3315	5,3552	5,3845
Відхилення курсу грн./долар США, %	-0,665%	-0,509%	+0,13%	+0,39%	+0,99%
Офіційний курс НБУ в день, на який складався прогноз грн. / долар США.	5,3221	5,3274	5,3270	5,3296	5,3320
Відхилення курсу грн./долар США, %	+0,02%	+0,11%	+0,04%	+0,09%	+0,01%
Різниця між прогнозним і реальним значенням курсу, [одиниць; %]	0,0365 0,685%	0,0327 0,619%	0,0045 0,09%	0,0256 0,30%	0,0525 0,98%

Аналізуючи отримані і зведені в таблицю 3.13 значення прогнозних та реальних курсів гривні України до долара США, можна зробити висновок, що розроблена і налагоджена модель прогнозування валютного курсу України відповідає поставленим вимогам щодо рівня відносної похибки прогнозу і може бути реально використана для прогнозування курсу гривні України до долара США.

Завершуючи наші дослідження, потрібно зазначити, що розроблена макроекономічна модель прогнозування валютного курсу дозволяє не тільки прогнозувати курс національної валюти, але й дає змогу створити ефективну

систему прийняття та підтримки рішень – СППР, яка буде допомагати валютним дилерам, брокерам, керівникам банків та фінансових установ, керівникам фірм тощо приймати виважені рішення стосовно здійснення операцій купівлі-продажу валют, укладання експортно-імпортних договорів, визначення вартості цих договорів тощо.

Система прийняття та підтримки рішень СППР – це інтерактивна автоматизована система, яка, користуючись відповідними моделями прийняття рішень на валютному ринку, забезпечує користувачам швидкий та ефективний доступ до відповідної бази даних і надає їм різноманітну інформацію щодо прогнозних курсів національної валюти України [141, 142]. Структурна схема СППР наведена на рисунку 3.25:



Рисунок 3.25 – Структурна схема системи прийняття та підтримки рішень

Система прийняття та підтримки рішень СППР включає три головні підсистеми (блоки): підсистему інтерфейса користувача; підсистему керування базою даних і підсистему керування моделлю [143].

У базі даних СППР фіксується і зберігається вся інформація про зміни в чинниках формування валютного курсу та інформація про реакцію системи керування на ці зміни (принцип зворотного зв'язку) тощо. Система прийняття та підтримки рішень є тим механізмом, за допомогою якого здійснюється розробка прогнозів зміни курсу валюти та підготовка відповідних рішень у випадку наявності відхилень прогнозного курсу валюти від бажаного курсу. Макроекономічна модель прогнозування валютного курсу є найбільш складною і найважливішою частиною СППР [104].

Примітка. Інтерфейс – це засіб доведення до людини інформації (в даному випадку - інформації про майбутній курс гривні до долара США).

Процес прийняття та підтримки рішень за допомогою СППР можна представити у вигляді схеми, наведеної на рисунку 3.26 [144].

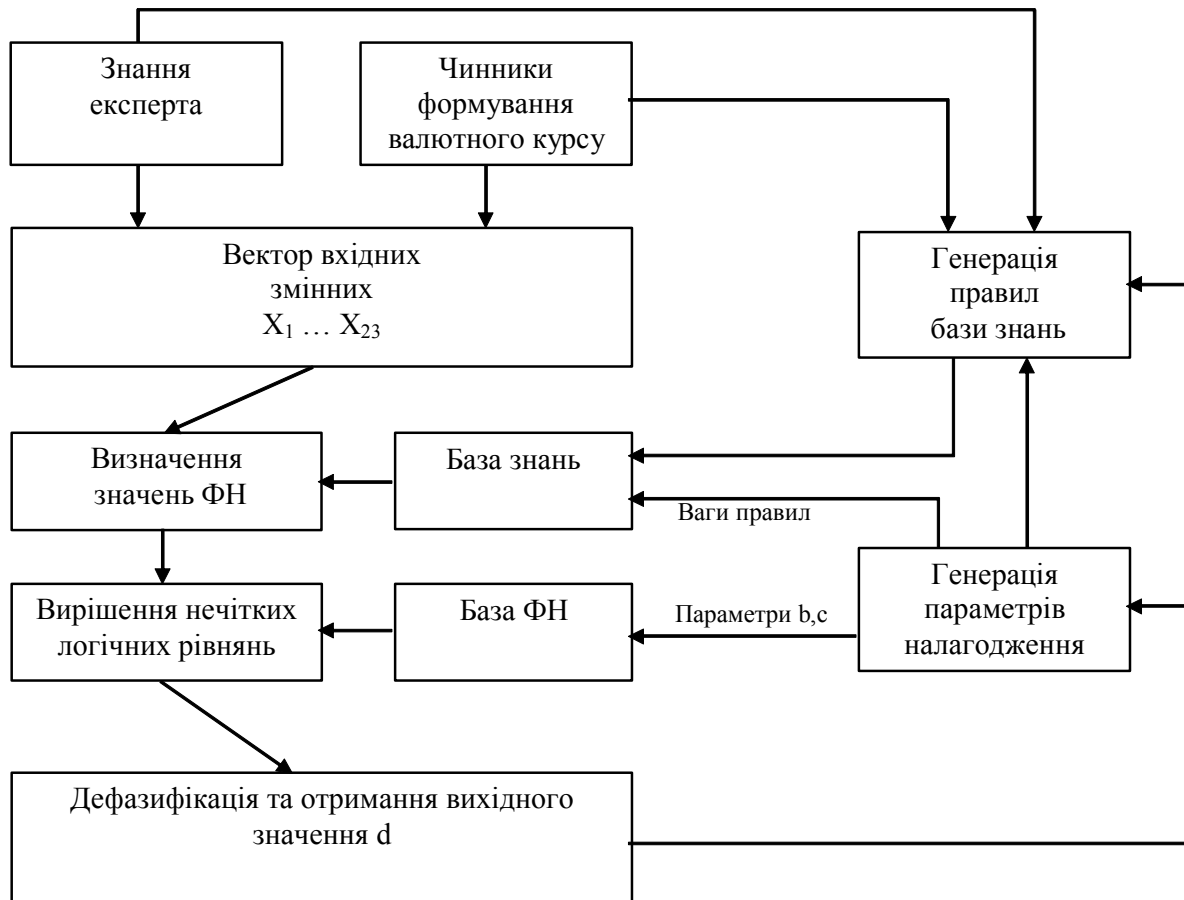


Рисунок 3.26 – Процес прийняття та підтримки рішень за допомогою СППР

Як стверджують фахівці, процес “прийняття рішень” за складністю та характером можна зрівняти безпосередньо з самим процесом мислення. Під *прийняттям рішень* розуміють одноразовий акт вибору певної альтернативи з їх множини. Серед вхідних параметрів розробленої макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу є два параметри, які враховують процес мислення людини. Це – рефлексивні параметри x_{19} і x_{20} .

Ситуації, в яких приймаються рішення стосовно валютного курсу, не завжди чітко визначені. Основні труднощі прийняття рішень у невизначених ситуаціях полягають у неможливості отримання достовірного прогнозу чи оцінки ймовірності настання конкретних подій в тій чи іншій економічній

ситуації. Вибір альтернативного рішення при цьому здійснюється за допомогою рефлексивних процесів, що враховані в розробленій моделі прогнозування валютного курсу в Україні.

У сучасних умовах при прогнозуванні економічних показників і процесів, включаючи й прогнозування валютних курсів, певною проблемою є швидка зміна вхідних параметрів макроекономічної моделі та інших умов функціонування валютного ринку. Тому найважливішою властивістю системи прийняття та підтримки рішень СППР на валютному ринку України повинна стати її гнучкість [145].

Гнучкість СППР – це спроможність системи адаптуватися до змін вхідних параметрів та змін у ситуаціях на валютному ринку. Гнучкість або адаптивність СППР повинна плануватися ще на етапі проектування, а сама побудова СППР повинна бути адаптивною.

Запропонована нами СППР на валютному ринку України є гнучкою і забезпечує дотримання таких умов:

- існуюче програмне забезпечення легко модифікується у випадку зміни умов, оскільки СППР реалізована в середовищі Matlab;
- в моделі передбачена можливість додавання нових задач (при повному відновленні параметрів моделі);
- інтерфейс СППР легко налагоджується;
- бази даних СППР легко поповнюються і модифікуються.

Для того, щоб система прийняття та підтримки рішень СППР відповідала цим умовам, при її розробці потрібно керуватися принципом модульності структури СППР [146].

Принцип модульності припускає, що загальна задача побудови СППР розбивається на декілька підзадач, для кожної з яких будується свій модуль (див. рисунок 3.26). Кожний модуль складається з бази даних, в якій зберігається інформація, що використовується для вирішення відповідної підзадачі. Взаємодія між модулями здійснюється через додаткові лінгвістичні змінні,

що здійснюють передачу вихідних змінних одного модуля у вхідні змінні модуля, що їх приймає.

Система прийняття та підтримки рішень СППР надає суттєву підтримку особі, що приймає рішення на валютному ринку України, керуючись прогностичними даними валютного курсу з урахуванням можливих тенденцій розвитку як зовнішніх, так і внутрішніх умов функціонування валютного ринку. Система СППР дозволяє визначити майбутній курс гривні до долара США і його динаміку, що дає можливість суб'єктам валютного ринку своєчасно та адекватно реагувати на можливі зміни курсу національної валюти.

Проведене нами моделювання і прогнозування курсу гривні України до долара США дає змогу сформулювати загальну методологію моделювання економічних процесів на основі теорії нечіткої логіки з врахуванням рефлексивних дій учасників валютного ринку. Основними етапами моделювання будуть:

- вивчення та аналіз економічного процесу з визначенням чинників, що впливають на його розвиток;
- опис лінгвістичних змінних, що впливають на процес;
- розробка алгоритму прогнозування процесу;
- побудова дерева виведення для узагальнених вихідних показників;
- оцінка якісних (лінгвістичних) вхідних параметрів;
- визначення діапазонів зміни лінгвістичних вхідних параметрів;
- узагальнення моделі;
- накопичення бази знань та її перетворення відповідно до характеристик об'єкта прогнозування;
- формалізація бази знань у вигляді нечітких логічних висловлювань;
- отримання системи нечітких логічних рівнянь;
- вибір методу побудови функцій належності за допомогою багатокритеріального аналізу;
- побудова функцій належності;
- вибір методу дефазифікації вихідної прогностичної інформації;

- вибір методу налагодження моделі прогнозування економічного процесу (пропонується використовувати генетичний алгоритм).
- моделювання прогнозного параметра.

Розроблена макроекономічна модель прогнозування валютного курсу може бути використана не тільки для прогнозування курсу національної валюти України до долара США, а також і до інших світових валют. Окрім цього вона дозволяє сформулювати загальну методологію моделювання будь-яких економічних процесів на основі теорії нечіткої логіки з врахуванням рефлексивних дій свідомих учасників, що приймають участь в цих процесах.

ПІСЛЯМОВА

Проблеми прогнозування і макроекономічного моделювання економічних показників та процесів, включаючи прогнозування валютних курсів, відносяться до числа так званих “не до кінця” розроблених проблем. Це пояснюється тим, що причинно-наслідкові зв'язки розвитку цих процесів досить складні, і це ускладнює задачу розробки задовільних теорій моделювання економічного розвитку, включаючи й прогнозування валютних курсів. Тому спостереження, аналіз та пізнання „поведінки” курсів національних валют на валютних ринках, виявлення причинно-наслідкових зв'язків між вхідними та вихідними параметрами моделей прогнозування валютних курсів, створення відповідної системи математичних рівнянь тощо, які б наближували нас до розв'язування складних задач прогнозування валютних курсів, є важливою науково-дослідницькою задачею.

Сьогодні не потрібно доводити, що правильне прогнозування валютних курсів має важливе практичне значення, оскільки валютний курс безпосередньо впливає на обсяги експорту та імпорту, величину національного доходу, стабільність економіки будь-якої країни тощо. Динаміка курсу валюти тісно пов'язана з рівнем інфляції в країні, визначає темпи зростання або зниження цін на внутрішньому ринку, є індикатором конкурентоспроможності вітчизняних товарів на зовнішніх ринках, а також визначає динаміку можливих змін платіжного балансу країни.

Найпоширенішою валютою-лідером в світі є долар США, до якого прив'язані більше 20 національних грошових одиниць і понад 65% світового валютного обороту. Не зважаючи на введення в обіг загальноєвропейської валюти євро, Україна все ще зорієнтована на долар США як найважливішу міжнародну валюту. Тому задача моделювання та прогнозування валютного курсу національної валюти України до долара США потребує постійного дослідження і є актуальною.

Входження України в європейські та загальносвітові економічні структури, загострення конкурентної боротьби на світових фінансових та валютних ринках постійно підвищує вимоги до достовірності зроблених прогнозів курсу національної валюти. Вирішення цього завдання потребує використання науково обгрунтованих методів моделювання, включаючи новітні, які довели свою ефективність при застосуванні в тих чи інших галузях народного господарства.

Для вирішення цієї задачі в даній монографії були зроблені дослідження з розробки макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу в Україні. Ця модель враховує найвагоміші фактори, що впливають на курс національної валюти, та відповідає вимогам, необхідним для побудови на її базі системи прийняття та підтримки рішень СППР. Результати розробки моделі мають практичну цінність як у вигляді методології моделювання подібних економічних процесів, так і у вигляді розробки практичних прогнозів зміни курсу національної валюти України в короткостроковому періоді.

В результаті розробки макроекономічної моделі прогнозування валютного курсу існуюча класифікація методів прогнозування економічних показників і процесів була доповнена новими, які враховували не тільки кількісні, але й якісні чинники, що впливають на динаміку тих чи інших економічних показників, в тому числі й на курс національної валюти. Це дало змогу зробити певний науковий внесок в дослідження зазначеної проблеми.

Для суттєвого покращення якості прогнозування була задіяна теорія нечіткої логіки, яка використовувалась до цього часу переважно для прогнозування та управління технічними процесами. Поширення та використання цієї теорії для прогнозування економічних процесів дало змогу при прогнозуванні курсу національної валюти враховувати вхідні чинники, задані лінгвістично. Робота з нечіткими висловлюваннями експертів дала змогу отримати позитивний результат в тих випадках, коли неможливо було використовувати суто математичний апарат, який працює з конкретними числами.

Покращення якості прогнозування економічних процесів було досягнуто шляхом врахування при прогнозуванні валютних курсів рефлексивних дій учасників валютного ринку, які можуть бути самопідсилюючими або самокорегуючими. Представлення цих рефлексивних дій суб'єктів валютного ринку вхідними параметрами (змінними) макроекономічної моделі дозволило врахувати дію людського фактору при прогнозуванні курсу національної валюти.

Для прогнозування курсу національної валюти була запропонована система із 23-х вхідних параметрів, значення яких задавались кількісно та якісно за допомогою умовних шкал та лінгвістичних висловлювань. Це дало змогу врахувати найсуттєвіші чинники, які впливають на формування курсу національної валюти України.

В процесі виконання роботи були запропоновані критерії вибору методу побудови функцій належності, які враховували наявність статистичних даних, достовірність вихідної інформації, якісний характер нечітких термів та інші фактори. На основі багатокритеріального аналізу методів побудови функцій належності був вибраний оптимальний метод побудови функцій належності та опису терм-множин вхідних змінних моделі прогнозування валютних курсів.

Розроблена модель прогнозування валютного курсу в Україні дозволяє з достатньою достовірністю прогнозувати динаміку курсу національної валюти при відомих статистичних та експертних значеннях вхідних параметрів. Модель прогнозування є універсальною і може бути адаптована до різних валют. При накопиченні бази знань, тобто залежностей вихідних параметрів від вхідних змінних, модель буде працювати в режимі реального часу, постійно “самонавчатись” та підвищувати достовірність зроблених прогнозів.

Результати, отримані в ході прогнозування валютного курсу України протягом 2001-2003 років, показали, що національна валюта України при стабільності визначених вхідних параметрів повинна постійно зміцнюватись відносно долара США, тобто її курс повинен постійно знижуватись. Саме так

це і відбувалось би в реальності. Але, оскільки така динаміка валютного курсу є несприйнятною для експорту української продукції, то Національний банк України вимушений підтримувати курс національної валюти України на стабільному рівні в межах $1\$=5,3$ грн. протягом значного періоду часу, здійснюючи купівлю великих обсягів долара США для недопущення його знецінення.

Розроблена макроекономічна модель прогнозування валютного курсу виконує регулятивні функції, тобто дає змогу прогнозувати не тільки зміну курсу гривні України до долара США при визначених вхідних параметрах, а й, що найголовніше, у випадку несприятливих прогнозних змін валютного курсу дає інформацію про напрямки та межі зміни вхідних параметрів, які приведуть до покращення ситуації на валютному ринку. Іншими словами, можна стверджувати, що при незмінності визначених вхідних параметрів курс національної валюти в короткостроковому періоді з високим рівнем вірогідності буде змінюватись саме так, як це було визначено зробленим прогнозом. При зміні вхідних параметрів можлива корекція курсу національної валюти (зрозуміло, якщо можлива зміна самих вхідних параметрів).

Запровадження розробленої моделі прогнозування валютного курсу дає змогу для суб'єктів підприємництва на мікрорівні визначати найбільш вигідні умови укладання зовнішньоекономічних договорів, робити відповідні валютні застереження, щоб унеможливити незаплановані втрати прибутку, доходів тощо. Запропонована методика прогнозування валютного курсу за допомогою теорії нечіткої логіки є універсальною і може бути використана для прогнозування інших економічних процесів.

В ході виконання роботи було створено реально діючу комп'ютерну програму, що дає змогу здійснювати прогнозування валютного курсу в Україні. Дана програма працює в режимі "самонавчання", тобто передбачає постійне накопичення інформації, в результаті чого достовірність зроблених прогнозів буде постійно підвищуватись. При значних обсягах накопиченої інформації періоди прогнозування будуть також збільшуватись.

Розроблена в роботі макроекономічна математична модель прогнозування валютного курсу в Україні може розглядатись як типова для даного класу об'єктів, а розроблена на її базі методологія моделювання може застосовуватись для моделювання будь-яких економічних процесів, що характеризуються нечітким зв'язком між вхідними та вихідними параметрами, труднощами формалізації факторів впливу, можливістю залучати лінгвістичні висловлювання (висновки) експертів для побудови моделей тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ющенко В.А., Міщенко В.І. Валютне регулювання: Навч. посіб. - К.: Т-во "Знання", 1999. - 359 с.
2. Джордж Сорос "Алхимия финансов": Научное издание. - М.: Инфра-М, 1998. - 416 с.
3. Козловський С.В. Нечітка логіка в економічному моделюванні // Збірник наукових праць по матеріалах міжнародної науково-практичної конференції "Україна на порозі ХХІ століття: Економіка, Державність". - Том 1. - Вінниця: Арбат. - 2000. - С. 186-190.
4. Абчук В.А. Экономико-математические методы: Элементарная математика и логика. Методы исследования операций. - Спб.: Союз, 1999. - 320 с.
5. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. - К.: Техника, 1975. - 372 с.
6. Козловський С.В. Математичне моделювання економічних процесів на основі теорії рефлексивності: Дис. магістерська робота: 8.091402. - Вінниця.: ВДТУ, 2000. - 160 с.
7. Беседін В.Ф. Проект Закону України "Про державне прогнозування, планування і розробку програм економічного і соціального розвитку України та її регіонів": Уточнений за зауваженнями Мінекономіки України та інших організацій. - К.: НДЕІ Мінекономіки України, 1996. 11 с.
8. Глівенко С.В., Соколов М.О., Теліженко О.М. Економічне прогнозування: Навчальний посібник. - 2-ге вид., перероб. та доп. - Суми: Видавництво "Університетська книга", 2001. - 207 с.
9. Вишневу С.М. Основы комплексного прогнозирования. - М.: Наука, 1977. - 287 с.
10. Калина А.В., Конева М.И., Ященко В.А. Современный экономический анализ и прогнозирование (микро- и макроуровень): Учеб. - метод. пособие. - 2-е изд. - К.: МАУП, 1998. - 272 с.
11. Глівенко С.В., Соколов М.О., Тележко О.М. Економічне прогнозування: Навч. посіб. для студентів вузів. - Суми: ВПП "Мрія-1" ЛТД, 2000. - 120 с.

12. Емельянов А.С., Беседин В.Ф., Климченко Г.Д. Региональная экономика: Планирование, прогнозирование, управление. - К.: Наукова думка, 1989. - 279 с.
13. Чейз Ричард Б., Эквилайн, Николас, Дж., Якобс, Роберт, Ф. Производственный и операционный менеджмент, 8-е издание: Пер. с англ.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 704 с. С.409.
14. Месхия Л.Е. Вопросы методологии регионального экономического прогнозирования. - М.: Наука, 1983. - 163 с.
15. Основы экономического и социального прогнозирования: Учебник для вузов /Под. ред. В.Н. Мосина, Д.М. Крука. - М.: Высшая школа, 1985. – 200 с.
16. Козловський В.О., Козловський С.В. Сучасна класифікація методів прогнозування економіки // Економіка: проблеми теорії та практики. Випуск 141. - Дніпропетровськ: ДНУ. - 2002. - С.168-172.
17. Панасюк Б.Я. Прогнозування та регулювання розвитку економіки. - К.: Поліграфкнига, 1998. - 304 с.
18. Методы принятия решений /Пер. с англ. под. ред. И.И. Елисейевой. - М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. - 590 с.
19. Горелова В.Л., Мельникова Е.Н. Основы прогнозирования систем: Учеб. пособ. для вузов. - М.: Высшая школа, 1986. - 287 с.
20. Теория прогнозирования и принятия решений. - М.: Высшая школа, 1977. - 352 с.
21. Трояновский В.М. Математическое моделирование в менеджменте: Учебное пособие. - М.: Русская Деловая Литература, 1999. - 240 с.
22. Геєць В., Скрипниченко М., Соколик М., Шумська С. Секторальні макромоделі прогнозування економіки України // Економіст. - 1998. - № 5. - С. 58-67.
23. Лукінов І., Бакаєв О., Бондаренко Г. Системи макроеконометричних моделей прогнозування економіки України // Економіст. - 1998. - № 5. - С. 38-46.
24. Горбулин В., Михалевич М., Сергиенко И.О. О некоторых проблемах и результатах финансового и бюджетного прогнозирования в условиях переходной экономики // Экономика Украины. - 1997. - № 2. - С. 31-40.

25. Гуляницький Л., Сергієнко І., Панасюк Б. Розробка моделей середньострокового прогнозування ВВП України // Економіст. - 1998. - № 5. - С. 68-72.
26. Гроші та кредит: Підручник / За ред. проф.Б.С.Івасіва. – К.: КНЕУ, 1999. – 404 с.
27. Філіпченко А.С. Прогнозування валютних курсів // Фінанси України. - 1996. - № 5. - 120 с.
28. Козловський С.В. Класичні методи прогнозування валютного курсу в сучасній ринковій економіці // В збірнику матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції вчених, викладачів та практичних працівників “Розвиток фінансової системи України в умовах ринкових трансформацій”, Том 1.–Вінниця: ВІЕ ТАНГ, „Ландо Лтд”, 2004.–365 с. С 283-289.
29. С.В. Козловський. Прогнозування валютного курсу як інструмент зменшення ризику підприємств, що здійснюють зовнішньоекономічну діяльність // Збірник матеріалів науково-практичної конференції "Промисловий потенціал Вінниччини: сучасний стан та перспективи розвитку". - Вінниця: Зодчий. - 2002. - 303 с., С. 257-261.
30. Журавка Ф.О., Русаненко І.С. Прогнозування валютного курсу як один з інструментів хеджування валютного ризику // Фінанси України. – 2000. - № 9. - С. 49-58.
31. Макроекономічне моделювання та короткострокове прогнозування / За ред. І.В. Крючкової. - Харків: Форт, 2000. - 336 с.
32. Ткаченко І.С., Григор'єва Т.В. Економіко-математичне моделювання структури бізнесу сфери послуг на регіональному рівні. Монографія. - Тернопіль: Економічна думка 1999, с. 152.
33. Duesenberry J.S., Eckstein O. and Fromm G. "Simulation of the United States Economy in Recessin" // Econometrica. - 1960. - № 28. - PP.749-809.
34. Корольов О.А. Економетрія. Навчальний посібник: КНТУ. – К., 2000. – 660 с.
35. Емельянов А.С., Беседин В.Ф., Бондарь И.К. Прогнозирование показателей с помощью моделей. - К.: Наукова думка, 1984. - 316.
36. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. - М.: Прогресс, 1978.

37. Козловский С.В. Нечеткая логика – новый инструмент для моделирования экономических ситуаций в бизнесе // Материалы научно-практического семинара “Современный бизнес: проблемы, тенденции, перспективы”. - Донецк: Бизнес-альянс Донбасса. - 2001. - С. 36-38.
38. Козловський С.В., Мороз О.В. Система підтримки прийняття рішень на валютному ринку України // Економіка: проблеми теорії та практики. Випуск 129. - Дніпропетровськ: ДНУ. - 2002. - С. 120-130.
39. Фирма “Тора-Центр” Россия, <http://www.tora-centre.ru>
40. Использование fuzzy - логики в сфере бизнеса и финансов. Элект. вариант - <http://www.ipclub.ru/users/fuzzy/biznes.htm>
41. Геец В.М. Прогнозирование динамики и структуры общественного производства союзной республики. - К.: Наукова думка, 1987. - 270 с.
42. Лук'яненко І.Г., Городніченко Ю.О. Сучасні економетричні методи у фінансах. Навчальний посібник. – К.: Літера ЛТД, 2002. – 352 с.
43. Р. Беллман, Л. Заде "Вопросы принятия решений в расплывчатых условиях", М.: Мир, 1976.
44. Орлов А.И. Задачи оптимизации и нечеткие переменные. - М.: Знание 1980. - 53 с.
45. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. - М.: Радио и связь, 1982. - 432 с.
46. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. - 167 с.
47. Yager R.R., Filev D.P. Essentials of Fuzzy Modelling and Control. – 5 John Willey & Sons. – 1994. – 388 p.
48. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Наука, 1986. - 312 с.
49. Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. - Винница: Континент-Прим, 1996. - 132 с.
50. Ротштейн О.П., Ларюшкін Є.П., Кательніков Д.І. Багатофакторний аналіз технологічного процесу бюконверсії на основі на лінгвістичної інформації // Вісник ВПІ. - 1997. - №3. - С. 38-45.
51. Ротштейн О.П., Жупанова М.О., Шеверда В.М. Диференційна діагностика ішемічної хвороби серця на основі нечіткої логіки // Вісник ВПІ. - №3. - 1994. - С. 32-38.

52. Ротштейн О.П., Єгоров С.О., Черноволик Г.О. Оцінка якості дипломного проектування на основі нечіткої логіки // Вісник ВПІ. - 1995. - №4(9). - С. 52-58.
53. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. - К.: Наукова думка, 1993. - 180 с.
54. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. – М.: Наука, 1984. - 320 с.
55. Ротштейн О.П., Петух А.М., Петренко М.І., Войтко В.В. Варіантний аналіз на базі нечітких парних порівнянь: методика та застосування на прикладі порівняння семіотичних систем // Виміррювальна обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. - №2. - С. 17-24.
56. Штейнберг Ш.Е. Идентификация в системах управления. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 81 с.
57. Хейс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях. - М.: Знание, 1988. - 182 с.
58. Василевич Е.Р., Войтенко П.О. Управление технологическими процессами по переработке биологических продуктов. - К.: Наукова думка, 1988. - 370 с.
59. Системи фуцці-керування /В.І. Архангельський, І.М. Богаєнко, Г.Г. Грабовський, М.О. Рюмшин. - К.: Техніка, 1997. - 208 с.
60. Козловський С.В., Кветний Р.Н. Алгоритм побудови економічної моделі, яка заснована на теорії нечіткої логіки // Тези студентських доповідей, рекомендованих до опублікування ХХІХ науково-технічної конференції ВДТУ. - Вінниця: ВДТУ. - 2000. - С. 24.
61. Zimmermann H.-J. Fuzzy Set Theory – and Its Applications. - Kluwer: Dordrecht. - 1991. - 315 p
62. Ротштейн О.П. Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі. - Вінниця: “Універсум-Вінниця”, 1999. - 320 с.
63. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. - Харьков: Основа, 1997. - 212 с.
64. Holland Adaptation in Natural and Artificial Systems, New York, 1975.

65. Растрингин Л.А. Этот случайный, случайный, случайный мир. - М.: Молодая гвардия, 1974. - 207 с.
66. Растрингин Л.А. Случайный поиск. - М.: Знание, 1979. - 64 с.
67. Gen M., Cheng R. Genetic Algorithms and Engineering Design. - John Wiley & Sons, New York, 1997. - 352 p.
68. Tang K.S., Man K.F., Kwong S., He Q. Genetic Algorithms and their Applications // IEEE Signal Processing Magazine. - 1996. - Nov. - P. 22 -36.
69. Лоленко О.М. Огляд, класифікація та аналіз факторів, що впливають на валютний курс // Економіка: проблеми теорії та практики. Випуск 99. - Дніпропетровськ: ДНУ. - 2000. - С. 84-89.
70. Наговицин А.Г., Иванов В.В. Валютный курс. Факторы. Динамика. Прогнозирование. - М.: Инфра-М, 1995. - 176 с.
71. Кветний Р.Н., Козловський С.В. Математичне моделювання стану валютного ринку, на основі нечіткої логіки // Вісник ВПП. - 2001. - № 2(35). - С. 47-58.
72. П.Х. Линдерт Экономика мирохозяйственных связей. М.:1992.
73. ЛэттерТ. Выбор режима валютного курса. - Лондон: Центр по изучению деятельности центральных банков Англии, 1996. - 33 с.
74. Гальчинский А.С. Теория грошей. - К.: Основи, 1996. - 413 с.
75. Пашута М.Т., Калина А.В. Прогнозування та макроекономічне планування: Навч. посібник. - К.: МАУП, 1998. - 192 с.
76. Юрчишин В.В. Валютні кризи / Монографія. - К.: УАДУ при Президентіві України, 2000. - 204 с.
77. Rivera-Batiz F.L., Rivera-Batiz L.A. International Finance and Open Economy Macroeconomics. - Macmillan Publishing Co., 1994.
78. Галь В. Через падіння до стабілізації. Особливості розвитку валютного ринку України в 1998 році // Вісник НБУ. - 1999. - №3. - С.15-18.
79. УФС, інформаційне агенство України, Київ: <http://www.ufs.kiev.ua>
80. Сервер Національного Банку України: <http://www.bank.gov.ua>
81. Лютий О.І. Грошово-кредитна політика та її реалізація в Україні // Фінанси України. - 2000. - №1. - С. 20-24.
82. Інформаційний проект «Фінанси», Київ: <http://www.currency.kiev.ua>
83. М. Мельничук, І. Крючкова Реальний ефективний обмінний курс гривні: тенденції та перспективи // Вісник НБУ. - 2002. - № 7. - С. 33-35

84. Илларионов А. Как был организован российский финансовый кризис // Вопросы экономики. - 1998. - № 12.
85. Журнал «Экономика тенденции недели», еженедельный аналитический обзор, совместный продукт УНИАН и Центра Антикризовых исследований, Киев: <http://www.niss.gov.ua>
86. Сервер Міністерства економіки: <http://www.me.gov.ua>
87. Козловський В.О., Дмитрієв С.Д. Економічна доцільність залучення інвестицій у промисловість Вінницької області // Вісник ВПІ. - 2001. - №2(35). - С. 59-67.
88. Гаврилюк О.В. Іноземні інвестиції. - К.: Інститут світової економіки і міжнародних відносин НАН України, 1998. - 200 с.
89. Сервер Посольства України в Польщі: <http://www.ukraine-poland.com>
90. Іноземні інвестиції в економіці України: динаміка та структура // Моніторинг інвестиційної діяльності. - 2000. - № 1.
91. Офіційний інтернет проект Фінанси України: <http://www.finance.com.ua>
92. Цеттельмейер Д., Ситрин Д. Стабилизация: сравнение политики фиксированных и плавающих обменных курсов: Курс по финансовому программированию и макроэкономической политике. - Т.3. - 1998.
93. Шмырева А.И., Колесников В.И., Климов А.Ю. Международные валютно-кредитные отношения. - СПб: Питер, 2002. - 272 с.
94. Официальный сайт Лаборатории психологии рефлексивных процессов Института психологии РАН: <http://www.reflexion.ru/>
95. Кветний Р.Н., Козловський С.В. Математичне моделювання економічних процесів на основі теорії рефлексивності // Матеріали 5-ї міжнародної науково-технічної конференції “Контроль і управління в складних системах” (КУСС-99). – Вінниця: ВДТУ. – 1999. Т.1. - С. 285.
96. Кветний Р.Н., Козловський С.В. Математичне моделювання економічних процесів на основі теорії рефлексивності // Вісник ВПІ. - 1999. - №3(24). - С. 25-31.
97. Козловський С.В. Дослідження основ теорії рефлексивності та її відмінностей від існуючих економічних поглядів // В Міжвузівському збірнику наукових праць "Економіка: проблеми теорії та практики". Випуск 25. - Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2000. - С. 72-85.
98. Джордж Сорос "Кризис мирового капитализма", Пер. с. англ. - М.: ИНФРА-М, 1999, - XXVI, 262 с.

99. Lionel Robbins. An Essay on the Nature and Significance of Economic Science. London: Macmillan. 1969.
100. Козловский С.В. Анализ теории рефлексивности на валютном рынке // Спец. выпуск журнала "Вестник ВГСИ" по Материалам международного симпозиума "Наука и предпринимательство". - Винница-Львов: ВГСИ, 1999. С. 81.
101. Кветний Р.Н., Козловський С.В. Сучасний підхід до побудови математичних моделей економічних процесів. // "СИЭТ6-99 Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини": Збірник наукових праць, випуск № 6, - К.: ФАДА, ЛТД, 1999. - С. 66.
102. Козловский С.В. Разработка структуры модели прогнозирования валютного курса // Материалы IV Международной научной конференции молодых ученых-экономистов "Проблемы обеспечения экономического роста". - Донецк: РИА ДонГТУ, 2001. - С. 24-26.
103. Козловський С.В. Прогнозування валютного курсу в Україні на основі нечіткої логіки // Вісник ВПІ. - 2002. - № 3(42). - С. 39-49.
104. Козловский С.В., Мороз О.В. Разработка структуры модели прогнозирования валютного курса // "Духовное возрождение": сборник научных и научно-прикладных трудов. Белгород, БелГТАСМ, 2002. - 295 с. Выпуск XI и XII., С. 280-288.
105. Козловський С.В., Козловський В.О., Козловський А.В. Сучасний підхід до прогнозування валютного курсу в Україні // В журналі "Вісник ТУП" № 1, Ч.2, Т.2 (59) – 2004, Технологічний університет Поділля (м. Хмельницький), С. 183-187.
106. Скидан О.Ю. Автоматизація управління процесом зволоження зерна на основі експертної інформації // Вісник ВПІ. - 2001. - №2. - С. 17-21.
107. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. - М.: Гл. ред. физ.-мат. Лит. - 1990. - 272 с.
108. Системы управления базами данных и знаний. - М.: Финансы и статистика. - 1981. - 352 с.
109. Искусственный интеллект: в 3-х кн., Кн. 1, Системы общения и экспертные системы: Справочник / Под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. - М.: Радио и связь. - 1990. - 368 с.
110. Геловани В.А., Ковригин О.В. Экспертные системы в медицине. - М.: Знание, 1987. - 132 с.

111. Ротштейн А.П., Кательников Д.И. Идентификация нелинейных объектов нечёткими базами знаний // Кибернетика и системный анализ. - 1998. - №5. - С. 53-61.
112. Джонс Дж. К. Методы проектирования: Пер. с англ. - 2-е изд., доп. -М.: Мир, 1986. - 326 с.
113. Скофенко А.В. О построении функций принадлежности нечетких множеств, соответствующих количественным экспертным оценкам // Наукоеведение и информатика. - К.: Наукова думка. - 1981. - С. 70-79.
114. Ротштейн О.П., Васюра А.С., Черноволик Г.О. Ранжування студентів на базі парних порівнянь і нечітких множин // Вісник ВПІ. - 1997. - №2. - С. 93-96.
115. Саати Т.Л. Взаимодействие в технических системах //Техническая кибернетика. - 1979. - №. - С. 68-84.
116. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. - М.: Прогресс, 1979. - 503 с.
117. Искусственный интеллект: в 3-х кн., Кн. 2 Модели и методы: Справочник / Под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. - М.: Радио и связь, 1990. - 368 с.
118. Дюбуа Д. Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике. – М.: Радио и связь, 1990. - 288 с.
119. Поспелов Д.А. Большие системы. Ситуационное управление. - М.: Знание, 1975. - 64 с.
120. Искусственный интеллект: в 3-х кн., Кн. 3 Программные и аппаратные средства: Справочник / Под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. – М.: Радио и связь, 1990. - 368 с.
121. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. - Рига: Зинатне, 1990. - 184 с.
122. Козловський С.В. Застосування новітніх методів моделювання стану валютного ринку України // Вісник Тернопільської академії народного господарства. - 2001. - № 12. - С. 80-91.
123. Логический подход к искусственному интеллекту. - М.: Мир, 1990. - 432 с.
124. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А. Системы управления. - К.: Техніка, 1997. - 208 с.

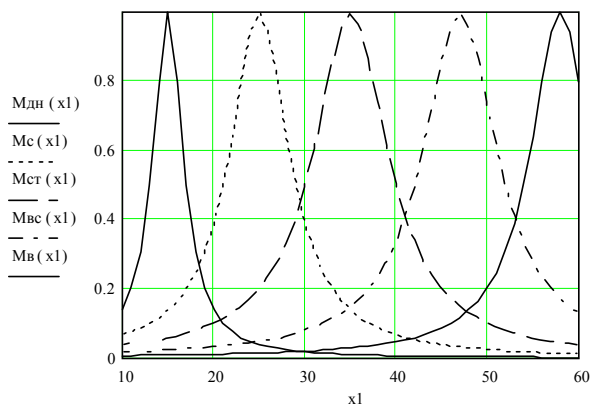
125. Поспелов Г.С., Поспелов Д.А. Искусственный интеллект – прикладные системы. - М.: Знание, 1985. - 48 с.
126. Эндрю А. Искусственный интеллект. - М.: Мир, 1985. - 261 с.
127. Ротштейн О.П., Мітюшкін Ю.І. Нейро-лінгвістична ідентифікація нелінійних залежностей // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. - №4. - С. 5-12.
128. Ротштейн О.П., Черноволик Г.О., Ларюшкни Е.П. Метод побудови функцій незалежності нечітких множин // Вісник ВПІ. - 1996. - №3. - С. 72-75.
129. Журнал “Вісник Національного банку України”, № 1-12, 2000 р., № 1-12, 2001 р.
130. Финансовые новости от ING Bank Ukraine: <http://www.ingfn.com.ua>
131. Козловський С.В. Результати моделювання курсу гривні до долара США // В збірнику матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції “Наука і освіта – 2002”. - Дніпропетровськ: Наука і освіта. - 2002. - Т.11. - С. 13-15.
132. Справочник по математике для вузов / Бронштейн И.Н., Семендяев К.Н. - М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. Литературы. - 1981.
133. Ротштейн О.П., Мітюшкін Ю.І. Нейро-лінгвістична ідентифікація нелінійних залежностей // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. - №4. - С. 5-12.
134. Аведьян Э.Д. Алгоритмы настройки многослойных нейронных сетей // Автоматика и телемеханика. - 1995. - №4. - С. 106-118.
135. Глушков В.М. / Введение в АСУ. - Киев: Техніка, 1974. - 320 с.
136. Дубовой В.М., Кветний Р.Н. Програмування персональних комп'ютерів, систем управління. - Вінниця: ВДТУ, 1999. - 110 с.
137. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 388 с.
138. Кузьмин И.В. Оценка эффективности и оптимизации автоматических систем контроля и управления. - М.: Советское радио, 1971.
139. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем. - М.: Мир, 1990. - 208 с.
140. Вопросы анализа и процедуры принятия решений. Сборник переводов под ред / Шахнова. - М.: Мир, 1976. - 228 с.

141. Олексюк О.С. Системи підтримки прийняття фінансових рішень на мікрорівні. – К.: “Наукова думка”, 1998. - 508 с.
142. Ріппа С.П. Прийняття рішень в економіці на основі комп’ютерних баз знань.-Львів: Каменяр,1997. - 268 с.
143. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений. - М.: Экономика, 1984. - 176 с.
144. S.V. Kozlovskiy Forecasting of exchange rate in Ukraine based on fuzzy logic // В зборнике трудов “V международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2002”. - Санкт-Петербург (Россия). - Т.1. - С. 210-213.
145. Малышев Н.Г., Вернштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. - М.: Энергоиздат, 1991. - 136 с.
146. Ситник В.Ф., Олексюк О.С. та ін. Система підтримки прийняття рішень. - К.: Техніка, 1995. - 162 с.

Додаток А

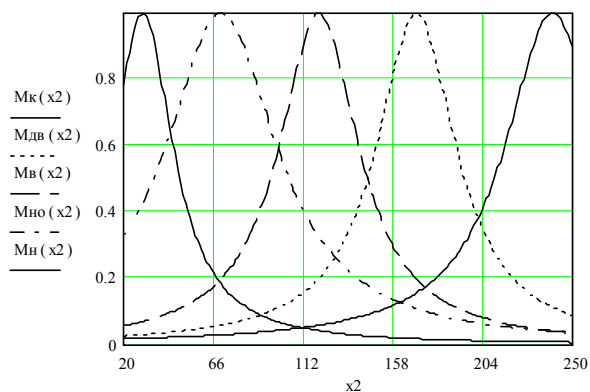
Функції належності моделі валютного курсу

ФН μ на графіках позначена літерою М.



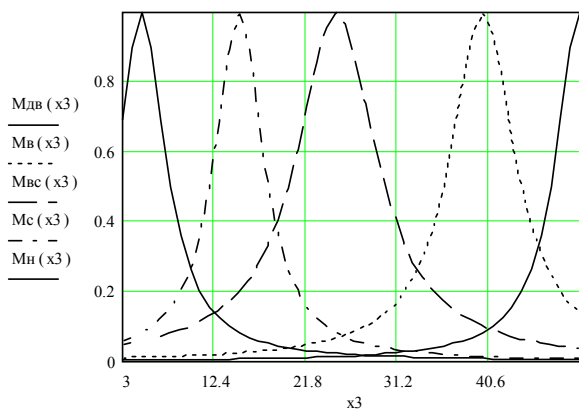
	b	c
ДН	15	2
С	25	4
СТ	35	5
ВС	47	5
В	58	4

Рисунок А.1.1 – Функції належності змінної x_1



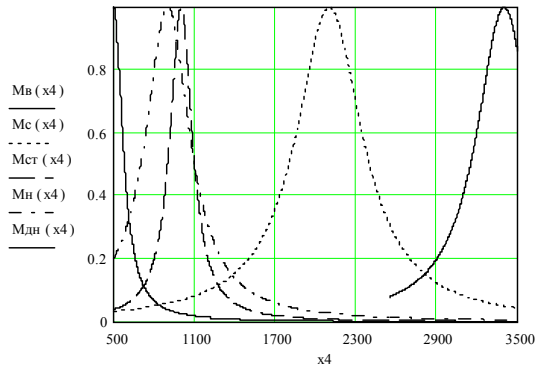
	b	c
К	240	30
ДВ	170	25
В	120	25
НО	70	35
Н	30	19

Рисунок А.1.2 – Функції належності змінної x_2



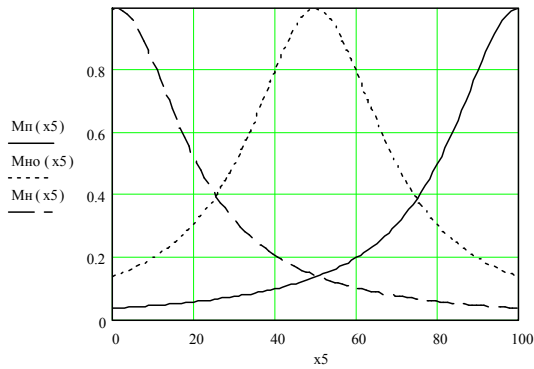
	b	c
ДВ	50	3
В	40	4
ВС	25	5
С	15	3
Н	5	3

Рисунок А.1.3 – Функції належності змінної x_3



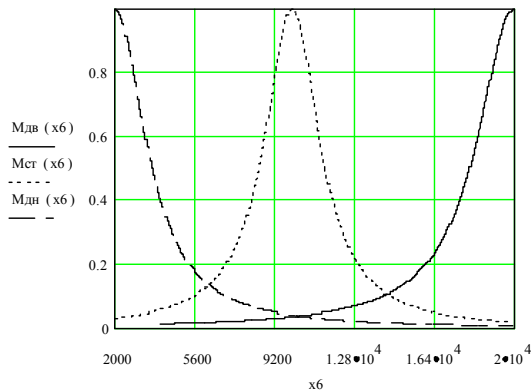
	b	c
В	3400	250
С	2100	300
СТ	1000	100
Н	900	200
ДН	500	80

Рисунок А.1.4 - Функції належності змінної x_4



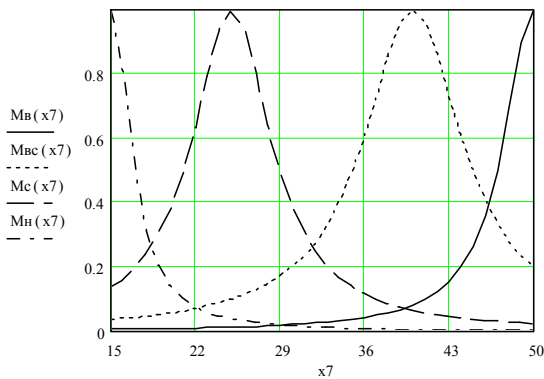
	b	c
П	100	20
НО	50	20
Н	1	20

Рис. А.1.5. Функції належності змінної x_5



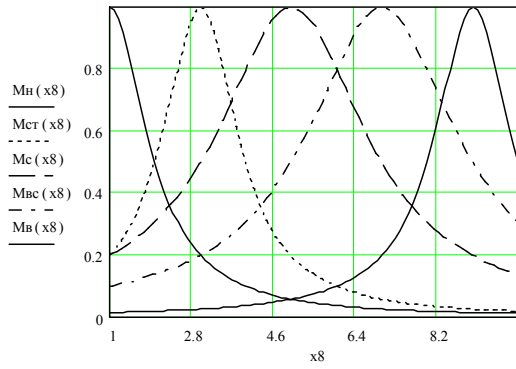
	b	c
ДВ	20000	2000
СТ	10000	1500
ДН	2000	1700

Рисунок А.1.6 – Функції належності змінної x_6



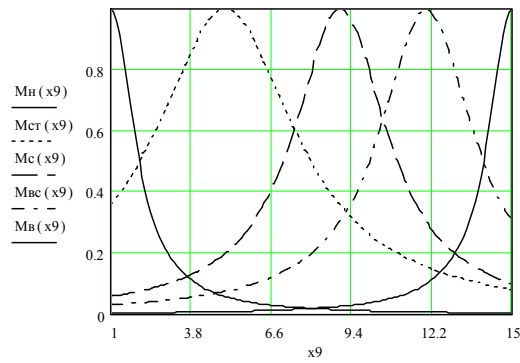
	b	c
В	50	3
ВС	40	5
С	25	4
Н	15	2

Рисунок А.1.7 – Функції належності змінної x_7



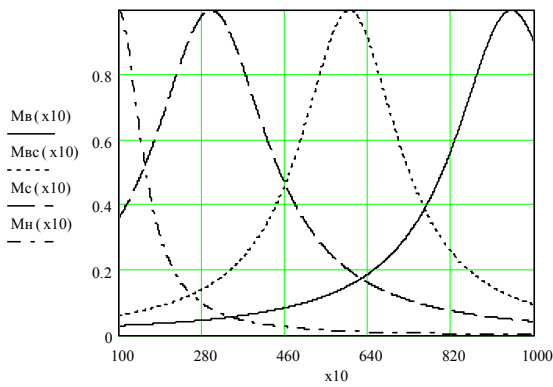
	b	c
H	1	1
CT	3	1
C	5	2
BC	7	2
B	9	1

Рисунок А.1.8 – Функції належності змінної x_8



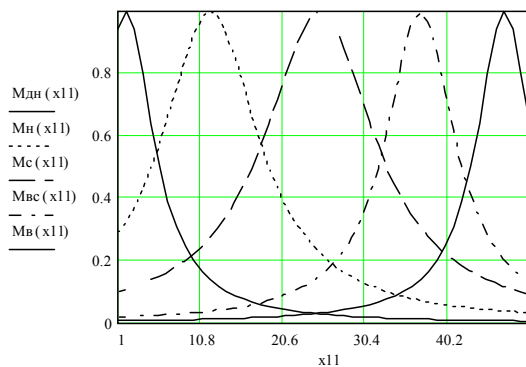
	b	c
H	1	1
CT	5	3
C	9	2
BC	12	2
B	15	1

Рисунок А.1.9 – Функції належності змінної x_9



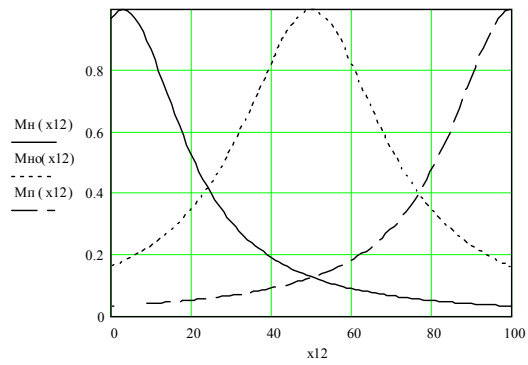
	b	c
B	950	150
BC	600	130
C	300	150
H	100	60

Рисунок А.1.10 – Функції належності змінної x_{10}



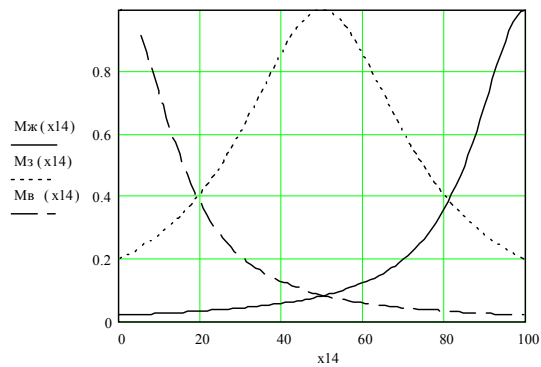
	b	c
ДН	2	4
H	12	7
C	25	8
BC	37	5
B	47	4

Рисунок А.1.11 – Функції належності змінної x_{11}



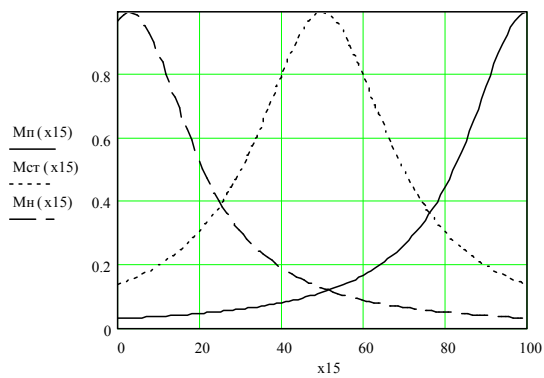
	b	c
Н	3	18
НО	50	22
П	100	19

Рисунок А.1.12 – Функції належності змінних x_{12} та x_{13}



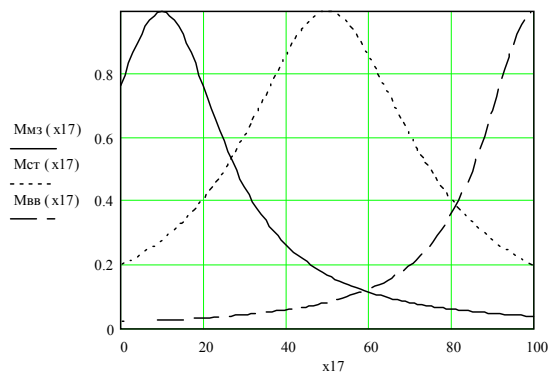
	b	c
Ж	100	15
З	50	25
В	1	15

Рисунок А.1.13 – Функції належності змінної x_{14}



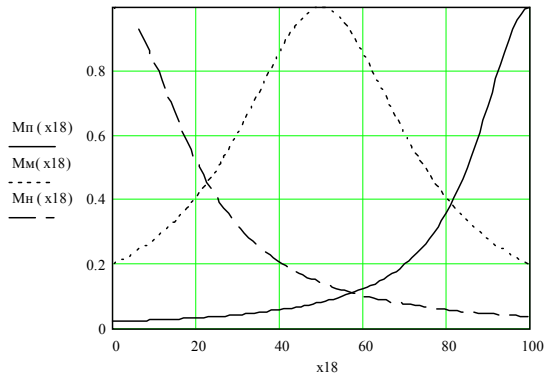
	b	c
П	100	18
СТ	50	20
Н	3	18

Рисунок А.1.14 – Функції належності змінних x_{15} та x_{16}



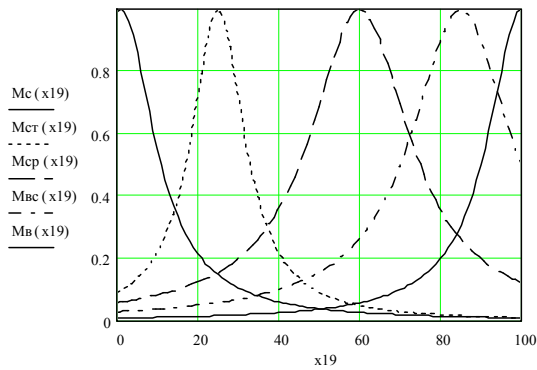
	b	c
МЗ	10	18
СТ	50	25
ВВ	100	15

Рисунок А.1.15 – Функції належності змінної x_{17}



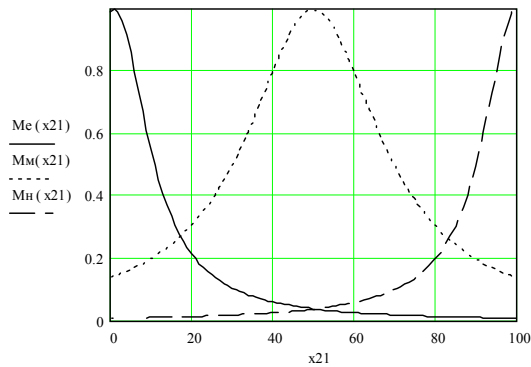
	b	c
П	100	15
М	50	25
Н	1	20

Рисунок А.1.16 – Функції належності змінної x_{18}



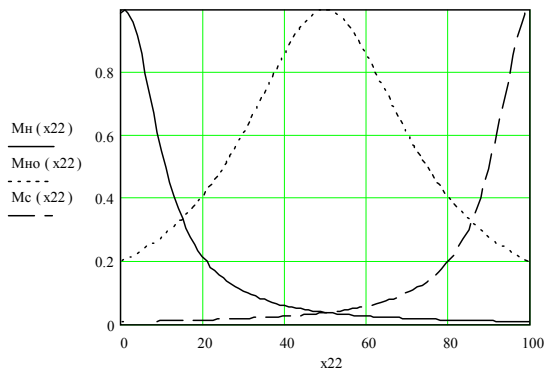
	b	c
С	1	10
СТ	25	8
СР	60	15
BC	85	15
В	100	10

Рисунок А.1.17 – Функції належності змінної x_{19} та x_{20}



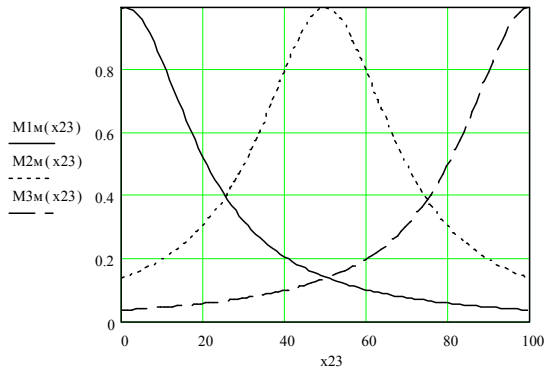
	b	c
Е	1	10
М	50	20
Н	100	10

Рисунок А.1.18 – Функції належності змінної x_{21}



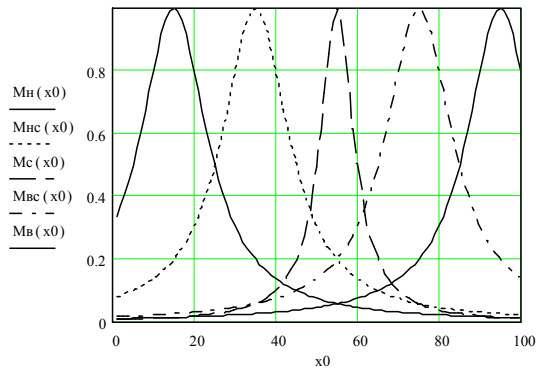
	b	c
Н	1	10
НО	50	25
С	100	10

Рисунок А.1.19 – Функції належності змінної x_{22}



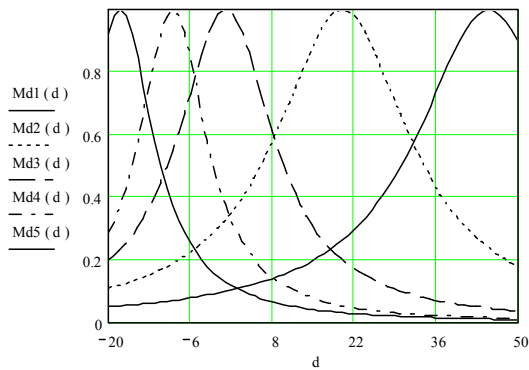
	b	c
1M	1	20
2M	50	20
3M	100	20

Рисунок А.1.20 – Функції належності змінної x_{23}



	b	c
H	15	10
HC	35	10
C	55	10
BC	75	10
B	95	10

Рисунок А.1.21 – Функції належності змінних z, m, n, y, w, v



	b	c
d_1	45	15
d_2	20	14
d_3	0	10
d_4	-9	7
d_5	-18	7

Рисунок А.1.22 – Функції належності вихідної змінної d

Додаток Б

Бази знань моделі прогнозування валютного курсу

База знань „1” та нечіткі логічні висловлення

Вхідні змінні:

- z – рівень економічного сприяння в Україні (Н, НС, С, ВС, В); y – рівень політичного сприяння в Україні (Н, НС, С, ВС, В); w – рівень рефлексивних процесів (Н, НС, С, ВС, В); v – рівень природного сприяння в Україні (Н, НС, С, ВС, В); t – рівень періоду прогнозування (1М, 2М, 3М).

Вихідна змінна:

- d – процента зміна курсу гривні України до долара США (d_1 – сильно зросте; d_2 – середньо зросте; d_3 – суттєво не зміниться; d_4 – середньо впаде; d_5 – сильно впаде).

Таблиця Б.1 – База знань змінної d

z	y	w	v	t	d	W
НС	НС	Н	С	2М	d_1	W_1
С	С	ВС	Н	3М	d_1	W_2
Н	Н	С	НС	1М	d_1	W_3
С	С	С	С	3М	d_2	W_4
ВС	НС	ВС	ВС	2М	d_2	W_5
НС	В	В	ВС	1М	d_2	W_6
ВС	ВС	С	НС	1М	d_3	W_7
ВС	С	С	С	3М	d_3	W_8
С	В	НС	ВС	2М	d_3	W_9
ВС	В	С	ВС	1М	d_4	W_{10}
ВС	ВС	НС	С	2М	d_4	W_{11}
В	С	Н	НС	3М	d_4	W_{12}
В	В	НС	В	1М	d_5	W_{13}
В	С	Н	С	3М	d_5	W_{14}
В	В	Н	ВС	2М	d_5	W_{15}

W – ваги правил, спочатку прирівняні одиниці.

Нечіткі логічні висловлення:

ЯКЩО $[z = \text{НС}]$ та $[y = \text{НС}]$ та $[w = \text{Н}]$ та $[v = \text{С}]$ та $[t = \text{2М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{С}]$ та $[y = \text{С}]$ та $[w = \text{ВС}]$ та $[v = \text{Н}]$ та $[t = \text{3М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{Н}]$ та $[y = \text{Н}]$ та $[w = \text{С}]$ та $[v = \text{НС}]$ та $[t = \text{1М}]$, ТО $d = d_1$.

ЯКЩО $[z = \text{С}]$ та $[y = \text{С}]$ та $[w = \text{С}]$ та $[v = \text{С}]$ та $[t = \text{3М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{ВС}]$ та $[y = \text{НС}]$ та $[w = \text{ВС}]$ та $[v = \text{ВС}]$ та $[t = \text{2М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{НС}]$ та $[y = \text{В}]$ та $[w = \text{В}]$ та $[v = \text{ВС}]$ та $[t = \text{1М}]$, ТО $d = d_2$.

ЯКЩО $[z = \text{ВС}]$ та $[y = \text{ВС}]$ та $[w = \text{С}]$ та $[v = \text{НС}]$ та $[t = \text{1М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{ВС}]$ та $[y = \text{С}]$ та $[w = \text{С}]$ та $[v = \text{С}]$ та $[t = \text{3М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{С}]$ та $[y = \text{В}]$ та $[w = \text{НС}]$ та $[v = \text{ВС}]$ та $[t = \text{2М}]$, ТО $d = d_3$.

ЯКЩО $[z = \text{ВС}]$ та $[y = \text{В}]$ та $[w = \text{С}]$ та $[v = \text{ВС}]$ та $[t = \text{1М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{ВС}]$ та $[y = \text{ВС}]$ та $[w = \text{НС}]$ та $[v = \text{С}]$ та $[t = \text{2М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{В}]$ та $[y = \text{С}]$ та $[w = \text{Н}]$ та $[v = \text{НС}]$ та $[t = \text{3М}]$, ТО $d = d_4$.

ЯКЩО $[z = \text{В}]$ та $[y = \text{В}]$ та $[w = \text{НС}]$ та $[v = \text{В}]$ та $[t = \text{1М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{В}]$ та $[y = \text{С}]$ та $[w = \text{Н}]$ та $[v = \text{С}]$ та $[t = \text{3М}]$ АБО

ЯКЩО $[z = \text{В}]$ та $[y = \text{В}]$ та $[w = \text{Н}]$ та $[v = \text{ВС}]$ та $[t = \text{2М}]$, ТО $d = d_5$.

База знань „1.1” та нечіткі логічні висловлення

Вхідні змінні:

- m – рівень економіко-статистичних параметрів (Н, НС, С, ВС, В); n – рівень виробничих параметрів (Н, НС, С, ВС, В).

Вихідна змінна:

- z – рівень економічного сприяння в Україні (Н, НС, С, ВС, В).

Таблиця Б.2 – База знань змінної z

m	n	z	W
Н	Н	Н	W_{16}
НС	Н	Н	W_{17}
Н	С	Н	W_{18}
НС	НС	НС	W_{19}
ВС	Н	НС	W_{20}
Н	ВС	НС	W_{21}
С	С	С	W_{22}
ВС	НС	С	W_{23}
НС	ВС	С	W_{24}
ВС	ВС	ВС	W_{25}
В	С	ВС	W_{26}
С	В	ВС	W_{27}
В	В	В	W_{28}
ВС	В	В	W_{29}
В	ВС	В	W_{30}

W – ваги правил, спочатку прирівняні одиниці.

Нечіткі логічні висловлення:

ЯКЩО $[m = Н]$ та $[n = Н]$ АБО

ЯКЩО $[m = НС]$ та $[n = Н]$ АБО

ЯКЩО $[m = Н]$ та $[n = С]$, ТО $z = Н$.

ЯКЩО $[m = НС]$ та $[n = НС]$ АБО

ЯКЩО $[m = ВС]$ та $[n = Н]$ АБО

ЯКЩО $[m = Н]$ та $[n = ВС]$, ТО $z = НС$.

ЯКЩО $[m = С]$ та $[n = С]$ АБО

ЯКЩО $[m = ВС]$ та $[n = НС]$ АБО

ЯКЩО $[m = НС]$ та $[n = ВС]$, ТО $z = С$.

ЯКЩО $[m = ВС]$ та $[n = ВС]$ АБО

ЯКЩО $[m = В]$ та $[n = С]$ АБО

ЯКЩО $[m = С]$ та $[n = В]$, ТО $z = ВС$.

ЯКЩО $[m = В]$ та $[n = В]$ АБО

ЯКЩО $[m = ВС]$ та $[n = В]$ АБО

ЯКЩО $[m = В]$ та $[n = ВС]$, ТО $z = Н$.

База знань „1.1.1” та нечіткі логічні висловлення

Вхідні змінні:

- x_1 – обсяг грошової маси в обігу в місяць (ДН, С, СТ, ВС, В); x_2 – рівень інфляції, відсоток до рівня попереднього місяця (Н, НО, В, ДВ, К); x_3 – рівень облікової ставки НБУ (Н, С, ВС, В, ДВ); x_4 – рівень валютних резервів в Україні (ДН, Н, СТ, С, В); x_5 – співвідношення внутрішніх і зовнішніх цін в Україні (Н, НО, П); x_6 – рівень індексу Dow Jones (ДН, СТ, ДВ).

Вихідна змінна:

- m – рівень економіко-статистичних параметрів (Н, НС, С, ВС, В).

Таблиця Б.3 – База знань змінної m

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	m	W
В	К	ДВ	ДН	Н	ДВ	Н	W_{31}
В	В	В	Н	НО	СТ	Н	W_{32}
ВС	К	ВС	Н	П	ДВ	Н	W_{33}
С	В	ВС	Н	П	СТ	НС	W_{34}
СТ	В	В	С	Н	ДН	НС	W_{35}
СТ	НО	Н	В	Н	СТ	НС	W_{36}
СТ	НО	С	СТ	НО	СТ	С	W_{37}
ВС	НО	Н	С	П	СТ	С	W_{38}
В	Н	Н	ДН	П	ДН	С	W_{39}
СТ	В	В	СТ	П	СТ	ВС	W_{40}
ВС	ДВ	С	В	НО	СТ	ВС	W_{41}
ДН	Н	Н	Н	П	СТ	ВС	W_{42}
ВС	НО	Н	В	П	СТ	В	W_{43}
В	НО	С	С	П	ДН	В	W_{44}
СТ	Н	Н	В	П	СТ	В	W_{45}

W – ваги правил, спочатку прирівняні одиниці.

Нечіткі логічні висловлення:

ЯКЩО $[x_1 = В]$ та $[x_2 = К]$ та $[x_3 = ДВ]$ та $[x_4 = ДН]$ та $[x_5 = Н]$ та $[x_6 = ДВ]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = В]$ та $[x_2 = В]$ та $[x_3 = В]$ та $[x_4 = Н]$ та $[x_5 = НО]$ та $[x_6 = СТ]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = ВС]$ та $[x_2 = К]$ та $[x_3 = ВС]$ та $[x_4 = Н]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = ДВ]$, ТО $m = Н$.

ЯКЩО $[x_1 = С]$ та $[x_2 = В]$ та $[x_3 = ВС]$ та $[x_4 = Н]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = СТ]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = СТ]$ та $[x_2 = В]$ та $[x_3 = В]$ та $[x_4 = С]$ та $[x_5 = Н]$ та $[x_6 = ДН]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = СТ]$ та $[x_2 = НО]$ та $[x_3 = Н]$ та $[x_4 = В]$ та $[x_5 = Н]$ та $[x_6 = СТ]$, ТО $m = НС$.

ЯКЩО $[x_1 = СТ]$ та $[x_2 = НО]$ та $[x_3 = С]$ та $[x_4 = СТ]$ та $[x_5 = НО]$ та $[x_6 = СТ]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = ВС]$ та $[x_2 = НО]$ та $[x_3 = Н]$ та $[x_4 = С]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = СТ]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = В]$ та $[x_2 = Н]$ та $[x_3 = Н]$ та $[x_4 = ДН]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = ДН]$, ТО $m = С$.

ЯКЩО $[x_1 = СТ]$ та $[x_2 = В]$ та $[x_3 = В]$ та $[x_4 = СТ]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = СТ]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = ВС]$ та $[x_2 = ДВ]$ та $[x_3 = С]$ та $[x_4 = В]$ та $[x_5 = НО]$ та $[x_6 = СТ]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = ДН]$ та $[x_2 = Н]$ та $[x_3 = Н]$ та $[x_4 = Н]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = СТ]$, ТО $m = ВС$.

ЯКЩО $[x_1 = ВС]$ та $[x_2 = НО]$ та $[x_3 = Н]$ та $[x_4 = В]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = СТ]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = В]$ та $[x_2 = НО]$ та $[x_3 = С]$ та $[x_4 = С]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = ДН]$ АБО

ЯКЩО $[x_1 = СТ]$ та $[x_2 = Н]$ та $[x_3 = Н]$ та $[x_4 = В]$ та $[x_5 = П]$ та $[x_6 = СТ]$, ТО $m = В$.

База знань „1.1.2” та нечіткі логічні висловлення

Вхідні змінні:

- x_7 – інтенсивність торгових потоків в рік (Н, С, ВС, В); x_8 – обсяг експорту в квартал (Н, СТ, С, ВС, В); x_9 – обсяг імпорту в квартал (Н, СТ, С, ВС, В); x_{10} – обсяг інвестування в квартал (Н, С, ВС, В); x_{11} – обсяг вітчизняного виробництва в місяць (ДН, Н, С, ВС, В); x_{12} – стан паливно-енергетичного комплексу (Н, НО, П); x_{13} – стан сільського господарства України (Н, НО, П).

Вихідна змінна:

- n – рівень виробничих параметрів (Н, НС, С, ВС, В).

Таблиця Б.4– База знань змінної n

x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	n	W
Н	Н	Н	Н	ДН	Н	Н	Н	W ₄₆
С	СТ	В	С	ДН	НО	НО	Н	W ₄₇
С	С	ВС	Н	Н	Н	НО	Н	W ₄₈
С	С	С	С	ДН	Н	Н	НС	W ₄₉
В	Н	В	Н	Н	НО	Н	НС	W ₅₀
В	Н	В	С	ДН	Н	Н	НС	W ₅₁
С	СТ	СТ	С	С	НО	НО	С	W ₅₂
ВС	ВС	ВС	С	Н	НО	Н	С	W ₅₃
С	С	СТ	ВС	С	Н	НО	С	W ₅₄
ВС	С	С	В	С	НО	НО	ВС	W ₅₅
С	В	СТ	С	ВС	НО	П	ВС	W ₅₆
Н	С	ВС	В	В	П	НО	ВС	W ₅₇
ВС	В	СТ	ВС	В	П	П	В	W ₅₈
В	ВС	Н	В	ВС	П	Н	В	W ₅₉
В	В	Н	В	В	П	П	В	W ₆₀

W – ваги правил, спочатку прирівняні одиниці.

Нечіткі логічні висловлення:

- ЯКЩО $[x_7 = Н]$ та $[x_8 = Н]$ та $[x_9 = Н]$ та $[x_{10} = Н]$ та $[x_{11} = ДН]$ та $[x_{12} = Н]$ та $[x_{13} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = С]$ та $[x_8 = СТ]$ та $[x_9 = В]$ та $[x_{10} = С]$ та $[x_{11} = ДН]$ та $[x_{12} = НО]$ та $[x_{13} = НО]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = С]$ та $[x_8 = С]$ та $[x_9 = ВС]$ та $[x_{10} = Н]$ та $[x_{11} = Н]$ та $[x_{12} = Н]$ та $[x_{13} = НО]$, ТО $n = Н$.
 ЯКЩО $[x_7 = С]$ та $[x_8 = С]$ та $[x_9 = С]$ та $[x_{10} = С]$ та $[x_{11} = ДН]$ та $[x_{12} = Н]$ та $[x_{13} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = В]$ та $[x_8 = Н]$ та $[x_9 = В]$ та $[x_{10} = Н]$ та $[x_{11} = Н]$ та $[x_{12} = НО]$ та $[x_{13} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = В]$ та $[x_8 = Н]$ та $[x_9 = В]$ та $[x_{10} = С]$ та $[x_{11} = ДН]$ та $[x_{12} = Н]$ та $[x_{13} = Н]$, ТО $n = НС$.
 ЯКЩО $[x_7 = С]$ та $[x_8 = СТ]$ та $[x_9 = СТ]$ та $[x_{10} = С]$ та $[x_{11} = С]$ та $[x_{12} = НО]$ та $[x_{13} = НО]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = ВС]$ та $[x_8 = ВС]$ та $[x_9 = ВС]$ та $[x_{10} = С]$ та $[x_{11} = Н]$ та $[x_{12} = НО]$ та $[x_{13} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = С]$ та $[x_8 = С]$ та $[x_9 = СТ]$ та $[x_{10} = ВС]$ та $[x_{11} = С]$ та $[x_{12} = Н]$ та $[x_{13} = НО]$, ТО $n = С$.
 ЯКЩО $[x_7 = ВС]$ та $[x_8 = С]$ та $[x_9 = С]$ та $[x_{10} = В]$ та $[x_{11} = С]$ та $[x_{12} = НО]$ та $[x_{13} = НО]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = С]$ та $[x_8 = В]$ та $[x_9 = СТ]$ та $[x_{10} = С]$ та $[x_{11} = ВС]$ та $[x_{12} = НО]$ та $[x_{13} = П]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = Н]$ та $[x_8 = С]$ та $[x_9 = ВС]$ та $[x_{10} = В]$ та $[x_{11} = В]$ та $[x_{12} = П]$ та $[x_{13} = НО]$, ТО $n = ВС$.
 ЯКЩО $[x_7 = ВС]$ та $[x_8 = В]$ та $[x_9 = СТ]$ та $[x_{10} = ВС]$ та $[x_{11} = В]$ та $[x_{12} = П]$ та $[x_{13} = П]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = В]$ та $[x_8 = ВС]$ та $[x_9 = Н]$ та $[x_{10} = В]$ та $[x_{11} = ВС]$ та $[x_{12} = П]$ та $[x_{13} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_7 = В]$ та $[x_8 = В]$ та $[x_9 = Н]$ та $[x_{10} = В]$ та $[x_{11} = В]$ та $[x_{12} = П]$ та $[x_{13} = П]$, ТО $n = В$.

База знань „1.2” та нечіткі логічні висловлення

Вхідні змінні:

- x_{14} – політика Національного Банку України (Ж, З, В); x_{15} – економічні відносини України з МВФ (Н, СТ, П); x_{16} – економічні і політичні відносини України з Росією (Н, СТ, П); x_{17} – внутрішньополітична ситуація в Україні (МЗ, СТ, ВВ); x_{18} – міжнародні дії до України (Н, М, П).

Вихідна змінна:

- y – рівень політичного сприяння в Україні (Н, НС, С, ВС, В).

Таблиця Б.5 – База знань змінної y

x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	y	W
В	Н	Н	МЗ	Н	Н	W_{61}
З	Н	СТ	СТ	М	Н	W_{62}
Ж	Н	П	ВВ	М	Н	W_{63}
З	СТ	СТ	МЗ	М	НС	W_{64}
В	П	Н	ВВ	Н	НС	W_{65}
З	Н	П	СТ	П	НС	W_{66}
Ж	СТ	П	СТ	М	С	W_{67}
З	П	Н	МЗ	Н	С	W_{68}
В	Н	П	ВВ	М	С	W_{69}
Ж	СТ	СТ	СТ	П	ВС	W_{70}
З	СТ	П	МЗ	Н	ВС	W_{71}
В	СТ	СТ	ВВ	М	ВС	W_{72}
Ж	П	П	ВВ	П	В	W_{73}
З	СТ	П	МЗ	П	В	W_{74}
В	П	П	СТ	П	В	W_{75}

W – ваги правил, спочатку прирівняні одиниці.

Нечіткі логічні висловлення:

- ЯКЩО $[x_{14} = В]$ та $[x_{15} = Н]$ та $[x_{16} = Н]$ та $[x_{17} = МЗ]$ та $[x_{18} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = З]$ та $[x_{15} = Н]$ та $[x_{16} = СТ]$ та $[x_{17} = СТ]$ та $[x_{18} = М]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = Ж]$ та $[x_{15} = Н]$ та $[x_{16} = П]$ та $[x_{17} = ВВ]$ та $[x_{18} = М]$, ТО $y = Н$.
 ЯКЩО $[x_{14} = З]$ та $[x_{15} = СТ]$ та $[x_{16} = СТ]$ та $[x_{17} = МЗ]$ та $[x_{18} = М]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = В]$ та $[x_{15} = П]$ та $[x_{16} = Н]$ та $[x_{17} = ВВ]$ та $[x_{18} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = З]$ та $[x_{15} = Н]$ та $[x_{16} = П]$ та $[x_{17} = СТ]$ та $[x_{18} = П]$, ТО $y = НС$.
 ЯКЩО $[x_{14} = Ж]$ та $[x_{15} = СТ]$ та $[x_{16} = П]$ та $[x_{17} = СТ]$ та $[x_{18} = М]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = З]$ та $[x_{15} = П]$ та $[x_{16} = Н]$ та $[x_{17} = МЗ]$ та $[x_{18} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = В]$ та $[x_{15} = Н]$ та $[x_{16} = П]$ та $[x_{17} = ВВ]$ та $[x_{18} = М]$, ТО $y = С$.
 ЯКЩО $[x_{14} = Ж]$ та $[x_{15} = СТ]$ та $[x_{16} = СТ]$ та $[x_{17} = СТ]$ та $[x_{18} = П]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = З]$ та $[x_{15} = СТ]$ та $[x_{16} = П]$ та $[x_{17} = МЗ]$ та $[x_{18} = Н]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = В]$ та $[x_{15} = СТ]$ та $[x_{16} = СТ]$ та $[x_{17} = ВВ]$ та $[x_{18} = М]$, ТО $y = ВС$.
 ЯКЩО $[x_{14} = Ж]$ та $[x_{15} = П]$ та $[x_{16} = П]$ та $[x_{17} = ВВ]$ та $[x_{18} = П]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = З]$ та $[x_{15} = СТ]$ та $[x_{16} = П]$ та $[x_{17} = МЗ]$ та $[x_{18} = П]$ АБО
 ЯКЩО $[x_{14} = В]$ та $[x_{15} = П]$ та $[x_{16} = П]$ та $[x_{17} = СТ]$ та $[x_{18} = П]$, ТО $y = В$.

База знань „1.3” та нечіткі логічні висловлення

Вхідні змінні:

- x_{19} – рефлексивний стан: процес, що самопідсилюється (С, СТ, СР, ВС, В);
- x_{20} – рефлексивний стан: процес, що самокоректується (С, СТ, СР, ВС, В).

Вихідна змінна:

- w – рівень рефлексивних процесів (Н, НС, С, ВС, В).

Таблиця Б.6 – База знань змінної w

x_{19}	x_{20}	w	W
С	В	Н	W_{76}
СТ	ВС	Н	W_{77}
С	СТ	НС	W_{78}
СР	ВС	НС	W_{79}
СТ	С	С	W_{80}
СР	СР	С	W_{81}
ВС	СТ	ВС	W_{82}
СР	СТ	ВС	W_{83}
ВС	С	В	W_{84}
В	СТ	В	W_{85}

W – ваги правил, спочатку прирівняні одиниці.

Нечіткі логічні висловлення:

ЯКЩО $[x_{19} = С]$ та $[x_{20} = В]$ АБО ЯКЩО $[x_{19} = СТ]$ та $[x_{20} = ВС]$, ТО $w = Н$.

ЯКЩО $[x_{19} = С]$ та $[x_{20} = СТ]$ АБО ЯКЩО $[x_{19} = СР]$ та $[x_{20} = ВС]$, ТО $w = НС$.

ЯКЩО $[x_{19} = СТ]$ та $[x_{20} = С]$ АБО ЯКЩО $[x_{19} = СР]$ та $[x_{20} = СР]$, ТО $w = С$.

ЯКЩО $[x_{19} = ВС]$ та $[x_{20} = СТ]$ АБО ЯКЩО $[x_{19} = СР]$ та $[x_{20} = СТ]$, ТО $w = ВС$.

ЯКЩО $[x_{19} = ВС]$ та $[x_{20} = С]$ АБО ЯКЩО $[x_{19} = В]$ та $[x_{20} = СТ]$, ТО $w = В$.

База знань „1.4” та нечіткі логічні висловлення

Вхідні змінні:

- x_{21} – форс-мажорні обставини: катастрофа, лихо, воєнні дії (Е, М, Н);
- x_{22} – природні умови в Україні (Н, НО, С) .

Вихідна змінна:

- v – рівень природного сприяння в Україні (Н, НС, С, ВС, В).

Таблиця Б.7 – База знань змінної v

x_{21}	x_{22}	v	W
Е	Н	Н	W_{86}
Е	НО	НС	W_{87}
М	Н	НС	W_{88}
Е	С	С	W_{89}
Н	Н	С	W_{90}
Н	НО	ВС	W_{91}
М	НО	ВС	W_{92}
М	С	В	W_{93}
Н	С	В	W_{94}

W – ваги правил, спочатку прирівняні одиниці.

Нечіткі логічні висловлення:

ЯКЩО $[x_{21} = E]$ та $[x_{22} = H]$, ТО $v = H$.

ЯКЩО $[x_{21} = E]$ та $[x_{22} = HO]$ АБО ЯКЩО $[x_{21} = M]$ та $[x_{22} = H]$, ТО $v = NS$.

ЯКЩО $[x_{21} = E]$ та $[x_{22} = C]$ АБО ЯКЩО $[x_{21} = H]$ та $[x_{22} = H]$, ТО $v = C$.

ЯКЩО $[x_{21} = H]$ та $[x_{22} = HO]$ АБО ЯКЩО $[x_{21} = M]$ та $[x_{22} = HO]$, ТО $v = BC$.

ЯКЩО $[x_{21} = M]$ та $[x_{22} = C]$ АБО ЯКЩО $[x_{21} = H]$ та $[x_{22} = C]$, ТО $v = B$.

Додаток В

Навчальні вибірки

Навчальна вибірка для бази знань „1.1.1”

- x_1 – мільйон гривень в місяць; x_2 – відсоток до рівня попереднього місяця; x_3 – відсоток - облікова ставка НБУ; x_4 – мільйон доларів США; x_5 , m – шкала від 0 до 100; x_6 – індекс Dow Jones;
- Курс – курс НБУ гривні України до долара США.

Дата	Курс	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	m
01.01.00	5,2163	22079	104,10	45	1000	48	11551,24	51
13.01.00	5,3620	22079	104,10	45	1000	47	11551,12	50
01.02.00	5,4701	22048	104,60	35	1000	51	10957,83	44
11.02.00	5,5975	22048	104,60	35	1000	52	10643,63	37
01.03.00	5,4973	22970	103,30	35	1046	49	10164,92	39
24.03.00	5,4432	22970	103,30	32	1046	49	11119,86	42
01.04.00	5,4276	24211	102,00	32	1046	54	10980,25	43
10.04.00	5,4251	24211	102,00	29	1046	53	10923,55	42
01.05.00	5,4015	25097	101,70	29	1046	51	10888,1	44
26.05.00	5,4140	25097	101,70	29	1074	48	10323,92	41
01.06.00	5,4173	26032	102,10	29	1074	47	10376,12	41
15.06.00	5,4389	26032	102,10	29	1074	46	10399,1	44
01.07.00	5,4378	27098	103,70	29	1074	45	10481,47	44
14.07.00	5,4387	27098	103,70	29	1074	51	10788,71	44
01.08.00	5,4387	28127	99,90	29	1201	52	10706,21	45
15.08.00	5,4385	28127	99,90	27	1201	44	11053,44	45
01.09.00	5,4385	29485	100	27	1201	45	11259,87	45
15.09.00	5,4385	29485	100	27	1345	45	11087,44	46
01.10.00	5,4397	28975	102,60	27	1345	46	10824,06	47
06.10.00	5,4400	28975	102,60	27	1458	56	10724,92	47
01.11.00	5,4369	28866	101,40	27	1458	55	10855	47
12.11.00	5,4373	28866	101,40	27	1458	47	10656,03	47
01.12.00	5,4366	29395	100,40	27	1489	45	10617,36	48
15.12.00	5,4363	29395	100,40	27	1489	55	10674,99	47
01.01.01	5,4345	32084	101,60	27	1526	46	10318,93	46
26.01.01	5,4314	32084	101,60	27	1526	44	10729,5	45
01.02.01	5,4305	30816	101,50	27	1658	47	10983,6	45
16.02.01	5,4290	30816	101,50	27	1658	44	10891	46
01.03.01	5,4285	31638	100,60	27	1700	44	10450,01	46
10.03.01	5,4225	31638	100,60	25	1700	44	10729,6	47
01.04.01	5,4192	33026	100,60	25	1700	47	9918	48
07.04.01	5,4198	33026	100,60	21	1700	49	10126,9	49
01.05.01	5,4158	34092	101,50	21	1976	55	10910,44	49
18.05.01	5,4123	34092	101,50	21	1976	55	11248,5	48
01.06.01	5,4149	35157	100,40	21	1976	56	10911,9	48
11.06.01	5,4116	35157	100,40	19	2004	56	11090,7	48
01.07.01	5,3828	36953	100,60	19	2004	56	10479,86	49
20.07.01	5,3700	36953	100,60	19	2108	56	10610	49
01.08.01	5,3535	37373	98,30	19	2108	57	10551,18	49
09.08.01	5,3503	37373	98,30	17	2108	57	10298,56	51
01.09.01	5,3404	38275	99,80	17	2324	53	9840,84	52
21.09.01	5,3393	38275	99,80	17	2324	58	8376,21	54
01.10.01	5,3311	39643	100,40	15	2805	58	8860,27	56
05.10.01	5,3263	39643	100,40	15	2805	59	9100,58	58
15.10.01	5,3103	40750	100,20	15	3000,7	58	9250,04	68

Навчальна вибірка для бази знань „1.1.2”

- x_7 – мільярд доларів США в рік; x_8 – мільйон доларів США в квартал; x_9 – мільйон доларів США в квартал; x_{10} – мільйон доларів США в квартал; x_{11} – мільярд гривень в місяць; x_{12} , x_{13} , n – шкала від 0 до 100.

Дата	Курс	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	n
01.01.00	5,2163	16	4571	4604	126	10,622	34	40	42
13.01.00	5,3620	16	4571	4604	126	10,622	30	40	43
01.02.00	5,4701	16	4571	4604	126	9,930	27	41	32
11.02.00	5,5975	16	4571	4604	126	9,930	24	40	30
01.03.00	5,4973	16	4571	4604	126	10,891	28	41	37
24.03.00	5,4432	16	4571	4604	126	10,891	30	42	38
01.04.00	5,4276	16	4598	4155	207	11,910	30	39	39
10.04.00	5,4251	16	4598	4155	207	11,910	29	38	40
01.05.00	5,4015	16	4598	4155	207	12,435	31	37	41
26.05.00	5,4140	16	4598	4155	207	12,435	30	41	42
01.06.00	5,4173	16	4598	4155	207	12,705	30	40	44
15.06.00	5,4389	16	4598	4155	207	12,705	42	38	43
01.07.00	5,4378	16	5052	4230	131	13,466	40	39	44
14.07.00	5,4387	16	5052	4230	131	13,466	41	42	45
01.08.00	5,4387	16	5052	4230	131	16,104	39	44	46
15.08.00	5,4385	16	5052	4230	131	16,104	40	49	46
01.09.00	5,4385	16	5052	4230	131	16,564	41	52	47
15.09.00	5,4385	16	5052	4230	131	16,564	40	59	48
01.10.00	5,4397	16	5301	5127	130	17,969	42	64	49
06.10.00	5,4400	16	5301	5127	130	17,969	39	66	53
01.11.00	5,4369	16	5301	5127	130	15,410	38	64	52
12.11.00	5,4373	16	5301	5127	130	15,410	37	63	53
01.12.00	5,4366	16	5301	5127	130	16,662	37	60	54
15.12.00	5,4363	16	5301	5127	130	16,662	36	58	55
01.01.01	5,4345	18	4945	4749	118	20,964	35	57	56
26.01.01	5,4314	18	4949	4749	118	20,964	36	56	57
01.02.01	5,4305	18	4945	4749	118	13,616	35	55	41
16.02.01	5,4290	18	4945	4749	118	13,616	35	54	42
01.03.01	5,4285	18	4945	4749	118	13,720	36	55	44
10.03.01	5,4225	18	4945	4749	118	13,720	35	53	45
01.04.01	5,4192	18	5374	5084	327	15,529	37	54	46
07.04.01	5,4198	18	5374	5084	327	15,529	38	55	47
01.05.01	5,4158	18	5374	5084	327	15,719	39	56	48
18.05.01	5,4123	18	5374	5084	327	15,719	40	55	49
01.06.01	5,4149	18	5374	5084	327	16,104	41	56	50
11.06.01	5,4116	18	5374	5084	327	16,104	42	57	51
01.07.01	5,3828	18	4451	4002	156	16,611	45	58	52
20.07.01	5,3700	18	4451	4002	156	16,611	48	59	53
01.08.01	5,3535	18	4451	4002	156	19,926	54	64	52
09.08.01	5,3503	18	4451	4002	156	19,926	53	67	56
01.09.01	5,3404	18	4451	4002	156	21,388	52	72	58
21.09.01	5,3393	18	4451	4002	156	21,388	49	77	59
01.10.01	5,3311	18	4451	4002	156	19,393	48	76	58
05.10.01	5,3263	18	4451	4002	156	19,393	46	74	61
15.10.01	5,3103	18	4451	4002	156	19,393	44	70	60

Навчальна вибірка для бази знань „1.1”

- m, n, z – шкала від 0 до 100.

m	n	z
51	42	46,5
50	43	46,5
44	32	38
37	30	33,5
39	37	38
42	38	40
43	39	41
42	40	41
44	41	42,5
41	42	41,5
41	44	42,5
44	43	43,5
44	44	44
44	45	44,5
45	46	45,5
45	46	45,5
45	47	46
46	48	47
47	49	48
47	53	50
47	52	49,5
47	53	50
48	54	51
47	55	51
46	56	51
45	57	51
45	41	43
46	42	44
46	44	45
47	45	46
48	46	47
49	47	48
49	48	48,5
48	49	48,5
48	50	49
48	51	49,5
49	52	50,5
49	53	51
49	52	50,5
51	56	53,5
52	58	55
54	59	56,5
56	58	57
58	61	59,5
68	60	64

Навчальна вибірка для бази знань „1.2”

- $X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, y$ – шкала від 0 до 100.

Дата	Курс	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	y
01.01.00	5,2163	44	44	48	35	61	58
13.01.00	5,3620	46	47	38	38	62	54
01.02.00	5,4701	48	48	42	40	60	56
11.02.00	5,5975	54	45	47	41	58	52
01.03.00	5,4973	52	46	32	37	58	53
24.03.00	5,4432	51	49	40	36	61	57
01.04.00	5,4276	56	49	41	42	60	50
10.04.00	5,4251	54	48	44	35	64	49
01.05.00	5,4015	52	50	43	39	65	48
26.05.00	5,4140	59	52	40	40	60	47
01.06.00	5,4173	57	54	45	41	57	46
15.06.00	5,4389	58	50	47	42	62	48
01.07.00	5,4378	49	50	54	43	64	49
14.07.00	5,4387	48	49	58	43	70	51
01.08.00	5,4387	47	48	60	40	72	48
15.08.00	5,4385	49	48	61	32	70	49
01.09.00	5,4385	49	51	58	20	68	51
15.09.00	5,4385	48	52	56	34	65	50
01.10.00	5,4397	46	54	54	37	60	51
06.10.00	5,4400	44	46	55	32	59	47
01.11.00	5,4369	43	50	52	26	62	40
12.11.00	5,4373	42	53	50	27	63	38
01.12.00	5,4366	40	55	47	29	61	41
15.12.00	5,4363	41	54	41	30	62	37
01.01.01	5,4345	41	56	42	31	64	35
26.01.01	5,4314	40	60	36	32	59	47
01.02.01	5,4305	42	62	35	30	58	49
16.02.01	5,4290	43	61	38	28	61	46
01.03.01	5,4285	42	57	40	27	62	47
10.03.01	5,4225	42	52	42	28	65	45
01.04.01	5,4192	41	54	36	29	68	46
07.04.01	5,4198	40	53	37	29	72	44
01.05.01	5,4158	46	56	44	25	73	42
18.05.01	5,4123	48	57	52	29	70	41
01.06.01	5,4149	45	59	51	28	68	38
11.06.01	5,4116	45	57	58	30	58	39
01.07.01	5,3828	44	54	64	31	54	40
20.07.01	5,3700	43	53	68	31	57	41
01.08.01	5,3535	42	56	70	32	64	42
09.08.01	5,3503	44	57	66	33	68	43
01.09.01	5,3404	45	58	62	34	70	42
21.09.01	5,3393	43	59	54	26	72	40
01.10.01	5,3311	43	61	35	25	50	35
05.10.01	5,3263	44	60	42	20	54	39
15.10.01	5,3103	45	60	49	29	59	42

Навчальна вибірка для бази знань „1.3”

- X_{19} , X_{20} , w – шкала від 0 до 100.

Дата	Курс	X_{19}	X_{20}	w
01.01.00	5,2163	41	55	48
13.01.00	5,3620	43	52	47,5
01.02.00	5,4701	45	51	48
11.02.00	5,5975	52	47	49,5
01.03.00	5,4973	51	48	49,5
24.03.00	5,4432	50	49	49,5
01.04.00	5,4276	49	51	50
10.04.00	5,4251	48	52	50
01.05.00	5,4015	47	50	48,5
26.05.00	5,4140	49	51	50
01.06.00	5,4173	51	51	51
15.06.00	5,4389	54	52	53
01.07.00	5,4378	53	53	53
14.07.00	5,4387	52	56	54
01.08.00	5,4387	53	57	55
15.08.00	5,4385	52	56	54
01.09.00	5,4385	54	55	54,5
15.09.00	5,4385	55	53	54
01.10.00	5,4397	57	54	55,5
06.10.00	5,4400	58	53	55,5
01.11.00	5,4369	57	52	54,5
12.11.00	5,4373	56	51	53,5
01.12.00	5,4366	55	51	53
15.12.00	5,4363	54	48	51
01.01.01	5,4345	50	49	49,5
26.01.01	5,4314	51	40	45,5
01.02.01	5,4305	53	41	47
16.02.01	5,4290	50	40	45
01.03.01	5,4285	49	40	44,5
10.03.01	5,4225	48	42	45
01.04.01	5,4192	49	43	46
07.04.01	5,4198	49	44	46,5
01.05.01	5,4158	50	44	47
18.05.01	5,4123	51	43	47
01.06.01	5,4149	50	44	47
11.06.01	5,4116	48	43	45,5
01.07.01	5,3828	48	49	48,5
20.07.01	5,3700	47	52	49,5
01.08.01	5,3535	48	54	51
09.08.01	5,3503	47	58	52,5
01.09.01	5,3404	46	59	52,5
21.09.01	5,3393	45	60	52,5
01.10.01	5,3311	44	61	52,5
05.10.01	5,3263	42	60	51
15.10.01	5,3103	41	61	51

Навчальна вибірка для бази знань „1.4”

- x_{21} , x_{22} , v – шкала від 0 до 100.

Дата	Курс	x_{21}	x_{22}	v
01.01.00	5,2163	92	87	89,5
13.01.00	5,3620	91	86	88,5
01.02.00	5,4701	90	85	87,5
11.02.00	5,5975	92	83	87,5
01.03.00	5,4973	93	82	87,5
24.03.00	5,4432	80	82	81
01.04.00	5,4276	76	83	79,5
10.04.00	5,4251	72	84	78
01.05.00	5,4015	92	85	88,5
26.05.00	5,4140	90	86	88
01.06.00	5,4173	91	87	89
15.06.00	5,4389	92	85	88,5
01.07.00	5,4378	93	86	89,5
14.07.00	5,4387	94	84	89
01.08.00	5,4387	95	83	89
15.08.00	5,4385	92	80	86
01.09.00	5,4385	93	81	87
15.09.00	5,4385	92	81	86,5
01.10.00	5,4397	91	82	86,5
06.10.00	5,4400	90	83	86,5
01.11.00	5,4369	70	63	66,5
12.11.00	5,4373	72	67	69,5
01.12.00	5,4366	73	78	75,5
15.12.00	5,4363	75	79	77
01.01.01	5,4345	79	79	79
26.01.01	5,4314	89	80	84,5
01.02.01	5,4305	89	81	85
16.02.01	5,4290	88	80	84
01.03.01	5,4285	87	81	84
10.03.01	5,4225	86	82	84
01.04.01	5,4192	86	82	84
07.04.01	5,4198	87	81	84
01.05.01	5,4158	87	81	84
18.05.01	5,4123	90	82	86
01.06.01	5,4149	91	83	87
11.06.01	5,4116	92	84	88
01.07.01	5,3828	91	85	88
20.07.01	5,3700	90	87	88,5
01.08.01	5,3535	91	89	90
09.08.01	5,3503	90	90	90
01.09.01	5,3404	92	89	90,5
21.09.01	5,3393	88	87	87,5
01.10.01	5,3311	86	86	86
05.10.01	5,3263	87	87	87
15.10.01	5,3103	89	88	88,5

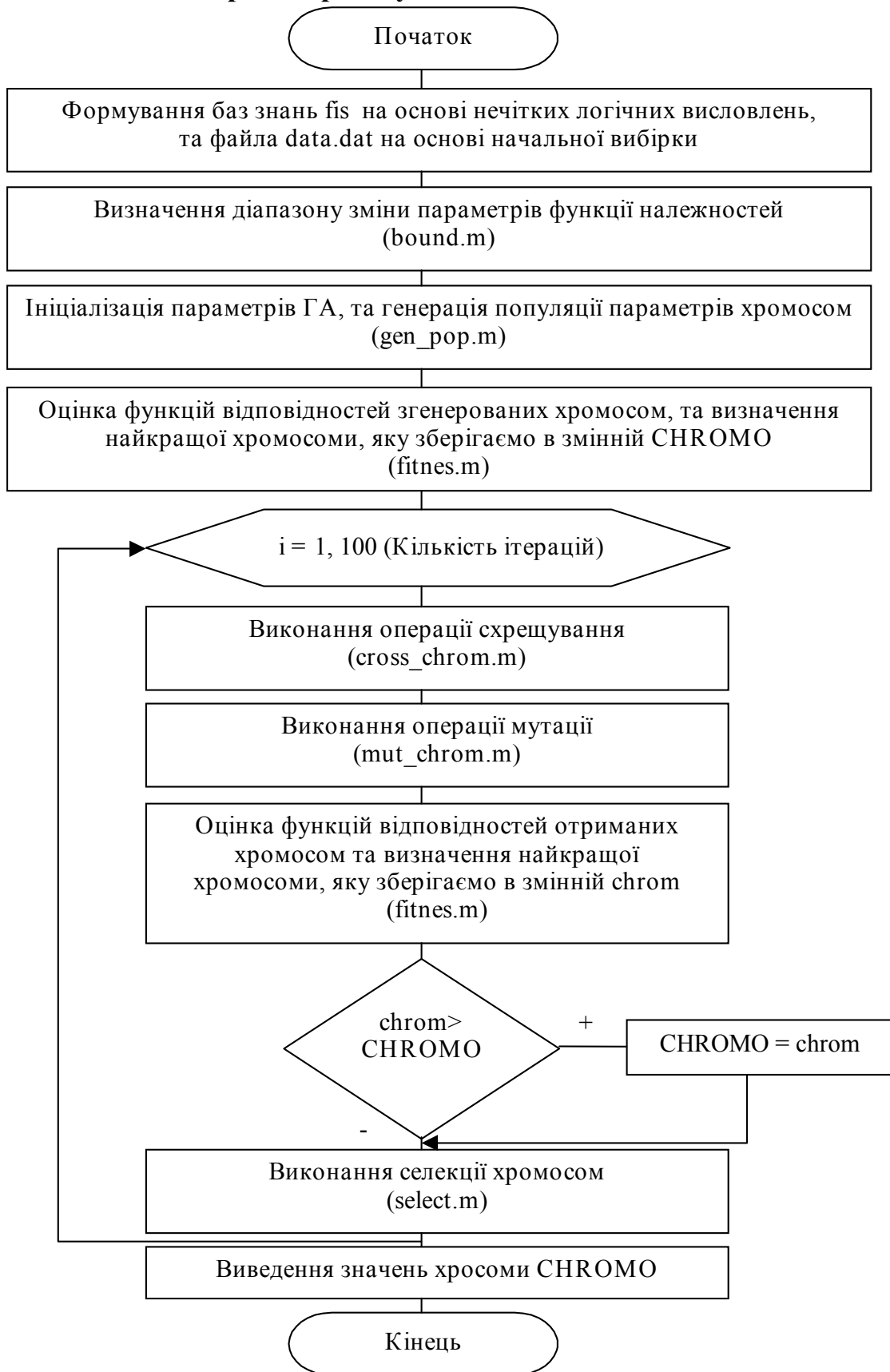
Навчальна вибірка для бази знань „1”

- z, y, w, v – шкала від 0 до 100; t – дні прогнозування;
- d – відсоткова зміна курсу гривні до долара США.

Дата	Курс	z	y	w	v	t	d %
01.01.00	5,2163	46,5	58	48	89,5	30	+4,87
13.01.00	5,3620	46,5	54	47,5	88,5	47	+2,52
01.02.00	5,4701	38	56	48	87,5	30	+0,497
11.02.00	5,5975	33,5	52	49,5	87,5	43	-2,76
01.03.00	5,4973	38	53	49,5	87,5	60	-1,75
24.03.00	5,4432	40	57	49,5	81	16	-0,33
01.04.00	5,4276	41	50	50	79,5	90	+1,87
10.04.00	5,4251	41	49	50	78	20	-0,44
01.05.00	5,4015	42,5	48	48,5	88,5	45	+0,69
26.05.00	5,4140	41,5	47	50	88	34	+0,44
01.06.00	5,4173	42,5	46	51	89	75	+0,39
15.06.00	5,4389	43,5	48	53	88,5	29	-0,003
01.07.00	5,4378	44	49	53	89,5	96	+0,04
14.07.00	5,4387	44,5	51	54	89	61	-0,003
01.08.00	5,4387	45,5	48	55	89	30	-0,003
15.08.00	5,4385	45,5	49	54	86	51	+0,03
01.09.00	5,4385	46	51	54,5	87	90	-0,034
15.09.00	5,4385	47	50	54	86,5	21	+0,028
01.10.00	5,4397	48	51	55,5	86,5	5	+0,006
06.10.00	5,4400	50	47	55,5	86,5	25	-0,05
01.11.00	5,4369	49,5	40	54,5	66,5	30	-0,006
12.11.00	5,4373	50	38	53,5	69,5	18	-0,012
01.12.00	5,4366	51	41	53	75,5	100	-0,259
15.12.00	5,4363	51	37	51	77	41	-0,09
01.01.01	5,4345	51	35	49,5	79	26	-0,057
26.01.01	5,4314	51	47	45,5	84,5	34	-0,053
01.02.01	5,4305	43	49	47	85	60	-0,208
16.02.01	5,4290	44	46	45	84	24	-0,119
01.03.01	5,4285	45	47	44,5	84	90	-0,25
10.03.01	5,4225	46	45	45	84	20	-0,06
01.04.01	5,4192	47	46	46	84	90	-0,671
07.04.01	5,4198	48	44	46,5	84	53	-0,09
01.05.01	5,4158	48,5	42	47	84	41	-0,078
18.05.01	5,4123	48,5	41	47	86	12	+0,048
01.06.01	5,4149	49	38	47	87	50	-0,829
11.06.01	5,4116	49,5	39	45,5	88	39	-0,769
01.07.01	5,3828	50,5	40	48,5	88	20	-0,238
20.07.01	5,3700	51	41	49,5	88,5	10	-0,307
01.08.01	5,3535	50,5	42	51	90	8	-0,0598
09.08.01	5,3503	53,5	43	52,5	90	21	-0,185
01.09.01	5,3404	55	42	52,5	90,5	45	-0,564
21.09.01	5,3393	56,5	40	52,5	87,5	24	-0,543
01.10.01	5,3311	57	35	52,5	86	5	-0,09
05.10.01	5,3263	59,5	39	51	87	10	-0,3004
15.10.01	5,3103	64	42	51	88,5	3	-0,0734

Додаток Г

Алгоритм процесу налагодження моделі



Додаток Д

Програма роботи та налагодження моделі

```
gen_alg.m % Програма генетичного алгоритму
global data fis fd fz r_mf r_w range
% завантаження даних
r_mf=[0 10 20 30 40 46 52 60 70 80 88 98 104 110 116
122 128 134 140 150 160 166 172 178];
r_w=[178 193 208 223 233 242 257 272];
data=load('data.dat'); fm=readfis('fm.fis');
fn=readfis('fn.fis'); fy=readfis('fy.fis');
fw=readfis('fw.fis'); fv=readfis('fv.fis');
fz=readfis('fz.fis'); fd=readfis('fd.fis');
% визначення діапазону зміни генів хромосоми
fis=[fm fn fy fw fv];l=1;
for i=1:length(fis)
    for j=1:length(fis(i).input)
        range(:,l:l+1)=bound(fis(i),j);
        l=l+2;
    end;
end;
range(:,l:l+1)=bound(fd,5);
% параметри генетичного алгоритму
size_pop=20;
num_cros=20;
num_mut=40;
num_iter=50;
% генерація популяції
pop=gen_pop(size_pop);
% обчислення функції відповідності
answ(1:size_pop)=0;
for i=1:size_pop
    answ(i)=fitnes(pop(i,:));
end;
% визначення найкращої хромосоми
[best_chrom num]=max(answ);
k=1;l=1;
dynam(1)=best_chrom
CHROMO(k,:)=pop(num,:);
for i=15:num_iter
    z=1;l=l+1;
    % операція скрещування
    for j=1:num_cros
        num_par=rand_int(2,[1 size_pop]);
        [pop(size_pop+z,:)]
        pop(size_pop+z+1,:)=cross_chrom(pop(num_par(1,:),
        pop(num_par(2,:),
            z=z+2;
        end;
        % операція мутації
        for j=1:num_mut
            num_ch=rand_int(1,[1 size_pop]);
            pop(size_pop+z,:)=mut_chrom(pop(num_ch,:),range);
            z=z+1;
        end;
        % обчислення функції відповідності
        answ(size_pop+1:z+size_pop-1)=0;
        for j=size_pop+1:z+size_pop-1
            answ(j)=fitnes(pop(j,:));
        end;
        [best_chrom num]=max(answ);
        best_chrom
        if best_chrom>dynam(l-1)
            k=k+1;
            CHROMO(k,:)=pop(num,:);
        end;
        dynam(l)=best_chrom;
        % селекція хромосоми
        [pop(1:size_pop,:) answ(1:size_pop)]=select(pop, answ,
        size_pop);
    end;
    plot(1:k,dynam);
end;

bound.m % Підпрограма визначення діапазону
змін параметрів функцій належності
function interval=bound(Fis,i)
bound_m=Fis.input(i).range;
bound_c=[Fis.input(i).mf(1).params(1)/2.5
2.5*Fis.input(i).mf(1).params(1)];
interval=[bound_m;bound_c];

gen_pop.m % Підпрограма генерації популяції
параметрів
function pop=gen_pop(N)
```

```

global fis fd
for i=1:N
    l=1;l1=0;
    for j=1:length(fis)
        for k=1:length(fis(j).input)
            l1=l1+2*length(fis(j).input(k).mf);
            pop(i,l1)=pop_input(fis(j),k);
            l=l1+1;
        end;
    end;
end;
t=l1+2*length(fd.input(5).mf);
for i=1:N
    pop(i,l1+1:t)=pop_input(fd,5);
end;
for i=1:N
    pop(i,t+1:t+94)=rand_flo(94,[0 1]); end;

pop_input.m % генерація функцій належності
function pop=pop_input(Fis,i)
% pop- частина хромосоми
% fis - база знань
% i - номер входу
inter=bound(Fis,i);
kol_term=length(Fis.input(i).mf);
pop(1:kol_term)=rand_flo(kol_term,inter(1,:));
pop(kol_term+1:2*kol_term)=rand_flo(kol_term,inter(2
,:));
pop=proverka(pop);

rand_flo.m % повертає одновимірний масив
раціональних випадкових чисел у діапазоні bound
function rm=rand_flo(size, bound)
rm=(bound(2)-bound(1))*rand(1,size)+bound(1);

rand_int.m % повертає одновимірний масив цілих
випадкових чисел у діапазоні bound
function rm=rand_int(size, bound)
rm=round( (bound(2)-bound(1))*rand(1,size)+bound(1)
);

proverka.m % упорядкування параметрів термів
function pop=proverka(chrom)
kol_m=length(chrom)/2;
[pop(1:kol_m) index]=sort(chrom(1:kol_m));

```

```

for i=1:kol_m
    pop(i+kol_m)=chrom(kol_m+index(i));
end;

fitnes.m % Підпрограма оцінки функції
відповідності
function [answer,d]=fitnes(pop)
global data fis fd fz r_w d
l=1;
for i=1:length(fis)
    for j=1:length(fis(i).input)
        kol=length(fis(i).input(j).mf);
        for k=1:kol
            fis(i).input(j).mf(k).params=[pop(l+kol) pop(l)];
            l=l+1;
        end;
        l=l+kol;
    end;
end;
kol=length(fd.input(5).mf);
for i=1:kol
    fd.input(5).mf(i).params=[pop(l+kol) pop(l)];
    l=l+1; end;
l=l+kol;
for i=1:length(fis)
    for j=1:length(fis(i).rule)
        fis(i).rule(j).weight=pop(l);
        l=l+1;
    end;
end;
for i=1:length(fd.rule)
    fd.rule(i).weight=pop(l);
    l=l+1;
end;
for i=1:length(fz.rule)
    fz.rule(i).weight=pop(l);
    l=l+1;
end;
total=length(data)
for i=1:total
    m=evalfis(data(i,1:6),fis(1));
    n=evalfis(data(i,7:13),fis(2));
    y=evalfis(data(i,14:18),fis(3));
    w=evalfis(data(i,19:20),fis(4));
    v=evalfis(data(i,21:22),fis(5));

```

```

z=evalfis([m n],fz);
d(i)=evalfis([z y w v data(i,23)],fd);
end;
answer=-sum((d-data(:,24)).^2);

% Підпрограма операції схрещування
cross_chrom.m % Операція схрещування для частин
хромосоми
function [ch1, ch2]=cross_chrom(par1, par2)
global r_mf r_w
for i=1:length(r_mf)-1
    [ch1(r_mf(i)+1:r_mf(i+1))
ch2(r_mf(i)+1:r_mf(i+1))]=crossover(par1(r_mf(i)+1:r_
mf(i+1)),
par2(r_mf(i)+1:r_mf(i+1)));
end;
for i=1:length(r_w)-1
    [ch1(r_w(i)+1:r_w(i+1))
ch2(r_w(i)+1:r_w(i+1))]=crossover_w(par1(r_w(i)+1:r_
_w(i+1)),
par2(r_w(i)+1:r_w(i+1)));
end;

crossover.m % поєднує частини хромосоми
function [chr1, chr2]=crossover(par1, par2);
lam=rand_flo(1,[0 1]);
chr1=lam*par1+(1-lam)*par2;
chr2=lam*par2+(1-lam)*par1;
chr1=proverka(chr1);
chr2=proverka(chr2);

crossover_w.m % поєднує частини ваг правил
function [chr1, chr2]=crossover_w(par1, par2)
lam=rand_flo(1,[0 1]);
chr1=lam*par1+(1-lam)*par2;
chr2=lam*par2+(1-lam)*par1;

% Підпрограма операції мутації
mut_crom.m % Операція мутації для частин
хромосоми
function out_chr=mut_chrom(in_chr,boun);
global r_mf r_w
l=1;
out_chr=in_chr;

```

```

for i=1:length(r_mf)-1
out_chr(r_mf(i)+1:r_mf(i+1))=mutation(in_chr(r_mf(i)+
1:r_mf(i+1)), boun(1:2,l:l+1));
    l=l+2;
end;
for i=1:length(r_w)-1
out_chr(r_w(i)+1:r_w(i+1))=mutation_w(in_chr(r_w(i)+
1:r_w(i+1)));
end;

mutation.m % поєднує частини хромосоми
function out_chrom=mutation(in_chrom,bound)
% out_chrom - вихідна хромосома
% fis - база знань
% i - номер входу
% in_chrom - вхідна хромосома
kol_m=length(in_chrom)/2;
out_chrom=in_chrom;
num_m=rand_int(1,[1 kol_m]);
num_c=rand_int(1,[kol_m 2*kol_m]);
out_chrom(num_m)=rand_flo(1,bound(1,:));
out_chrom(num_c)=rand_flo(1,bound(2,:));
out_chrom=proverka(out_chrom);

mutation_w.m % поєднує частини ваг правил
function out_chrom=mutation_w(in_chrom);
kol_w=length(in_chrom);
out_chrom=in_chrom;
num_w=rand_int(1,[1 kol_w]);
out_chrom(num_w)=rand_flo(1,[0 1]);

select.m % Підпрограма селекції хромосоми
function [new_pop, new_fitnes]=select(big_pop, fitnes,
pop_size)
[num_chromo, num_gen]=size(big_pop);
new_fitnes(1:pop_size)=0;
new_pop=zeros(pop_size, num_gen);
[fit in]=sort(-fitnes);
for i=1:pop_size
    new_pop(i,:)=big_pop(in(i),:);
    new_fitnes(i)=fitnes(in(i));
end;

denismf.m % Підпрограма побудови функцій
належності

```



```
function y=denismf(x,params)
%DENISMF -
y=1./(1+((x-params(2))./params(1)).^2);
```

rul.m % Підпрограма визначення ваг правил

```
fm=readfis('fm.fis');
fn=readfis('fn.fis'); fy=readfis('fy.fis');
fw=readfis('fw.fis'); fv=readfis('fv.fis');
fz=readfis('fz.fis'); fd=readfis('fd.fis');
fis=[fm fn fy fw fv];
l=1;
for i=1:length(fis)
    for j=1:length(fis(i).rule)
        t(l)=fis(i).rule(j).weight;
        l=l+1;
    end;
end;
for i=1:length(fd.rule)
    t(l)=fd.rule(i).weight;
    l=l+1;
end;
for i=1:length(fz.rule)
    t(l)=fz.rule(i).weight;
    l=l+1;
end;
```

gra.m % Підпрограма побудови графіка оцінки розбіжностей при розрахунку курсу валют моделі до налагодження

```
data=load('data.dat');
fm=readfis('fm.fis');
fn=readfis('fn.fis'); fy=readfis('fy.fis');
fw=readfis('fw.fis'); fv=readfis('fv.fis');
fz=readfis('fz.fis'); fd=readfis('fd.fis');
FIS=[fm fn fy fw fv fd];
for i=1:length(data)
    m=evalfis( data(i,1:6), FIS(1) );
    n=evalfis( data(i,7:13), FIS(2) );
    y=evalfis( data(i,14:18),FIS(3) );
    w=evalfis( data(i,19:20),FIS(4) );
    v=evalfis( data(i,21:22),FIS(5) );
    z=evalfis([m n],fz);
    d(i)=evalfis([z y w v data(i,23)],FIS(6));
end;
d1=(data(:,24))';
```

```
plot(1:length(data),d,'ks-')
hold on
plot(1:length(data),(data(:,24)),'bd-');
legend('розраховане','експериментальне');
xlabel('події');
ylabel('d');
ylim([-3 4.5]);
sqrt(sum(d-data(:,24)).^2)/length(data)
```

graf_new.m % Підпрограма побудови графіка оцінки розбіжностей при розрахунку курсу валют моделі після налагодження

```
data=load('data.dat');
fm1=readfis('fm1.fis');
fn1=readfis('fn1.fis'); fy1=readfis('fy1.fis');
fw1=readfis('fw1.fis'); fv1=readfis('fv1.fis');
fz1=readfis('fz1.fis'); fd1=readfis('fd1.fis');
fis=[fm1 fn1 fy1 fw1 fv1];
total=length(data);
for i=1:total
    m=evalfis(data(i,1:6),fis(1));
    n=evalfis(data(i,7:13),fis(2));
    y=evalfis(data(i,14:18),fis(3));
    w=evalfis(data(i,19:20),fis(4));
    v=evalfis(data(i,21:22),fis(5));
    z=evalfis([m n],fz1);
    d(i)=evalfis([z y w v data(i,23)],fd1);
end;
plot(1:43,d(1:43),'ks-');
hold on
plot(1:43,data(1:43,24),'bd-');
ylim([-3 4.5]);
plot(43:46,d(43:46),'k-');
plot(43:46,data(43:46,24),'b-');
xlim([0 46]);
legend('розраховане','експериментальне');
xlabel('події');
ylabel('d');
```

plo.m % Підпрограма побудови графіків функції належності моделі після налагодження

```
% ФН для вихідної змінної моделі, для інших ФН
треба змінити базу знань fis
fis=readfis('fd1.fis');
for j=1:length(fis.input)
```

```

rang=fis.input(j).range;
h=(rang(2)-rang(1))/30;
x=rang(1):h:rang(2);
for k=1:length(fis.input(j).mf)
    for i=1:length(x)
        y(k,i)=denismf(x(i),fis.input(j).mf(k).params);
    end;
end;
figure(j)
plot(x,y)
if j==1 gtext('x21')
elseif j==2 gtext('x22')
elseif j==3 gtext('x16')
elseif j==4 gtext('x17')
elseif j==5 gtext('x23')
elseif j==6 gtext('x12')
else gtext('x13')
end;
xlim([rang(1) rang(2)]);
x=[];
end;

```

прогноз.m % Програма прогнозування валютного курсу

% Дата 02.02.2002 на 22.03.2002

```

x1=46000;
x2=100.8;
x3=12.5;
x4=3000;
x5=58;
x6=9900;
x7=18.4;
x8=4500;
x9=4250;
x10=200;
x11=18.00;
x12=40;
x13=65;
x14=55;
x15=63;
x16=60;
x17=85;
x18=50;
x19=45;
x20=58;

```

```

x21=88;
x22=72;
x23=30;
data=[x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10 x11 x12 x13 x14
x15 x16 x17 x18 x19 x20 x21 x22 x23];
fm1=readfis('fm1.fis');
fn1=readfis('fn1.fis'); fy1=readfis('fy1.fis');
fw1=readfis('fw1.fis'); fv1=readfis('fv1.fis');
fz1=readfis('fz1.fis'); fd1=readfis('fd1.fis');
fis=[fm1 fn1 fy1 fw1 fv1];
m=evalfis(data(1,1:6),fis(1));
n=evalfis(data(1,7:13),fis(2));
y=evalfis(data(1,14:18),fis(3));
w=evalfis(data(1,19:20),fis(4));
v=evalfis(data(1,21:22),fis(5));
z=evalfis([m n],fz1);
d=evalfis([z y w v data(1,23)],fd)

```

Додаток Е

Результати налагодження моделі

Таблиця Е.1 – Параметри функцій належності змінної x_1

Терми Параметри	ДН		С		СТ		ВС		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	15	2	25	4	35	5	47	5	58	4
після налагодження	28,3	6,1	29,5	4,21	35,3	5,84	42,9	5,80	45,8	4,1

Таблиця Е.2 – Параметри функцій належності змінної x_2

Терми Параметри	Н		НО		В		ДВ		К	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	30	19	70	35	120	25	170	25	240	30
після налагодження	93,7	25,6	94,7	25,0	96,1	17,5	97,3	22,3	102	27,1

Таблиця Е.3 – Параметри функцій належності змінної x_3

Терми Параметри	Н		С		ВС		В		ДВ	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	5	3	15	3	25	5	40	4	50	3
після налагодження	27,6	4,47	38,5	6,89	41,2	4,87	44,2	7,44	46,9	4,60

Таблиця Е.4 – Параметри функцій належності змінної x_4

Терми Параметри	ДН		Н		СТ		С		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	500	80	900	200	1000	100	2100	300	3400	250
після налагодження	1063	294	1286	376	2058	374	2358	327	2583	237

Таблиця Е.5 – Параметри функцій належності змінної x_5

Терми Параметри	Н		НО		П	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	20	50	20	100	20
після налагодження	43,301	6,832	47,084	6,797	53,781	6,509

Таблиця Е.6 – Параметри функцій належності змінної x_6

Терми Параметри	ДН		СТ		ДВ	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	2000	1700	10000	1500	20000	2000
після налагодження	9240,96	1268,25	10007,99	1077,191	10959,18	910,329

Таблиця Е.7 – Параметри функцій належності змінної x_7

Терми Параметри	Н		С		BC		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	15	2	25	4	40	5	50	3
після налагодження	16,67	1,363	17,64	1,04	18,62	0,91	19,45	1,24

Таблиця Е.8 – Параметри функцій належності змінної x_8

Терми Параметри	Н		СТ		С		BC		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	1	3	1	5	2	7	2	9	1
після налагодження	3,64	0,19	4,31	0,18	4,38	0,31	4,67	0,21	4,82	0,20

Таблиця Е.9 – Параметри функцій належності змінної x_9

Терми Параметри	Н		СТ		С		BC		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	1	5	3	9	2	12	2	15	1
після налагодження	4,16	0,12	4,44	0,17	4,64	0,16	4,88	0,21	5,03	0,22

Таблиця Е.10 – Параметри функцій належності змінної x_{10}

Терми Параметри	Н		С		BC		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	100	60	300	150	600	130	950	150
після налагодження	108,4	63,20	166,7	55,40	187,6	54,13	250,5	45,42

Таблиця Е.11 – Параметри функцій належності змінної x_{11}

Терми Параметри	ДН		Н		С		BC		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	2	4	12	7	25	8	37	5	47	4
після налагодження	10,6	2,63	13,1	3,34	15,1	3,45	18,0	3,71	20,0	2,86

Таблиця Е.12 – Параметри функцій належності змінної x_{12}

Терми Параметри	Н		НО		П	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	3	18	50	22	100	19
після налагодження	24,319	10,165	38,738	14,381	51,666	12,873

Таблиця Е.13 – Параметри функцій належності змінної x_{13}

Терми Параметри	Н		НО		П	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	3	18	50	22	100	19
після налагодження	40,759	13,350	50,039	18,993	56,867	15,637

Таблиця Е.14 – Параметри функцій належності змінної x_{14}

Терми Параметри	Ж		З		В	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	100	15	50	25	1	15
після налагодження	28,923	5,714	42,963	8,058	50,441	8,536

Таблиця Е.15 – Параметри функцій належності змінної x_{15}

Терми Параметри	Н		СТ		П	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	3	18	50	20	100	118
після налагодження	44,670	7,737	50,702	7,792	61,211	9,139

Таблиця Е.16 – Параметри функцій належності змінної x_{16}

Терми Параметри	Н		СТ		П	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	3	18	50	20	100	18
після налагодження	30,708	12,856	42,801	12,930	55,546	7,763

Таблиця Е.17 – Параметри функцій належності змінної x_{17}

Терми Параметри	МЗ		СТ		ВВ	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	10	18	50	25	100	15
після налагодження	21,930	11,244	29,192	11,221	34,057	14,052

Таблиця Е.18 – Параметри функцій належності змінної x_{18}

Терми Параметри	Н		М		П	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	20	50	25	100	15
після налагодження	45,917	7,044	59,858	7,561	65,796	7,017

Таблиця Е.19 – Параметри функцій належності змінної x_{19}

Терми Параметри	С		СТ		СР		ВС		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	10	25	8	60	15	85	15	100	10
після налагодження	25,2	2,51	44,8	2,52	47,4	2,54	50,6	2,49	53,7	2,00

Таблиця Е.20 – Параметри функцій належності змінної x_{20}

Терми Параметри	С		СТ		СР		ВС		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	10	25	8	60	15	85	15	100	10
після налагодження	40,5	2,74	42,4	6,50	46,0	5,02	51,2	2,72	57,6	2,28

Таблиця Е.21 – Параметри функцій належності змінної x_{21}

Терми Параметри	Е		М		Н	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	10	50	20	100	10
після налагодження	13,40	10,67	29,05	10,95	78,49	9,40

Таблиця Е.22 – Параметри функцій належності змінної x_{22}

Терми Параметри	Н		НО		С	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	10	50	25	100	10
після налагодження	71,44	5,28	80,95	8,09	83,46	7,18

Таблиця Е.23 – Параметри функцій належності змінної x_{23}

Терми Параметри	1М		2М		3М	
	b	c	b	c	b	c
до налагодження	1	20	50	20	100	20
після налагодження	55,53	16,96	81,97	20,17	93,71	33,33

Таблиця Е.24 – Параметри функцій належності змінних z, m, n, y, w, v

Терми Параметри	Н		НС		С		ВС		В	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	15	10	35	10	55	10	75	10	95	10
після налагодження:										
змінної z	0	10,6	25,3	10,6	50	10,6	75	10,6	99,7	10,6
змінної m	0	10,6	25	10,6	50,1	10,6	75	10,6	100	10,6
змінної n	0	10,6	25	10,6	50	10,6	75	10,6	100	10,6
змінної y	0	10,6	25	10,6	50	10,6	75	10,6	100	10,6
змінної w	0,52	10,6	25	10,6	50	10,6	75	10,6	99,7	10,6
змінної v	0	10,6	25	10,6	50	10,6	75	10,6	100	10,6

Таблиця Е.25 – Параметри функцій належності вихідної змінної d

Терми Параметри	d_1		d_2		d_3		d_4		d_5	
	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
до налагодження	45	15	20	14	0	10	-9	7	-18	7
після налагодження	7	1,27	4,03	1,27	1,03	1,27	-1,9	1,27	-4,9	1,27

Таблиця Е.26 – Ваги правил після налагодження

W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉	W ₁₀
0,268	0,442	0,136	0,655	0,480	0,642	0,482	0,499	0,446	0,815
W ₁₁	W ₁₂	W ₁₃	W ₁₄	W ₁₅	W ₁₆	W ₁₇	W ₁₈	W ₁₉	W ₂₀
0,381	0,518	0,567	0,383	0,659	0,798	0,578	0,348	0,206	0,203
W ₂₁	W ₂₂	W ₂₃	W ₂₄	W ₂₅	W ₂₆	W ₂₇	W ₂₈	W ₂₉	W ₃₀
0,234	0,529	0,442	0,418	0,738	0,714	0,349	0,739	0,791	0,772
W ₃₁	W ₃₂	W ₃₃	W ₃₄	W ₃₅	W ₃₆	W ₃₇	W ₃₈	W ₃₉	W ₄₀
0,548	0,582	0,286	0,599	0,326	0,486	0,584	0,667	0,751	0,726
W ₄₁	W ₄₂	W ₄₃	W ₄₄	W ₄₅	W ₄₆	W ₄₇	W ₄₈	W ₄₉	W ₅₀
0,611	0,780	0,424	0,321	0,309	0,267	0,737	0,177	0,301	0,586
W ₅₁	W ₅₂	W ₅₃	W ₅₄	W ₅₅	W ₅₆	W ₅₇	W ₅₈	W ₅₉	W ₆₀
0,623	0,354	0,666	0,422	0,787	0,447	0,783	0,786	0,461	0,640
W ₆₁	W ₆₂	W ₆₃	W ₆₄	W ₆₅	W ₆₆	W ₆₇	W ₆₈	W ₆₉	W ₇₀
0,357	0,473	0,166	0,344	0,498	0,467	0,444	0,803	0,614	0,169
W ₇₁	W ₇₂	W ₇₃	W ₇₄	W ₇₅	W ₇₆	W ₇₇	W ₇₈	W ₇₉	W ₈₀
0,394	0,631	0,551	0,771	0,134	0,423	0,544	0,540	0,526	0,633
W ₈₁	W ₈₂	W ₈₃	W ₈₄	W ₈₅	W ₈₆	W ₈₇	W ₈₈	W ₈₉	W ₉₀
0,646	0,491	0,666	0,852	0,336	0,641	0,451	0,196	0,545	0,359
W ₉₁	W ₉₂	W ₉₃	W ₉₄						
0,612	0,626	0,381	0,662						

Наукове видання

Козловський Сергій Володимирович
Козловський Володимир Олександрович

**МАКРОЕКОНОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛЮТНОГО КУРСУ В УКРАЇНІ**

Монографія

Відповідальний редактор Н.М. Космина
Оригінал-макет підготовлений авторами

Видавництво «Книга-Вега»
ВАТ «Вінницька обласна друкарня»
Реєстраційне свідоцтво
Серія ДК № 173 від 12.09.2000

Підписано до друку 16.12.2004.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум.-друк. арк. 13,95.
Наклад 1000 прим. Зам. № 9.

Віддруковано у ВАТ «Вінницька обласна друкарня»
21050, м. Вінниця, вул. Київська, 4,
Тел.: (0432) 55-41-29
Тел./факс: (0432) 52-01-78

-
- ¹ Ющенко В.А., Міщенко В.І. Валютне регулювання: Навч. посіб. - К.: Т-во "Знання", 1999. - 359 с.
- ² Джордж Сорос "Алхимия финансов": Научное издание. - М.: Инфра-М, 1998. - 416 с.
- ³ Козловський С.В. Нечітка логіка в економічному моделюванні // Збірник наукових праць по матеріалах міжнародної науково-практичної конференції "Україна на порозі ХХІ століття: Економіка, Державність". - Том 1. - Вінниця: Арбат. - 2000. - С. 186-190.
- ⁴ Абчук В.А. Экономико-математические методы: Элементарная математика и логика. Методы исследования операций. - Спб.: Союз, 1999. – 320 с.
- ⁵ Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. - К.: Техника, 1975. - 372 с.
- ⁶ Козловський С.В. Математичне моделювання економічних процесів на основі теорії рефлексивності: Дис. магістерська робота: 8.091402. - Вінниця.: ВДТУ, 2000. - 160 с.
- ⁷ Бесєдін В.Ф. Проект Закону України "Про державне прогнозування, планування і розробку програм економічного і соціального розвитку України та її регіонів": Уточнений за зауваженнями Мінекономіки України та інших організацій. - К.: НДЕІ Мінекономіки України, 1996. 11 с.
- ⁸ Глівенко С.В., Соколов М.О., Теліженко О.М. Економічне прогнозування: Навчальний посібник. - 2-ге вид., перероб. та доп. - Суми: Видавництво "Університетська книга", 2001. - 207 с.
- ⁹ Вишневі С.М. Основы комплексного прогнозирования. - М.: Наука, 1977. - 287 с.
- ¹⁰ Калина А.В., Конєва М.И., Ященко В.А. Современный экономический анализ и прогнозирование (микро- и макроуровень): Учеб. - метод. пособие. - 2-е изд. - К.: МАУП, 1998. - 272 с.

-
- ¹¹ Глівенко С.В., Соколов М.О., Тележко О.М. Економічне прогнозування: Навч. посіб. для студентів вузів. - Суми: ВПП "Мрія-1" ЛТД, 2000. - 120 с.
- ¹² Емельянов А.С., Беседин В.Ф., Климченко Г.Д. Региональная экономика: Планирование, прогнозирование, управление. - К.: Наукова думка, 1989. - 279 с.
- ¹³ Чейз Ричард Б., Эквилайн, Николас, Дж., Якобс, Роберт, Ф. Производственный и операционный менеджмент, 8-е издание: Пер. с англ.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 704 с. С.409.
- ¹⁴ Месхия Л.Е. Вопросы методологии регионального экономического прогнозирования. - М.: Наука, 1983. - 163 с.
- ¹⁵ Основы экономического и социального прогнозирования: Учебник для вузов /Под. ред. В.Н. Мосина, Д.М. Крука. - М.: Высшая школа, 1985. – 200 с.
- ¹⁶ Козловський В.О., Козловський С.В. Сучасна класифікація методів прогнозування економіки // Економіка: проблеми теорії та практики. Випуск 141. - Дніпропетровськ: ДНУ. - 2002. - С.168-172.
- ¹⁷ Панасюк Б.Я. Прогнозування та регулювання розвитку економіки. - К.: Поліграфкнига, 1998. - 304 с.
- ¹⁸ Методы принятия решений /Пер. с англ. под. ред. И.И. Елисейевой. - М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. - 590 с.
- ¹⁹ Горелова В.Л., Мельникова Е.Н. Основы прогнозирования систем: Учеб. пособ. для вузов. - М.: Высшая школа, 1986. - 287 с.
- ²⁰ Теория прогнозирования и принятия решений. - М.: Высшая школа, 1977. - 352 с.
- ²¹ Трояновский В.М. Математическое моделирование в менеджменте: Учебное пособие. - М.: Русская Деловая Литература, 1999. - 240 с.
- ²² Геєць В., Скрипниченко М., Соколик М., Шумська С. Секторальні макромоделі прогнозування економіки України // Економіст. - 1998. - № 5. - С. 58-67.

-
- ²³ Лукінов І., Бакаєв О., Бондаренко Г. Системи макроеконометричних моделей прогнозування економіки України // Економіст. - 1998. - № 5. - С. 38-46.
- ²⁴ Горбулін В., Михалевич М., Сергиєнко І.О. О некоторых проблемах и результатах финансового и бюджетного прогнозирования в условиях переходной экономики // Экономика Украины. - 1997. - № 2. - С. 31-40.
- ²⁵ Гуляницький Л., Сергієнко І., Панасюк Б. Розробка моделей середньострокового прогнозування ВВП України // Економіст. - 1998. - № 5. - С. 68-72.
- ²⁶ Гроші та кредит: Підручник / За ред. проф.Б.С.Івасіва. – К.: КНЕУ, 1999. – 404 с.
- ²⁷ Філіпченко А.С. Прогнозування валютних курсів // Фінанси України. - 1996. - № 5. - 120 с.
- ²⁸ Козловський С.В. Класичні методи прогнозування валютного курсу в сучасній ринковій економіці // В збірнику матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної конференції вчених, викладачів та практичних працівників “Розвиток фінансової системи України в умовах ринкових трансформацій”, Том 1.–Вінниця: ВІЕ ТАНГ, „Ландо Лтд”, 2004.–365 с. С 283-289.
- ²⁹ С.В. Козловський. Прогнозування валютного курсу як інструмент зменшення ризику підприємств, що здійснюють зовнішньоекономічну діяльність // Збірник матеріалів науково-практичної конференції "Промисловий потенціал Вінниччини: сучасний стан та перспективи розвитку". - Вінниця: Зодчий. - 2002. - 303 с., С. 257-261.
- ³⁰ Журавка Ф.О., Русаненко І.С. Прогнозування валютного курсу як один з інструментів хеджування валютного ризику // Фінанси України. – 2000. - № 9. - С. 49-58.
- ³¹ Макроекономічне моделювання та короткострокове прогнозування / За ред. І.В. Крючкової. - Харків: Форт, 2000. - 336 с.
- ³² Ткаченко І.С., Григор'єва Т.В. Економіко-математичне моделювання структури бізнесу сфери послуг на регіональному рівні. Монографія. - Тернопіль: Економічна думка 1999, с. 152.

-
- ³³ Duesenberry J.S., Eckstein O. and Fromm G. "Simulation of the United States Economy in Recessin" // *Econometrica*. - 1960. - № 28. - PP.749-809.
- ³⁴ Корольов О.А. Економетрія. Навчальний посібник: КНТУ. – К., 2000. – 660 с.
- ³⁵ Емельянов А.С., Беседин В.Ф., Бондарь И.К. Прогнозирование показателей с помощью моделей. - К.: Наукова думка, 1984. - 316.
- ³⁶ Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. - М.: Прогресс, 1978.
- ³⁷ Козловский С.В. Нечеткая логика – новый инструмент для моделирования экономических ситуаций в бизнесе // *Материалы научно-практического семинара “Современный бизнес: проблемы, тенденции, перспективы”*. - Донецк: Бизнес-альянс Донбасса. - 2001. - С. 36-38.
- ³⁸ Козловський С.В., Мороз О.В. Система підтримки прийняття рішень на валютному ринку України // *Економіка: проблеми теорії та практики*. Випуск 129. - Дніпропетровськ: ДНУ. - 2002. - С. 120-130.
- ³⁹ Фирма “Тора-Центр” Россия, <http://www.tora-centre.ru>
- ⁴⁰ Использование fuzzy - логики в сфере бизнеса и финансов. Элект. вариант - <http://www.ipclub.ru/users/fuzzy/biznes.htm>
- ⁴¹ Геец В.М. Прогнозирование динамики и структуры общественного производства союзной республики. - К.: Наукова думка, 1987. - 270 с.
- ⁴² Лук’яненко І.Г., Городніченко Ю.О. Сучасні економетричні методи у фінансах. Навчальний посібник. – К.: Літера ЛТД, 2002. – 352 с.
- ⁴³ Р. Беллман, Л. Заде "Вопросы принятия решений в расплывчатых условиях", М.: Мир, 1976.
- ⁴⁴ Орлов А.И. Задачи оптимизации и нечеткие переменные. - М.: Знание 1980. - 53 с.
- ⁴⁵ Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. - М.: Радио и связь, 1982. - 432 с.

-
- ⁴⁶ Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. - 167 с.
- ⁴⁷ Yager R.R., Filev D.P. Essentials of Fuzzy Modelling and Control. – 5 John Willey & Sons. – 1994. – 388 p.
- ⁴⁸ Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Наука, 1986. - 312 с.
- ⁴⁹ Ротштейн А.П. Медицинская диагностика на нечеткой логике. - Винница: Континент-Прим, 1996. - 132 с.
- ⁵⁰ Ротштейн О.П., Ларюшкін Є.П., Кательніков Д.І. Багатофакторний аналіз технологічного процесу бюконверсії на основі на лінгвістичної інформації // Вісник ВПІ. - 1997. - №3. - С. 38-45.
- ⁵¹ Ротштейн О.П., Жупанова М.О., Шеверда В.М. Диференційна діагностика ішемічної хвороби серця на основі нечіткої логіки // Вісник ВПІ. - №3. - 1994. - С. 32-38.
- ⁵² Ротштейн О.П., Єгоров С.О., Черноволик Г.О. Оцінка якості дипломного проектування на основі нечіткої логіки // Вісник ВПІ. - 1995. - №4(9). - С. 52-58.
- ⁵³ Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. - К.: Наукова думка, 1993. - 180 с.
- ⁵⁴ Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. – М.: Наука, 1984. - 320 с.
- ⁵⁵ Ротштейн О.П., Петух А.М., Петренко М.І., Войтко В.В. Варіантний аналіз на базі нечітких парних порівнянь: методика та застосування на прикладі порівняння семіотичних систем // Вимірювальна обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. - №2. - С. 17-24.
- ⁵⁶ Штейнберг Ш.Е. Идентификация в системах управления. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 81 с.

-
- ⁵⁷ Хейс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях. - М.: Знание, 1988. - 182 с.
- ⁵⁸ Василевич Е.Р., Войтенко П.О. Управление технологическими процессами по переработке биологических продуктов. - К.: Наукова думка, 1988. - 370 с.
- ⁵⁹ Системи функції-керування /В.І. Архангельський, І.М. Богаєнко, Г.Г. Грабовський, М.О. Рюмшин. - К.: Техніка, 1997. - 208 с.
- ⁶⁰ Козловський С.В., Кветний Р.Н. Алгоритм побудови економічної моделі, яка заснована на теорії нечіткої логіки // Тези студентських доповідей, рекомендованих до опублікування ХХІХ науково-технічної конференції ВДТУ. - Вінниця: ВДТУ. - 2000. - С. 24.
- ⁶¹ Zimmermann H.-J. Fuzzy Set Theory – and Its Applications. - Kluwer: Dordrecht. - 1991. - 315 p
- ⁶² Ротштейн О.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. - Вінниця: “Універсум-Вінниця”, 1999. - 320 с.
- ⁶³ Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. - Харьков: Основа, 1997. - 212 с.
- ⁶⁴ Holland Adaptation in Natural and Artificial Systems, New York, 1975.
- ⁶⁵ Растрингин Л.А. Этот случайный, случайный, случайный мир. - М.: Молодая гвардия, 1974. - 207 с.
- ⁶⁶ Растрингин Л.А. Случайный поиск. - М.: Знание, 1979. - 64 с.
- ⁶⁷ Gen M., Cheng R. Genetic Algorithms and Engineering Design. - John Wiley & Sons, New York, 1997. - 352 p.
- ⁶⁸ Tang K.S., Man K.F., Kwong S., He Q. Genetic Algorithms and their Applications // IEEE Signal Processing Magazine. - 1996. - Nov. - P. 22 -36.
- ⁶⁹ Лоленко О.М. Огляд, класифікація та аналіз факторів, що впливають на валютний курс // Економіка: проблеми теорії та практики. Випуск 99. - Дніпропетровськ: ДНУ. - 2000. - С. 84-89.

-
- ⁷⁰ Наговицин А.Г., Иванов В.В. Валютный курс. Факторы. Динамика. Прогнозирование. - М.: Инфра-М, 1995. - 176 с.
- ⁷¹ Кветний Р.Н., Козловський С.В. Математичне моделювання стану валютного ринку, на основі нечіткої логіки // Вісник ВПІ. - 2001. - № 2(35). - С. 47-58.
- ⁷² П.Х. Линдерт Экономика мирохозяйственных связей. М.:1992.
- ⁷³ ЛэттерТ. Выбор режима валютного курса. - Лондон: Центр по изучению деятельности центральных банков Англии, 1996. - 33 с.
- ⁷⁴ Гальчинский А.С. Теорія грошей. - К.: Основи, 1996. - 413 с.
- ⁷⁵ Пашута М.Т., Калина А.В. Прогнозування та макроекономічне планування: Навч. посібник. - К.: МАУП, 1998. - 192 с.
- ⁷⁶ Юрчишин В.В. Валютні кризи / Монографія. - К.: УАДУ при Президентові України, 2000. - 204 с.
- ⁷⁷ Rivera-Batiz F.L., Rivera-Batiz L.A. International Finance and Open Economy Macroeconomics. - Macmillan Publishing Co., 1994.
- ⁷⁸ Галь В. Через падіння до стабілізації. Особливості розвитку валютного ринку України в 1998 році // Вісник НБУ. - 1999. - №3. - С.15-18.
- ⁷⁹ УФС, інформаційне агентство України, Київ: <http://www.ufs.kiev.ua>
- ⁸⁰ Сервер Національного Банку України: <http://www.bank.gov.ua>
- ⁸¹ Лютий О.І. Грошово-кредитна політика та її реалізація в Україні // Фінанси України. - 2000. - №1. - С. 20-24.
- ⁸² Інформаційний проект «Фінанси», Київ: <http://www.currency.kiev.ua>
- ⁸³ М. Мельничук, І. Крючкова Реальний ефективний обмінний курс гривні: тенденції та перспективи // Вісник НБУ. - 2002. - № 7. - С. 33-35
- ⁸⁴ Илларионов А. Как был организован российский финансовый кризис // Вопросы экономики. - 1998. - № 12.
- ⁸⁵ Журнал «Экономика тенденции недели», еженедельный аналитический обзор, совместный продукт УНИАН и Центра Антикризовых исследований, Киев: <http://www.niss.gov.ua>

⁸⁶ Сервер Міністерства економіки: <http://www.me.gov.ua>

⁸⁷ Козловський В.О., Дмитрієв С.Д. Економічна доцільність залучення інвестицій у промисловість Вінницької області // Вісник ВПІ. - 2001. - №2(35). - С. 59-67.

⁸⁸ Гаврилук О.В. Іноземні інвестиції. - К.: Інститут світової економіки і міжнародних відносин НАН України, 1998. - 200 с.

⁸⁹ Сервер Посольства України в Польщі: <http://www.ukraine-poland.com>

⁹⁰ Іноземні інвестиції в економіці України: динаміка та структура // Моніторинг інвестиційної діяльності. - 2000. - № 1.

⁹¹ Офіційний інтернет проект Фінанси України: <http://www.finance.com.ua>

⁹² Цеттельмейер Д., Ситрин Д. Стабилизация: сравнение политики фиксированных и плавающих обменных курсов: Курс по финансовому программированию и макроэкономической политике. - Т.3. - 1998.

⁹³ Шмырева А.И., Колесников В.И., Климов А.Ю. Международные валютно-кредитные отношения. - СПб: Питер, 2002. - 272 с.

⁹⁴ Официальный сайт Лаборатории психологии рефлексивных процессов Института психологии РАН: <http://www.reflexion.ru/>

⁹⁵ Кветний Р.Н., Козловський С.В. Математичне моделювання економічних процесів на основі теорії рефлексивності // Матеріали 5-ї міжнародної науково-технічної конференції "Контроль і управління в складних системах" (КУСС-99). – Вінниця: ВДТУ. – 1999. Т.1. - С. 285.

⁹⁶ Кветний Р.Н., Козловський С.В. Математичне моделювання економічних процесів на основі теорії рефлексивності // Вісник ВПІ. - 1999. - №3(24). - С. 25-31.

⁹⁷ Козловський С.В. Дослідження основ теорії рефлексивності та її відмінностей від існуючих економічних поглядів // В Міжвузівському збірнику наукових праць "Економіка: проблеми теорії та практики". Випуск 25. - Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2000. - С. 72-85.

⁹⁸ Джордж Сорос "Кризис мирового капитализма", Пер. с. англ. - М.: ИНФРА-М, 1999, - XXVI, 262 с.

⁹⁹ Lionel Robbins. An Essay on the Nature and Significance of Economic Science. London: Macmillan. 1969.

¹⁰⁰ Козловский С.В. Анализ теории рефлексивности на валютном рынке // Спец. выпуск журнала "Вестник ВГСИ" по Материалам международного симпозиума "Наука и предпринимательство". - Винница-Львов: ВГСИ, 1999. С. 81.

¹⁰¹ Кветний Р.Н., Козловський С.В. Сучасний підхід до побудови математичних моделей економічних процесів. // "СИЭТ6-99 Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології життєзабезпечення людини": Збірник наукових праць, випуск № 6, - К.: ФАДА, ЛТД, 1999. - С. 66.

¹⁰² Козловский С.В. Разработка структуры модели прогнозирования валютного курса // Материалы IV Международной научной конференции молодых ученых-экономистов "Проблемы обеспечения экономического роста". - Донецк: РИА ДонГТУ, 2001. - С. 24-26.

¹⁰³ Козловський С.В. Прогнозування валютного курсу в Україні на основі нечіткої логіки // Вісник ВПІ. - 2002. - № 3(42). - С. 39-49.

¹⁰⁴ Козловский С.В., Мороз О.В. Разработка структуры модели прогнозирования валютного курса // "Духовное возрождение": сборник научных и научно-прикладных трудов. Белгород, БелГТАСМ, 2002. - 295 с. Выпуск XI и XII., С. 280-288.

¹⁰⁵ Козловський С.В., Козловський В.О., Козловський А.В. Сучасний підхід до прогнозування валютного курсу в Україні // В журналі "Вісник ТУП" № 1, Ч.2, Т.2 (59) – 2004, Технологічний університет Поділля (м. Хмельницький), С. 183-187.

¹⁰⁶ Скидан О.Ю. Автоматизація управління процесом зволоження зерна на основі експертної інформації // Вісник ВПІ. - 2001. - №2. - С. 17-21.

-
- ¹⁰⁷ Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. - М.: Гл. ред. физ.-мат. Лит. - 1990. - 272 с.
- ¹⁰⁸ Системы управления базами данных и знаний. - М.: Финансы и статистика. - 1981. - 352 с.
- ¹⁰⁹ Искусственный интеллект: в 3-х кн., Кн. 1, Системы общения и экспертные системы: Справочник / Под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. - М.: Радио и связь. - 1990. - 368 с.
- ¹¹⁰ Геловани В.А., Ковригин О.В. Экспертные системы в медицине. - М.: Знание, 1987. - 132 с.
- ¹¹¹ Ротштейн А.П., Кательников Д.И. Идентификация нелинейных объектов нечёткими базами знаний // Кибернетика и системный анализ. - 1998. - №5. - С. 53-61.
- ¹¹² Джонс Дж. К. Методы проектирования: Пер. с англ. - 2-е изд., доп. - М.: Мир, 1986. - 326 с.
- ¹¹³ Скофенко А.В. О построении функций принадлежности нечетких множеств, соответствующих количественным экспертным оценкам // Наукоедение и информатика. - К.: Наукова думка. - 1981. - С. 70-79.
- ¹¹⁴ Ротштейн О.П., Васюра А.С., Черноволик Г.О. Ранжування студентів на базі парних порівнянь і нечітких множин // Вісник ВПІ. - 1997. - №2. - С. 93-96.
- ¹¹⁵ Саати Т.Л. Взаимодействие в технических системах //Техническая кибернетика. - 1979. - №. - С. 68-84.
- ¹¹⁶ Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. - М.: Прогресс, 1979. - 503 с.
- ¹¹⁷ Искусственный интеллект: в 3-х кн., Кн. 2 Модели и методы: Справочник / Под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. - М.: Радио и связь, 1990. - 368 с.
- ¹¹⁸ Дюбуа Д. Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике. – М.: Радио и связь, 1990. - 288 с.

-
- ¹¹⁹ Поспелов Д.А. Большие системы. Ситуационное управление. - М.: Знание, 1975. - 64 с.
- ¹²⁰ Искусственный интеллект: в 3-х кн., Кн. 3 Программные и аппаратные средства: Справочник / Под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. – М.: Радио и связь, 1990. - 368 с.
- ¹²¹ Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. - Рига: Зинатне, 1990. - 184 с.
- ¹²² Козловський С.В. Застосування новітніх методів моделювання стану валютного ринку України // Вісник Тернопільської академії народного господарства. - 2001. - № 12. - С. 80-91.
- ¹²³ Логический подход к искусственному интеллекту. - М.: Мир, 1990. - 432 с.
- ¹²⁴ Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А. Системы управления. - К.: Техніка, 1997. - 208 с.
- ¹²⁵ Поспелов Г.С., Поспелов Д.А. Искусственный интеллект – прикладные системы. - М.: Знание, 1985. - 48 с.
- ¹²⁶ Эндрю А. Искусственный интеллект. - М.: Мир, 1985. - 261 с.
- ¹²⁷ Ротштейн О.П., Мітюшкін Ю.І. Нейро-лінгвістична ідентифікація нелінійних залежностей // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. - №4. - С. 5-12.
- ¹²⁸ Ротштейн О.П., Черноволик Г.О., Ларюшкни Е.П. Метод побудови функцій незалежності нечітких множин // Вісник ВПІ. - 1996. - №3. - С. 72-75.
- ¹²⁹ Журнал “Вісник Національного банку України”, № 1-12, 2000 р., № 1-12, 2001 р.
- ¹³⁰ Финансовые новости от ING Bank Ukraine: <http://www.ingfn.com.ua>
- ¹³¹ Козловський С.В. Результати моделювання курсу гривні до долара США // В збірнику матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції “Наука і освіта – 2002”. - Дніпропетровськ: Наука і освіта. - 2002. - Т.11. - С. 13-15.

-
- ¹³² Справочник по математике для вузов / Бронштейн И.Н., Семендяев К.Н. - М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. Литературы. - 1981.
- ¹³³ Ротштейн О.П., Мітюшкін Ю.І. Нейро-лінгвістична ідентифікація нелінійних залежностей // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. - №4. - С. 5-12.
- ¹³⁴ Аведьян Э.Д. Алгоритмы настройки многослойных нейронных сетей // Автоматика и телемеханика. - 1995. - №4. - С. 106-118.
- ¹³⁵ Глушков В.М. / Введение в АСУ. - Киев: Техніка, 1974. - 320 с.
- ¹³⁶ Дубовой В.М., Кветний Р.Н. Програмування персональних комп'ютерів, систем управління. - Вінниця: ВДТУ, 1999. - 110 с.
- ¹³⁷ Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 388 с.
- ¹³⁸ Кузьмин И.В. Оценка эффективности и оптимизации автоматических систем контроля и управления. - М.: Советское радио, 1971.
- ¹³⁹ Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем. - М.: Мир, 1990. - 208 с.
- ¹⁴⁰ Вопросы анализа и процедуры принятия решений. Сборник переводов под ред / Шахнова. - М.: Мир, 1976. - 228 с.
- ¹⁴¹ Олексюк О.С. Системи підтримки прийняття фінансових рішень на мікрорівні. – К.: “Наукова думка”, 1998. - 508 с.
- ¹⁴² Ріппа С.П. Прийняття рішень в економіці на основі комп'ютерних баз знань.-Львів: Каменярь,1997. - 268 с.
- ¹⁴³ Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений. - М.: Экономика, 1984. - 176 с.
- ¹⁴⁴ S.V. Kozlovskiy Forecasting of exchange rate in Ukraine based on fuzzy logic // В зборнике трудов “V международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2002”. - Санкт-Петербург (Россия). - Т.1. - С. 210-213.
- ¹⁴⁵ Малышев Н.Г., Вернштейн Л.С., Боженюк А.В. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. - М.: Энергоиздат, 1991. - 136 с.

¹⁴⁶ Ситник В.Ф., Олексюк О.С. та ін. Система підтримки прийняття рішень. - К.: Техніка, 1995. - 162 с.