

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Факультет прикладної математики

Кафедра прикладної математики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

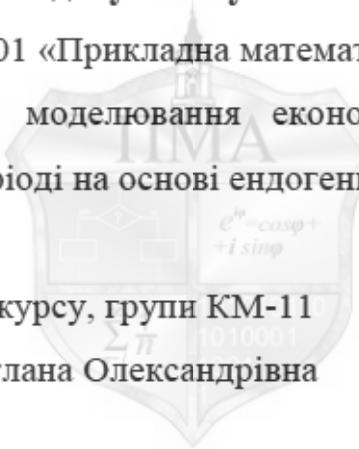
_____ О.Р. Чертов

«____» 2015 р.

**Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 6.040301 «Прикладна математика»

на тему: Підсистема моделювання економічного розвитку України в короткостроковому періоді на основі ендогенної моделі Харрода-Домара



Виконала: студентка 4 курсу, групи КМ-11

Дедюк Світлана Олександрівна

Керівник:

Старший викладач Темнікова О.Л.

Консультант з нормоконтролю:

Старший викладач Мальчиков В.В.

Рецензент:

Доцент кафедри ПЗКС, к.т.н., доцент Сулєма Є.С.

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

Дедюк С.О. _____

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Факультет прикладної математики

Кафедра прикладної математики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

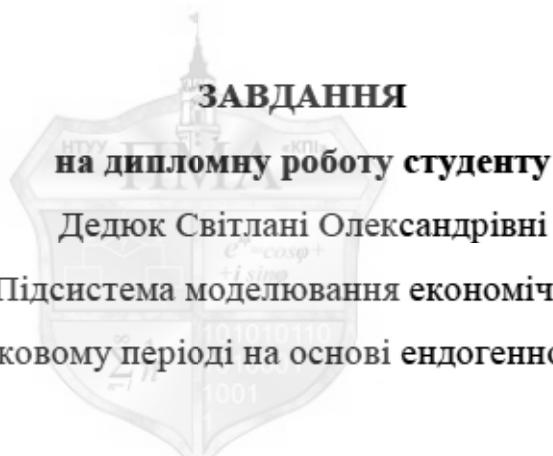
Спеціальність 6.040301 «Прикладна математика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. Р. Чертов

«____» _____ 2015р..



1. Тема роботи «Підсистема моделювання економічного розвитку України в короткостроковому періоді на основі ендогенної моделі Харрода-Домара»

керівник роботи - старший викладач Темнікова Олена Леонідівна затверджені наказом по університету від "19" травня 2015 р. № 1039-С.

2. Строк подання студентом роботи “12” червня 2015р.

3. Вихідні дані до роботи:

- ВВП попередніх років, валове заощадження, вартість основних засобів та норма заощадження попередніх років;
- Інтервал прогнозу економічного росту;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити):

- Вивчити літературні джерела за тематикою моделей економічного зростання;
- Провести аналіз існуючих програмних рішень у даній галузі;

- Проаналізувати математичне забезпечення, що використовується при оцінці факторів економічного росту;
- Спроектувати графічний інтерфейс;
- Розробити програмний продукт, що буде показувати вплив різних кількісних і якісних показників на стан економіки;
- Оформити документацію до дипломної роботи;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- Архітектура програмного забезпечення;
- Структурна схема програми;
- Взаємодія роботи підсистем;
- Екранні форми програми.

6. Консультанти розділів проекту (роботи):

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	ст.викладач Мальчиков В.В.		

7. Дата видачі завдання «28» жовтня 2014

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вивчення літератури за тематикою роботи	13.11.14	
2.	Проведення порівняльного аналізу математичних методів формування тестових наборів	2.12.14	
3.	Вибір, обґрунтування та опанування методів розв'язку задачі	8.01.15	
4.	Проектування архітектури розроблюваних програмних засобів	15.01.15	
5.	Визначення складу та форматів вихідних даних та результатів для кожної програми	4.02.15	
6.	Розробка алгоритмів	18.02.15	
7.	Розробка мови управління програмами та проектування користувальського інтерфейсу	18.03.15	
8.	Програмна реалізація	9.04.15	
9.	Розробка алгоритмів та підготовка контрольних задач для їх перевірки	23.04.15	
10.	Розв'язування контрольних задач на ПЕОМ	13.05.15	
11.	Оформлення документації дипломної роботи	12.06.15	

Студент _____ Дедюк С.О.

Керівник роботи _____ Темнікова О.Л.

АНОТАЦІЯ

Дана дипломна робота виконана на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” та присвячено моделювання динаміки активної системи з екзомоделлю Харрода-Домара.

Метою роботи є створення автоматизованої системи, яка буде відображати динамічну активну модель макроекономічної системи, що описується рівнянням Харрода-Домара.

В рамках дипломної роботи проведено аналіз існуючих програмних систем, які орієнтовані на моделювання динаміки економічного зростання на основі статистичних даних.

Робота стосується проблеми побудови моделі системи на основі статистичних даних із удосконаленням існуючої моделі Харрода-Домара шляхом моделювання динаміки усіх показників, що беруть участь у розрахунку загальної динаміки. Застосовується модель Харрода-Домара та трендові моделі, що дають можливість моделювати динаміку показників.

Наведені результати можуть бути використані при створенні інтелектуальних систем моделювання та підтримання прийняття рішень у різних предметних областях.

Робота виконана на 78 аркушах, має посилання на список використаних літературних джерел з 12 найменування, а також наведено 15 рисунків, 7 таблиць та 3 додатки.

Ключові слова: диференціальне рівняння Харрода-Домара, переваги, альтернативи, активна система, економічна динаміка.

ABSTRACT

This diploma work is carried out to obtain educational - qualification of "Bachelor" and devoted to modeling the dynamics of the active systems Harrod-Domar ekzomodel.

The aim is to create an automated system that will display dynamic macroeconomic model of the active system, described by the Harrod-Domar.

As part of the thesis an analysis of existing software systems that are focused on modeling the dynamics of economic growth on the basis of statistical data.

The work concerns the problem of constructing a model of the system based on the statistical data to the improvement of the existing model of Harrod-Domar model by modeling the dynamics of all parameters involved in the calculation of the overall dynamics. Used Harrod-Domar model and trend models to simulate the dynamics of the indicators.

These results can be used to create intelligent systems modeling and decision support systems in various subject areas.

Work carried out on 78 pages, contains references to the list of used literature of 12 names, and provides 15 figures, 7 tables and 3 appendices.

Keywords: differential equation of the Harrod-Domar, benefits, alternatives, active system, the economic dynamics.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	12
1.1 Опис предметної області	13
1.2 Аналіз існуючих програмних рішень у даній галузі	14
1.3 Огляд сучасних методів прогнозування економічного зростання.....	17
2 ОПИС МОДЕЛІ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ	21
2.1 Теоретичне обґрунтування.....	21
2.2 Аналітичне представлення моделі	23
2.3 Модифікація моделі	26
2.4 Висновки до розділу	31
3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ.....	32
3.1 Формати вхідних та вихідних даних.....	32
3.2 Архітектура розроблених програмних засобів	33
3.3 Бізнес – правила	34
3.4 Інфологічне проектування.....	34
3.5 Ролі та права користувачів	38
3.6 Проектування інтерфейсу користувача	39
3.7 Керівництво користувача	42
3.8 Висновки до розділу	43
4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ	44
4.1 Опис розробленого алгоритму.....	44

4.2 Структура програмного забезпечення	46
4.3 Опис програми.....	48
4.4 Опис контрольних прикладів.....	48
4.5 Висновки до розділу	53
ВИСНОВКИ.....	54
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	55
ДОДАТКИ.....	57
ДОДАТОК А Лістинг програм	57
ДОДАТОК Б Ілюстративний матеріал.....	66
ДОДАТОК В Скрипт створення БД.....	73



ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

- DFD (Data Flow Diagram) – діаграма потоків даних;
- ELM – матриця елементарних подій;
- ERD (Entity-relationship diagram) – діаграма зв'язків між сутностями;
- FK – foreign key –зовнішній ключ;
- IDEF3 (Integrated DEFinition for Process Description Capture Method) - методологія моделювання і стандарт документації процесів;
- БД – База Даних;
- ВВП – Валовий Внутрішній Продукт;
- ІС – Інформаційна Система;
- СУБД – Система Управління Базами Даних;
- т.д. – так далі;
- ТАС – Теорія Активних Систем;

ВСТУП

Для нормального, конкурентноспроможного існування будь-якої макро- або мікроекономічної одиниці на ринку завжди виникає необхідність контролювати її стан та підтримувати на належному рівні певні фінансово-економічні показники, що відображають і характеризують протікання певних динамічних процесів в тілі самої системи.

Задля підвищення ефективності існування таких одиниць часто виникає необхідність не лише контролювати поточні, а також і прогнозувати можливі значення певних параметрів, що складають найбільший вплив на функціонування системи, на яку проектується досліджувана одиниця. Якщо брати за приклад економічну динаміку[1], а не лише структурний аналіз системи, то слід вказати, що за основу в такому дослідженні беруться статистичні дані, що характеризують кількісні і якісні показники розвитку за певний період.

Наразі існує безліч систем статистичної обробки даних, проте ,на відміну від інших галузей, залежно від мети аналізу економічне зростання може бути вимірювано кількома альтернативними показниками, а існуючі комплекси програмних засобів не враховують такої особливості. Також, багато з таких систем побудовані на застарілих технологіях, що значно знижує їх продуктивність та популярність на сучасному етапі, оскільки необхідно додатково підтримувати сумісність з новими продуктами, що зараз поширені на ринку.

Застаріла база таких систем, безперечно, впливає і на використовувані методи пошуку параметрів, що описують функціонування економічних одиниць – методи застарілі, мало пристосовані до сучасних «розвинутих» економічних систем, що будувалися впродовж тривалого періоду еволюції економіки, дають високі похибки і не враховують багатьох факторів, що мають значний вплив на систему вцілому.

Побічні ефекти, що виникають при використанні таких систем, можуть бути не значними і вирішуватися досить просто – як наприклад спрощення задачі оптимізації до введення її в програму, але де-які , наприклад, можуть внести істотні зміни в розвиток економіки країни як такої як це сталося з Україною 2015 року, коли нестабільність валюти вплинула на внутрішню цінову політику країни.

Для того, щоб передбачити економічну динаміку використовують різні підходи, але краще враховувати закриту економіку[2] (без пливу зовнішньоекономічних факторів), оскільки на відкриту мають діяти також і інші системи, що функціонують з нею в одному полі діяльності. Також неефективним зараз вважається довгострокове прогнозування (на 10 і більше років), оскільки із сучасними темпами науково-технічного прогресу можна вважати, що такі методи прогнозування, що використовуються у нинішніх системах застаріють перш ніж дійте період їх перевірки на реальних даних – тобто перш ніж настане прогнозований період.

Також цілком очевидно, що ефективнішим буде використання такого методу, що враховує більше показників та контролюють степінь їх впливу на функціонування системи як єдиного цілого та відображає характер взаємозв'язків складових системи.

Тому мета даної роботи полягає у тому, щоб показати можливість моделювання динаміки системи як і з екзогенною моделлю, так і з іншими методами, що будуть слугувати допоміжним рушіями в прогнозуванні стану системи, а не лише проведення структурного аналізу, що відображається здебільшого у оптимальному співвідношенні параметрів.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Метою даної роботи є створення автоматизованої системи для прогнозування економічного зростання на основі ендогенної моделі Харрода-Домара. Система буде проводити прогнозування доходу на наступний рік, використовуючи дані попередніх років.

Вхідними даними є ВВП попередніх років, валове заощадження, вартість основних засобів та норма заощадження попередніх років.

Для побудови системи потрібно виконати наступні етапи:

1. Оцінити доцільність застосування моделі Харрода-Домара шляхом емпіричної перевірки можливості застосування моделей Харрода та Домара до оцінки економічного зростання різних країн світу.
2. Реалізувати модель Харрода-Домара на основі статистичних даних для України та здійснити моделювання економічної динаміки української економіки за моделями Харрода та Домара на основі згаданої вище статистики.
3. Проведення удосконалення моделі.

У випадку високої похибки результатів, отриманих після другого етапу, необхідно провести удосконалення моделі та здійснити нові сценарні прогнозні розрахунки.

1.1 Опис предметної області

Національна економіка являє собою таку систему, де основною метою є економічне зростання, де особливо важливим є не тільки кількісні, а й якісні характеристики економічного зростання.

Для забезпечення сталого економічного зростання, який зберігає стабільність економічної системи, необхідно збереження основних макроекономічних пропорцій, відносин[2].

Для виміру економічного зростання застосовують систему показників, які дають можливість виявити й проаналізувати результативність виробництва на макрорівні[3].

Процес виробництва і його результати не є сталими, а навпаки - знаходяться у стані динамічних кількісних і якісних змін, що включають обмін, розподіл, споживання, нагромадження, інвестиції, попит і пропозицію тощо. Зміна економічних характеристик (параметрів) в елементах економіки внаслідок їх взаємодії називають економічною динамікою.

Економічна динаміка - це розвиток економіки, у ході якого змінюються кількісні і якісні характеристики економічних явищ і процесів, обсяг суспільного продукту[1].

Для характеристики економічної динаміки застосовують динамічні ряди - це ряди статистичних показників, що характеризують розвиток суспільних явищ у часі.

Вирізняють динамічні ряди абсолютних, відносних і середніх величин. Динамічні ряди абсолютних величин поділяють на інтервалні і моментні.

Економічне зростання – це не короткострокові коливання, а довготермінова тенденція в розвитку національного господарства, коли зростає обсяг національного виробництва[4].

Економічне зростання може вимірюватися за допомогою різних показників, в залежності від мети аналізу:

- Зростання реального ВВП в абсолютних вимірниках (для оцінки зростання економіки в цілому);
- Зростання реального ВВП в розрахунку на душу населення (для порівняння життєвого рівня населення);
- Зростання реального ВВП в розрахунку на одного зайнятого;

1.2 Аналіз існуючих програмних рішень у даній галузі

Існують готові системи прогнозування та динамічного представлення моделей економічного росту, обробки великих об'ємів статистичних даних, які мають різний функціонал та мають можливість включення додаткових плагінів, що включають в себе комплекс засобів для прогнозування і графічного представлення параметрів. Але слід відзначити також, що вітчизняних розробників у галузі прогнозування майже немає, а якщо і є, то ці системи мають зависоку вартість, тому не надто популярні в застосуванні серед економістів.

Найбільш широко використовуються наступні комплекси програмних засобів: SPSS (IBM SPSS Statistics), STATISTICA, ДА-СИСТЕМА, STADIA. Розглянемо окремо перевагиожної із вищезгаданих систем[4].

Пакет SPSS побудований як традиційна база даних: накопичення масиву інформації, його формалізація і представлення результатів статистичної обробки масиву у вигляді звіту. У пакеті немає зовнішніх відмінностей інтерфейсу від традиційних баз даних або електронних таблиць (MS Access, MS Excel і т.п.), крім того, пакет включає довідник та глосарій статистичних термінів. Накопичення результатів опитування в даному пакеті ведеться в редакторі SPSS Data Editor, дані зберігаються у форматі цього редактора (* .sav). Масив даних для обробки може бути експортований з текстового файлу, з файлу формату MS Excel, Lotus 1-2-3 або перенесений

через буфер обміну. Результат статистичної обробки представляється в окремому вікні SPSS Output Navigator, який влаштований так само, як стандартний Провідник системи Windows , базові статистики виводяться в лівій частині вікна, а повна інформація - у правій[4].

STATISTICA дозволяє проводити всесторонній аналіз даних, представляти результати аналізу у вигляді графіків і таблиць, автоматично створювати звіти про виконану роботу. За допомогою системи підказок можна ознайомитися із самим пакетом і з методами аналізу. Дні організовани у вигляді електронних таблиць, як у звичній для користувача Excel формі. Загальне число змінних в стандартному файлі STATISTICA може бути до 4092. У системі є також менеджер мегафайлів, який дозволяє працювати з дуже великими файлами, що містять до 32000 змінних[4].

ДА-система застосовується для обробки та аналізу кількісних, якісних (некількісних) і змішаних даних. У цій системі традиційний підхід, представлений таблицями розподілів, поєднується з підходом нетрадиційним, заснованим на аналізі правил, що пояснюють одні відповіді або поєднання відповідей, через інші відповіді або поєднання ответов. Данні в системі зберігаються в спеціальному, визначеному розробниками форматі *.da. ДА-система підтримує експорт і імпорт даних в наступних форматах: Windows ANSI, DOS або OS / 2 (PC-8), MS Access 2.0, 7.0, 8.0. Крім цього в програмі реалізований обмін даними за допомогою ODBC с використанням таких форматів: dBASE (імпорт), FoxPro (імпорт), Paradox (імпорт), MS Excel (імпорт / експорт).

STADIA складається із 8 підсистем[4], що відповідають за введення/виведення, перетворення, обробку і маніпуляцію інформацією. Імпорт / експорт даних і результатів здійснюється в стандартних міжнародних форматах (ASCII і DBF). Існує три версії програми: базова версія (4000 чисел в матриці даних), професійна версія (20 000 чисел в матриці даних). Довідкова система являє собою контекстний екранний довідник-гіпертекст, складається з серії розділів з системою перехресних і

містить опис всіх операцій і математичних методів матриці даних), велика версія (64000 чисел у матриці даних).

Порівняльна характеристика розглянутих та розроблюваної системи наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця існуючих систем прогнозування і обробки статистичний даних

Програмний засіб	ОС	Графіки п-рів	Збір даних	Збереження даних	Ліцензія
STATISTICA	Macintosh, Windows	+	+	Електронні таблиці	Пропріетарна
SPSS	Microsoft Windows, Macintosh, Linux	+	+	Файл(* .sav)	Пропріетарна
ДА-СИСТЕМА	Unix	+	+	Файл(* .da)	Пропріетарна
STADIA	Windows	-	+	Файл(*.st)	Пропріетарна
Розроблювана система	Кросплатформенна	+	+	Таблиці в БД	Вільна

Існують також і інші системи прогнозування, що здійснюють обробку великих об'ємів статистичних даних, які мають різний функціонал та мають можливість включення додаткових плагінів, що включають в себе комплекс засобів для прогнозування і графічного представлення параметрів.

1.3 Огляд сучасних методів прогнозування економічного зростання

Сучасні теорії економічного зростання сформувалися на основі кейнсіанської теорії макроекономічної рівноваги і неокласичної теорії виробництва. Економічні моделі, що розглядалися до цього, були переважно статичні і оперували статичними умовами рівноваги.

Кейнсіанські моделі макроекономічної рівноваги побудовані на основі припущення Дж. Кейнса і розглядають економіку лише в короткостроковому періоді. Посткейнсіанці ж вбачали проблему у тому, щоб забезпечити стійкі темпи економічного росту динамічно.

Кейнсіанська теорія економічного зростання ґрунтуються на тому, що у його забезпеченні значна роль належить співвідношенню між заощадженнями (S) та інвестиціями (I). На основі цих теоретичних положень рядом економістів були розроблені моделі економічного зростання. Загальним для всіх моделей економічного зростання є те, що в них зіставляється хід заощаджень та інвестицій.

Метою їх створення є пошук оптимального співвідношення між факторами виробництва; визначення умов, які забезпечують бажані темпи та стабільність економічного розвитку; дослідження найважливіших макроекономічних пропорцій, у т. ч. між нагромадженням і споживанням тощо. Об'єктом дослідження стає обсяг, в якому можуть бути реалізовані нові інвестиції, що рівнозначно до нагромадження капіталу і розвитку економічної системи. При цьому беруться до уваги й інші змінні, які забезпечують динамічну рівновагу в економіці.

Для моделювання і прогнозування процесу економічного зростання використовують ряд методів[5], основні з них:

- Хікса-Ханеса – статична модель, що враховуючи співвідношення заощаджень і інвестицій, виражає вплив норми заощаджень на ріст доходу[10];

- b) Ромера модель ендогенного науково-технічного прогресу, заснована на ідеї накопичення людського капіталу, найважливішим фактором економічного зростання є технологічні зміни;
- c) Солоу – за наявності даних про капітал, чисельність працюючих, що можуть мати змінний характер, прискорити темп росту може держава, якщо буде збільшувати капіталовооруженість праці[11];
- d) Харрода-Домара- за наявності даних про такі основні економічні параметри як національний капітал, національний дохід, їх співвідношення, розміри чистих заощаджень та інвестицій можна прогнозувати приблизні темпи зростання економіки на майбутнє;
- e) Кобба-Дугласа - модель, що показує залежність обсягу виробництва від створюють його факторів виробництва - праці і капіталу[11];
- f) Менкью-Ромера-Уейла - капітал поділяється на фізичний і людський, Цей чинник залишив сьогодні позаду інші важливі складові економічного розвитку – заощадження, інвестиції, зростання чисельності населення[10];

Порівняльна характеристика розглянутих моделей наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльна таблиця моделей економічного росту

Параметр Назва моделі	Точність	Короткий період	Швидкість	Кількість факторів	Характер взаємо- зв'язків	Закрита економіка
Хікса-Ханеса	Низька	+	Висока	2	-	+
Ромера	Середня	-	Середня	1	-	+
Солоу	Середня	-	Середня	3	+	+
Харрод- Домара	Висока	+	Середня	4	+	+
Коба- Дугласа	Низька	+	Середня	2	-	+
Менкью- Ромера- Уейла	Висока	+	Середня	2	-	+

1.4 Висновки до розділу

Отже, метою даної роботи є дослідження моделі Харрода-Домара і створення математичного програмного забезпечення на базі даної моделі. Тобто використавши запропонований підхід моделювання необхідно скласти математичну модель макроекономічної активної системи, що описується рівнянням Харрода-Домара.

Однак простота цієї моделі дозволяє не тільки більш глибоко зрозуміти вплив інвестицій на дохід, але й провести моделювання динаміки взаємного впливу суб'єктивних переваг з описаною екзогенною моделлю і таким чином створити адекватну модель активної макроекономічної системи, що описується рівнянням Харрода-Домара.



2 ОПИС МОДЕЛІ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ

У даному розділі наведено теоретичне обґрунтування вибору моделі економічного росту, її аналітичне представлення та описано за наявності даних про такі основні економічні параметри як національний капітал, національний дохід, їх співвідношення, розміри чистих заощаджень та інвестицій, як саме можна прогнозувати приблизні темпи зростання економіки на майбутнє. Також для підвищення продуктивності використання моделі Харрода-Домара здійснено модифікацію моделі на основі апроксимації параметрів, що беруть участь у розрахунках, що детальніше описано нижче в даному розділі.



2.1 Теоретичне обґрунтування

Для відслідковування довгострокової тенденції економічної динаміки необхідно оперувати вибіркою статистичних даних за певний період, що складає вагомий вплив на функціонування досліджуваної системи. Задля забезпечення постійного доступу до таких даних оптимальним рішенням буде збереження зібраних даних в БД, що підвищить швидкість і ефективність використання таких даних, оскільки віддалено будь-який користувач розробленої системи зможе по запиту отримати необхідну ійому інформацію.

Оскільки, маючи лише чисті дані (абсолютні значення) людині важко судити про ситуацію загалом, то ефективнішим рішенням буде зведення даних в статистичні таблиці, де буде зручно порівнювати сусідні значення і відразу аналізвати тенденцію їх зміни або ж графічно відображати зібрану

інформацію – що буде ще ефективніше з точки зору сприйняття її людиною, оскільки у середньостатистичної людини більш розвинута візуальна пам'ять.

У загальному ж випадку краще буде використовувати обидва методи, оскільки для прогнозування показників необідно буде відслідковувати і прогнозовані абсолютні значення (для подальшої обробки отриманих результатів) та спостерігати загальну прогнозовану тенденцію розвитку.

Оскільки економічна динаміка це, фактично, відслідковування кількісних і якісних характеристик, то ефективніше буде використовувати такий метод,, що враховує більшу кількість факторів, оскільки система із врахуванням характеру взаємозв'язків буде більш повною і, при розширенні чи зміні методу, буде врахувати особливості побудови нової моделі. При прогнозуванні показників завжди обираються методи, що дають точніші результати і , залежно від можливостей обладнання, бажано обирати саме ті методи, що швидше працюють (за меншу кількість ітерацій доходять до прогнозованого значення) і дають меншу похибку. Якщо ж методи володіють всіма перерахованими вище характеристиками, але похибку, яка виникає при порівнянні з реальними даними бажано зменшити, то практикують такий підхід як апроксимацію параметрів, що беруть участь у розрахунках при прогнозуванні головних характеристик досліджуваної системи.

Для вирішення задач такого типу найбільше підходить екзомодель Харрода-Домара, оскільки вона враховує максимум зовнішніх факторів, кількість яких за необхідності можна розширити за рахунок апроксимації параметрів, що беруть участь у розрахунку, за рахунок того, що модель враховує характер взаємозв'язків елементів системи, що розглядається.

2.2 Аналітичне представлення моделі

Оскільки, прогнозування - це дослідницький процес, в результаті якого отримують прогноз про стан об'єкта, що є імовірнісним судженням про можливий стан об'єкта або про альтернативні шляхи його даного стану. На сьогоднішній день відомо велику кількість методів, методик і способів прогнозування, але вони засновані на двох крайніх підходах: евристичному і математичному.

Для математичних методів прогнозування характерний підбір та обґрунтування математичної моделі досліджуваного процесу, а також способів визначення її невідомих параметрів і завдання прогнозування при цьому зводиться до вирішення рівнянь, що описують дану модель для заданого моменту часу.

Модель макроекономічної динаміки з неперевним часом, запропонованої Харродом і Домаром [3], описує динаміку доходу $Y(t)$, який розглядається як сума[11] споживання $C(t)$ та інвестицій $I(t)$. Основне припущення даної моделі зростання заключається в тому, що швидкість зростання доходу пропорційна інвестиціям:

$$I(t) = B * \frac{\partial Y}{\partial t},$$

де B – коефіцієнт капіталомісткості приросту доходу, а обернена до нього величина β - називається віддачею приросту капіталу.

Окрім припущення про зв'язок інвестицій і доходу, у модель також включено такі передумови[6]:

- інвестиції миттєво переходять у приріст капіталу:

$$\Delta K = \Delta I$$

- відсутність капіталу відсутнє[10];

- виробнича функція моделі лінійна, що слідує із пропорційності присоту доходу і приросту капіталу.

$$Y(t) = \alpha * L(t) + \beta * K(t) + C(t),$$

де $L(t)$ – кількість зайнятих (жива праця); $K(t)$ – капіталоуречевлена праця; $C(t)$ – динаміка обсягу споживання (може бути постійна або мати якусь іншу динаміку), задається екзогенно; $\alpha=0$ або $L=\text{const}$, а також $\beta = \frac{1}{B}$.

Оскільки динаміка обсягу споживання задається екзогенно[12], то маємо наступні варіанти зміни даного показника i , відповідно, зміну виробничої функції.

Найпростіший варіант одержимо за умови $C(t)=0$ – тобто маємо ситуацію, коли всі ресурси направлені на інвестиції, внаслідок чого виробнича функція даж максимальні темпи зростання[6]:

$$Y(t) = C(t) + Y'(t) = 0 + B * \frac{dY(t)}{dt} = B * Y'(t)$$

Це лінійне однорідне рівняння, розв'язок якого має наступний вигляд:

$$Y(t) = Y(0) * e^{\frac{1}{B} * t}$$

Отже, маємо максимально можливий технологічний темп приросту $1/B$.

Розглянемо випадок, де $C(t)=\text{const}$ і одержимо лінійне однорідне дифрівняння, де динаміка зміни доходу Харрода-Домара $Y(t)$ є рішенням цього рівняння[8]:

$$Y(t) = B * Y'(t) + C$$

Складемо частковий розв'язок даного рівняння із загальним і підставивши $t=0$ отримаємо наступний вираз[6]:

$$Y(t) = (Y(0) - C) * e^{\frac{1}{B} * t} + C$$

Неперервний темп росту доходу $y(t) = \frac{Y'(t)}{Y(t)}$ у цьому розв'язку має наступний вигляд[8]:

$$y(t) = \frac{1}{B} \left(1 - \frac{C}{Y(0)}\right)$$

Величина $1 - \frac{C}{Y(0)} = a(t)$ - норма накопичення в момент часу t і темп приросту доходу пропорційний цій величині, як і показнику віддачі приросту капіталу $1/B$.

Також існує варіант моделі із показником споживання $C(t)$, який зростає із постійним темпом r :

$$C(t) = C(0) * e^{r*t}$$

Диференційне рівняння такої моделі має вигляд:

$$Y(t) = B * Y'(t) + C(0) * e^{r*t}$$

І його розв'язок має наступний вигляд:

$$Y(t) = \left(Y(0) - \frac{C(0)}{1 - B * r}\right) * e^{\frac{1}{B}*t} + \frac{C(0)}{1 - B * r} * e^{r*t}$$

Аналізуючи формулу, переконуємося, що темп приросту споживання r не повинен бути більшим максимально можливого[6] загального темпу приросту $1/B$, оскільки інакше споживання буде займати все більшу і нарешті – переважаючу частину доходу, що зведе до нуля спочатку інвестиції[8], а потім і дохід. Видно це з формули розв'язку моделі, оскільки у цьому разі

$r > 1/B$ коефіцієнт $\frac{1}{1-B*r} < 0$, а e^{r*t} зростає швидше за $e^{\frac{1}{B}*t}$

У розв'язку розглядуваної моделі зростання, якщо $r < 1/B$, то багато що залежить від співвідношення між r і $\rho_0 = \frac{\alpha_0}{B}$, де $\alpha_0 = 1 - \frac{C(0)}{Y(0)}$ норма

накопичення в початковий момент часу $t = 0$). Якщо $\rho_0 = r$, то темп приросту доходу дорівнює темпу приросту споживання, і розв'язком є

$$Y(t) = Y(0) * e^{\frac{\alpha_0}{B}t}.$$

Норма накопичення $\alpha(t)$ у цьому разі постійна в часі і дорівнює α_0 , а темп приросту доходу пропорційний нормі накопичення і обернено пропорційний приросту капіталомісткості. Саме ця модифікація моделі економічного зростання, в якій норма накопичення постійна, називається моделлю Харрода-Дамара.

2.3 Модифікація моделі

Усі моделі прогнозування мають досить високу точністю, але для прогнозування показників використовується авторегресія без обліку фактору часу та з наступною адаптацією коефіцієнтів. Але складність математичного апарату таких моделей прогнозування не виправдовує себе, оскільки для отримання точних оцінок прогнозування для кожного показника необхідно використовувати комплекс моделей, , що значно збільшує час на отримання прогнозу. Тому при короткостроковому прогнозуванні параметрів доцільно використовувати комплекс трендових моделей[7], який дозволяє з достатньою точністю описати динаміку показників. Нехай задано часовий ряд $I(t)$ – динаміка зміни інвестицій, що наведена в таблиці 2.1.:

Таблиця 2.1 – Динаміка зміни параметрів

Рік	ВВП	Інвестиції - I(t_i)	Капітал – K (t_i)
2000	170070	41896	828822
2001	204190	52248	915477
2002	225810	62632	964814
2003	267344	74330	1026163
2004	345113	109808	1141069
2005	441452	113362	1276201
2006	544153	126980	1568890
2007	720731	177217	2047364
2008	948056	197473	3149627
2009	913345	151746	3903714
2010	1082569	197649	6648861
2011	1302079	208406	7396952
2012	1411238	198619	9148017

Із рівняння прямої в канонічному вигляді одержимо рівняння прямої з кутовим коефіцієнтом:

$$I(t) = 15137.2 t - 30232649.45$$

Для зручності порівняння результатів зведені отримані дані в таблицю(таб.2.2) .

Таблиця 2.2 – Таблиця отриманих апроксимацією інвестицій

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
I(t_i)	41750.6	56887.8	72025	87162.2	102299.4	117436.6	132573.8
Рік	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
I(t_i)	147711	162848.2	177985.4	193122.6	208259.8	223397	

Побудуємо графік, де буде зображені реальні дані червоним кольором та наблизені дані поруч синім кольором, що дає можливість впевнитися в правильності отриманого рівняння зміни інвестицій (рис. 2.3).

Проведемо аналогічні дослідження для динаміки зміни вартості основних засобів (капіталу – K(t)) та валового заощадження - S(t).

Припустимо, що динаміка зміни капіталу має експоненціальну залежність в часі, що видно із графіку динаміки його зміни, який наведено на рис. 2.4 - тому використаємо експоненціальну регресію для знаходження загального вигляду рівняння, що відображає динаміку зміни капіталу. Тут на графіку червоним кольором виділено реальні дані для капіталу та синім описано експоненціальну залежність.

Отримаємо такий загальний вигляд рівняння:

$$K(t) = 0.0475 * e^{t-1993} + 828770$$

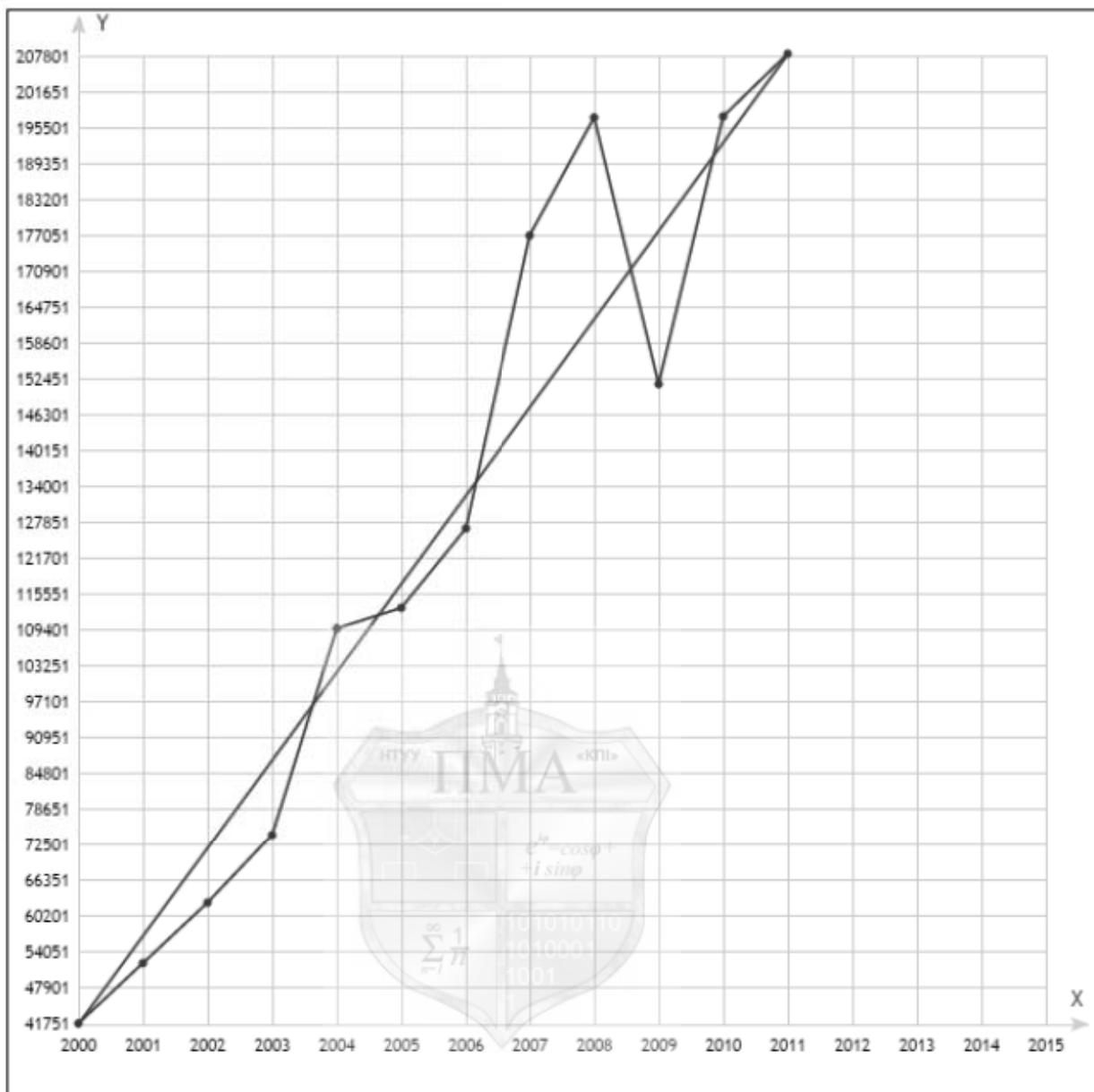


Рисунок 2.3 – Лінійна апроксимація інвестицій

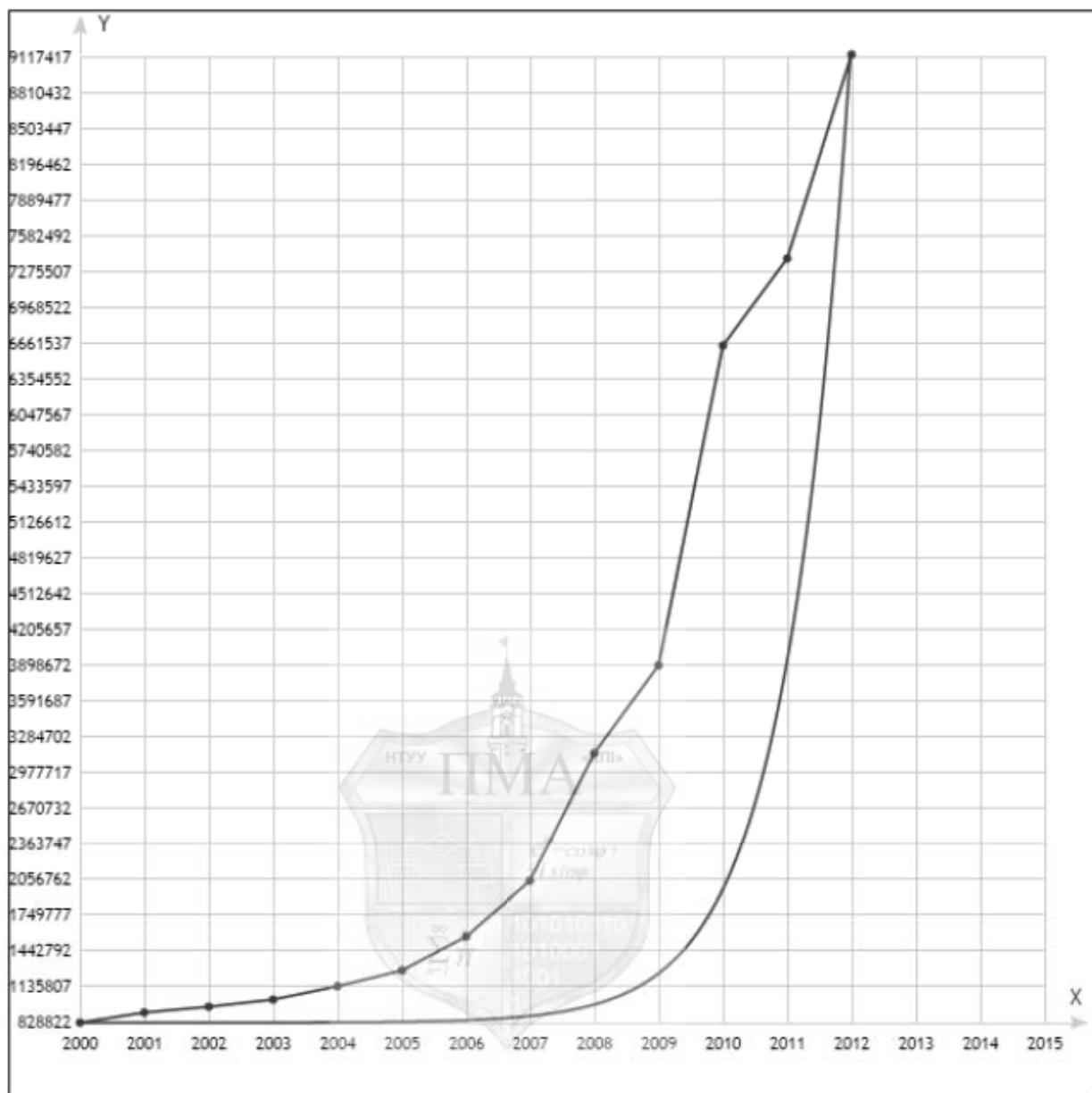


Рисунок 2.4 – Експоненціальне наближення капіталу

2.4 Висновки до розділу

Отже, у якості математичного методу розв'язку поставленої задачі реалізовано модель економічного зростання Харрода-Домара, на базі якої можна реалізувати прогнозування як загальної динаміки розвитку, так і динаміки параметрів, що беруть участь у розрахунках за рахунок узагальнення динаміки їх зміни упродовж певного періоду[8] на основі зібраних з БД статистичних даних, що було реалізовано додатково у якості модифікації моделі.



3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

У даному розділі наведено результати роботи над проектуванням програмних засобів розроблюваної системи. Тут наведено формати вхідних та вихідних даних, архітектуру розроблюваної системи, бізнес-правила, проектування інтерфейсу користувача, керівництво та ролі користувачів, а також наведено схеми зв'язків сущностей системи.

3.1 Формати вхідних та вихідних даних

Оскільки програма потребує роботи з великою кількістю даних, то цілком логічно припустити, що значення поточних параметрів і прогнозованих будуть зберігатися в БД і завантажуватися з неї. Якщо поглянути на ситуацію з точки зору розробника, то маємо наступне: вхідні і вихідні дані будуть зберігатися в БД.

Вхідні дані системи:

- Країна, для якої здійснюється розрахунок;
- ВВП попередніх років;
- Валове заощадження;
- Вартість основних засобів (капітал);
- Норма заощадження;

Для кращої орієнтації на часовому інтервалі та зручності розробки також додамо і рік, за який зібрані вищевказані дані, хоча вони і не беруть участі в розрахунках.

Вихідними даними системи є:

- Прогнозований показник ВВП;
- Рік, на який прогнозовано ВВП;

- Країна, для якої прогнозовано ВВП;
- Графіки прогнозованих значень, для кращої наглядності результатів проведеної роботи;

3.2 Архітектура розроблених програмних засобів

Архітектура розробленої системи формально можна поділити на кілька модулів. Виділимо основні з них: БД та інформаційний клієнт.

Слід також зазначити, що дані модулі розробляються окремо, але взаємодіють як одне ціле, оскільки використовується стандартний API. При масштабуванні системи як горизонтально, так і вертикально, якщо виникне така необхідність, можна використовувати спеціально написані API, оскільки використані програмні засоби дають таку можливість.

Опишемо детальніше кожен з модулів:

- Інформаційний клієнт – це безпосередньо програма, що запущена на ПК або іншому пристрої користувача і здійснює прогнозування по даним, що завантажуються з БД;
- База даних – зберігає всю поточну інформацію про стан параметрів для кожної країни, а також результати прогнозів, які потім можна буде порівняти з реальними даними. Дані БД може розміщуватися як на тому ж ПК, що і сама система, так і на віддаленому сервері, залежно від потреб користувача[9];

Оскільки дані модулі працюють окремо, то удосконалення системи можна проводити як паралельно (або саму систему, або БД), так і разом (одночасно і БД, і систему), що дає можливість продуктивніше використовувати час роботи системи і оптимальніше використовувати можливості БД.

3.3 Бізнес – правила

Бізнес-правила – правила, які чітко визначені розробником користувачеві, під час користування його програмою[9]. Під час розробки програмного забезпечення були визначені наступні бізнес-правила:

- Користуватися системою можуть лише авторизовані користувачі;
- Не можна додати дані або інформацію користувача до БД, якщо не заповненні усі обов'язкові поля;
- Не можна додати вже існуючі дані до БД;
- Додавати дані може лише адміністратор системи;
- Користувачі системи можуть лише здійснювати прогнозування по вже існуючим даним;

3.4 Інфологічне проектування

Метою даного підрозділу є отримання семантичної моделі даних, що відображає інформаційний зміст системи, що розробляється. Нижче здійснено визначення сутностей та їх атрибутів., а також проведено визначення ключових атрибутів та встановлення взаємозв'язків між сутностями для відповідного представлення даних в БД і зменшення навантаження на саму систему в цілому.

3.4.1 Визначення сутностей та їх атрибутів

Розроблювана система буде оперувати наступними сутностями:

Country – сутність, що зберігає назву країни, для якої є дані в БД.

Economy factor – сутність, що зберігає назви факторів, по яким є статистичні дані.

Statistics – сутність, що зберігає дані по існуючим факторам для конкретної країни.

Data group – сутність, що зберігає групи даних, за якими проводиться прогнозування.

Factor result – сутність, що зберігає дані про прогнозування для певної країни з використанням певної групи статистичних даних за вказаним методом.

Method – сутність, що зберігає дані про обраний метод прогнозування. Далі описано атрибути кожної із вказаних сутностей системи, що наведені у таблиці 3.1. Ідентифікація ключових атрибутів вказаних сутностей наведена в таблиці 3.2. Зв'язки між сутностями наведено у вигляді діаграми на рис. 3.2.

Таблиця 3.1 – Атрибути сутностей системи

Назва сутності: назва атрибуту	Код	Тип	Опис
Country: name	country_name	Varaible characters(20)	Назва країни
Economy factor: name	economy_factor_name	Varaible characters(10)	Назва економічного фактора

Продовження таблиці 3.1

Назва сутності: назва атрибуту	Код	Тип	Опис
Economy factor: description	economy_factor_descri ption	Varaible characters(50)	Опис економічного фактора
Statistics: year	statistics_year	Number(5)	Рік, за який вказано статистичні дані
Statistics: value	statistics_value	Number	Статистичне значення
Data group: number	data_group_number	Number	Номер групи параметрів
Data group: description	data_group_description	Varaible characters(50)	Опис значення групи
Method: name	method_name	Varaible characters(20)	Назва методу
Factor result: year	factor_result_year	Number	Рік прогнозу
Factor result: value	factor_result_value	Number	Зпрогнозоване значення

Таблиця 3.2 – Ідентифікація ключових атрибутів сутностей

Назва атрибуту	Код сутність: атрибут	Тип ключа
Назва країни	Country :country_name	PK
Назва економічного фактора	Economy factor: name	PK

Продовження таблиці 3.2

Назва атрибуту	Код сутність: атрибут	Тип ключа
Рік, за який вказано статистичні дані	Statistics: year	PK
Номер групи параметрів	Data group: number	PK
Назва методу	Method: name	PK
Рік прогнозу	Factor result: year	PK

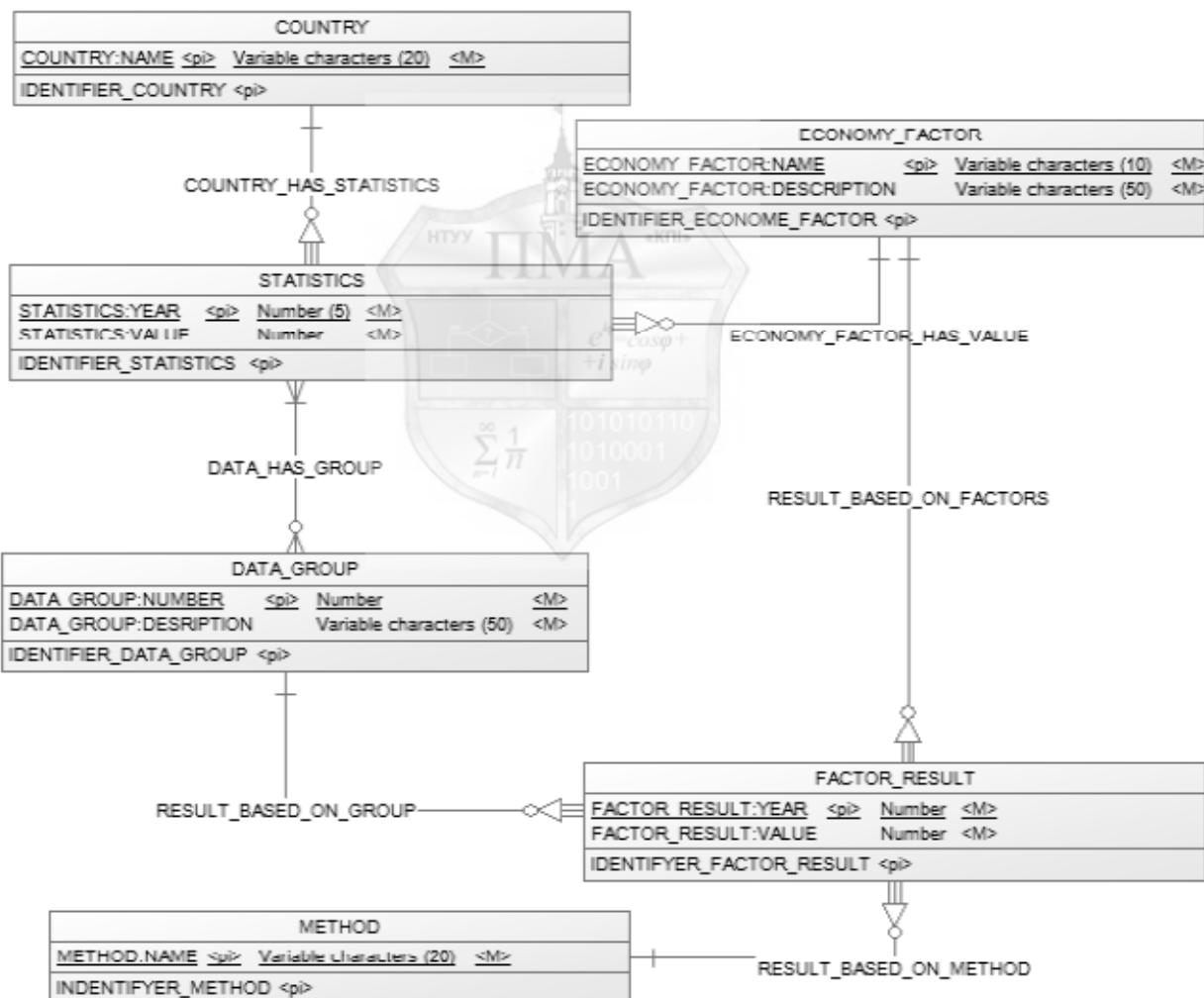


Рисунок 3.2 – Діаграма зв’язків сущностей

3.5 Ролі та права користувачів

У системі передбачено два види користувачів: адміністратор і звичайний користувач. Список подій, що будуть доступні кожній з груп наведено у вигляді матриці елементарних подій (ЕLM, табл.. 3.3) .

a) Користувач

- Авторизація: логін та пароль <20 символів, до системи можуть увійти тільки зареєстровані користувачі;
- Меню: одночасно вводити інформацію з одного акаунта може лише 1 користувач, користувачу доступна лише його інформація, яку він може редагувати і загальна інформація лише по 1 країні;

b) Адміністратор

- Авторизація: логін та пароль <20 символів, до системи можуть увійти тільки зареєстровані користувачі.
- Меню: адміністратору доступні до перегляду усі дані користувача;
- Меню: адміністратору доступні до перегляду і редагування список країн, дані по кожній з країн зі списку;

Таблиця 3.3 – Матриця ЕLM користувача та адміністратора системи

№	Опис події	Тип події	Реакція на подію
1	Користувач бажає зареєструватись	N	Надати форму реєстрації, внести дані в базу
2	Користувач бажає зайти в систему	N	Надати форму для авторизації. При правильному введенні(співпадання з базою) надати доступ до п.2

Продовження таблиці 3.3

№	Опис події	Тип події	Реакція на подію
3	Користувач бажає здійснити прогноз за обраною країною і на основі обраних даних	N	Надати форму для роботи, внести результати до БД
4	Користувач бажає змінити дані	NN	Надати повідомлення про помилку
5	Користувач бажає редагувати персональну сторінку	N	Надати форму з інформацією користувача. Внести зміни в БД
6	Адміністратор бажає редагувати дані	N	Надати форму редагування. Внести зміни в БД
7	Адміністратор бажає додати нові дані	N	Надати форму додавання нової інформації. Внести дані до БД
8	Адміністратор бажає видалити невірні дані	N	Надати форму видалення. Внести зміни до БД
9	Адміністратор бажає видалити дані, що використовуються	NN	Надати повідомлення про помилку

3.6 Проектування інтерфейсу користувача

Програма розроблена у середовищі програмування Visual Studio Ultimate 2013 на мові програмування C#.

На рисунку 3.3 показана форма авторизація користувачів та на рисунку 3.4 реєстрація нових користувачів в системі оскільки , за бізнес логікою

системи, нею можуть користуватися лише авторизовані у системі користувачі.

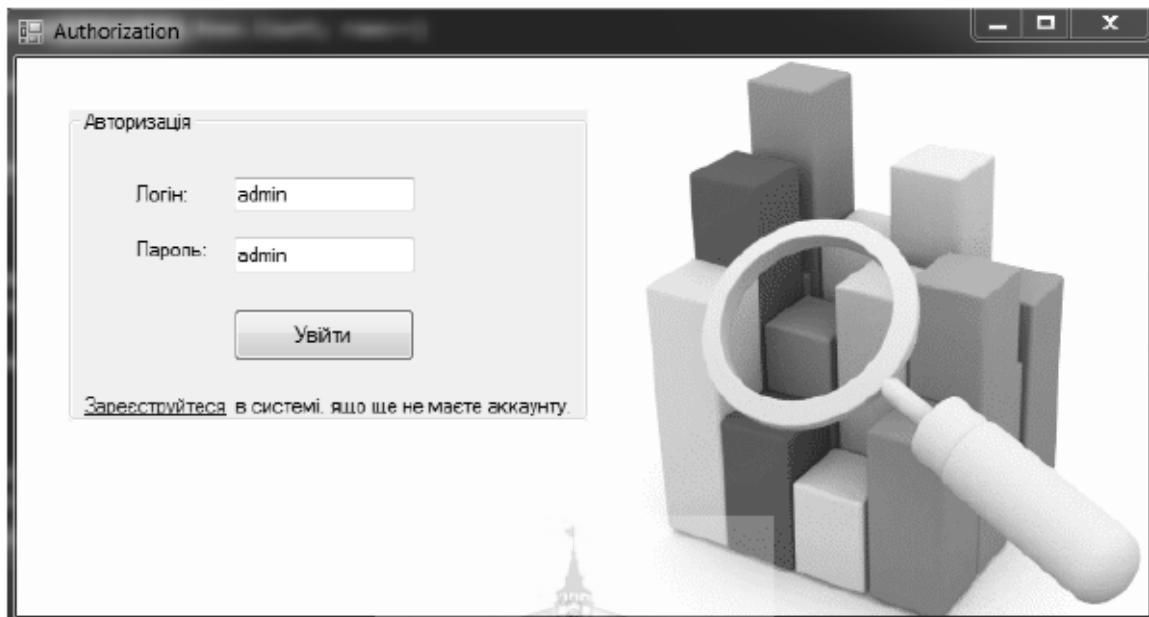


Рис.3.3 – Форма авторизації

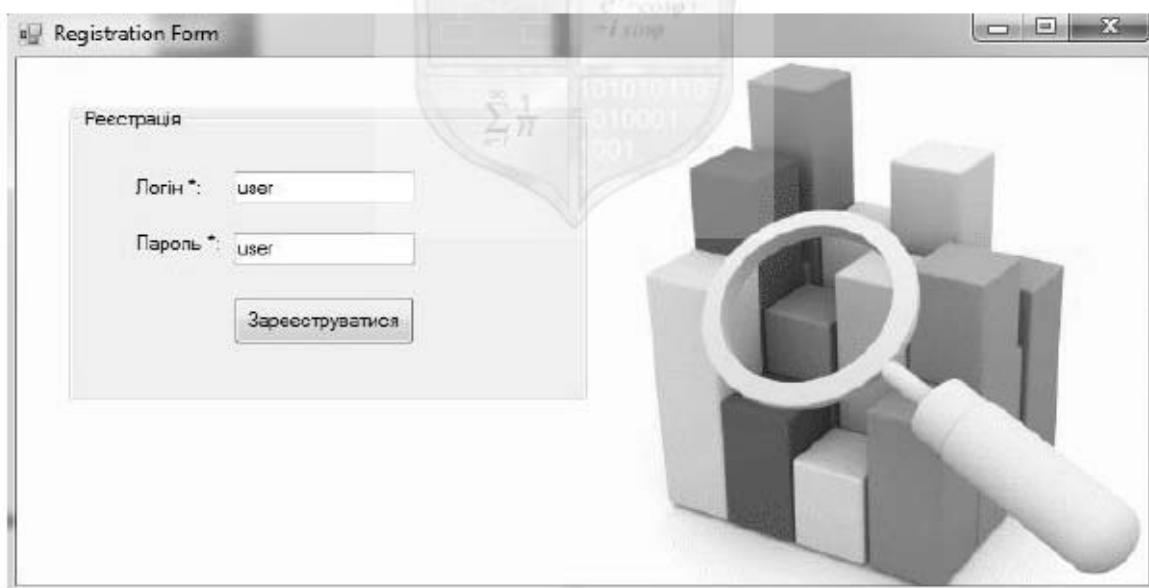


Рис. 3.4 – Форма реєстрації

На рисунку 3.5 наведена форма головного вікна програми для користувача. З даної форми реалізовано переходи на інші форми (прогнозування, побудова графіків). На рисунку 3.6 зображенено форму

редагування або додавання даних до БД адміністратором та головне вікно користувача-адміністратора.

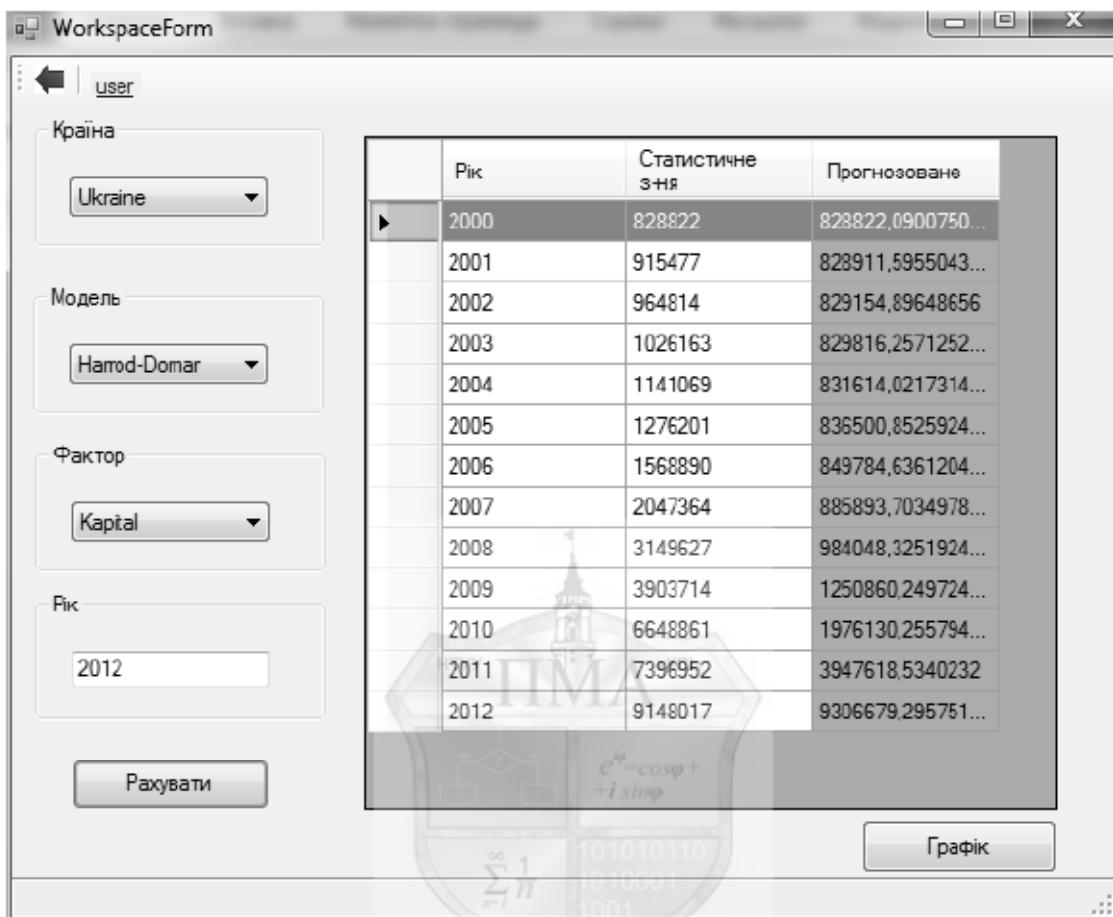


Рис. 3.4 – Головне вікно користувача

Рік	p - реальний приріст ВВП	с - коефіцієнт Капіталоемкості	z - норма збереження	Доля основних засобів у ВВП
2000	0,059	1,057	0,25	0,21
2001	0,092	1,531	0,259	0,22
2002	0,052	2,897	0,2774	0,23
2003	0,096	1,787	0,2780	0,26
2004	0,121	1,412	0,3182	0,3
2005	0,03	1,177	0,2568	0,34
2006	0,074	1,236	0,2334	0,35
2007	0,076	1,004	0,2459	0,35
2008	0,023	0,869	0,2083	0,3
2009	-0,148	-4,372	0,1661	0,23
2010	0,041	1,168	0,1826	0,16

Рис. 3.5 – Головне вікно адміністратора

На рисунку 3.6 зображене програму в роботі – тобто вікно, де здійснюється безпосередньо прогнозування і є можливість відображення графіків результатів.

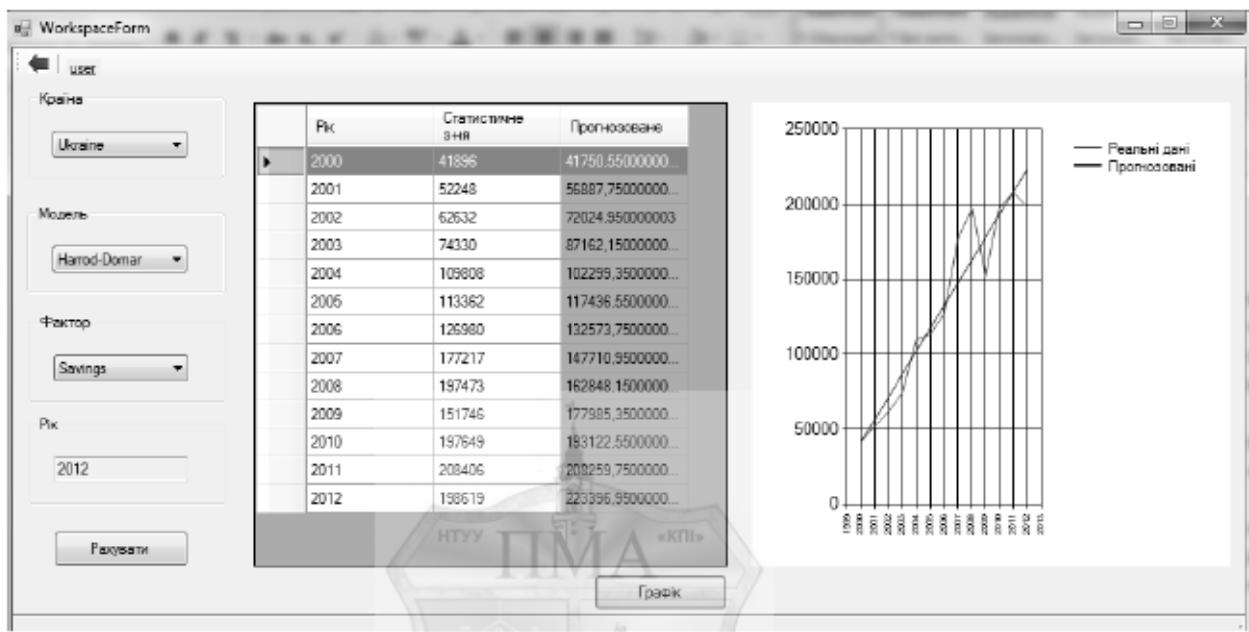


Рис. 3.6 – Графік результатів роботи програми

3.7 Керівництво користувача

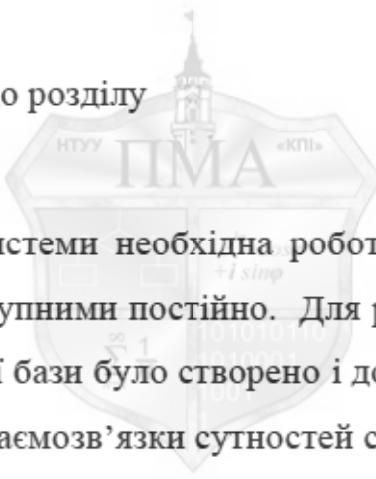
Оскільки, програма використовує дані, що зберігаються в БД, то на пристрой користувача має бути встановлене відповідне програмне забезпечення - це СУБД Oracle. Далі, необхідно встановити з'єднання з даною БД, запустити СУБД, запустити скрипт "Test_bd.sql", де містяться дані, які буде використовувати програма.

Після цього, для коректної роботи програми необхідно скопіювати папку із програмою у будь-яке місце на жорсткому диску (звідки ви будете її запускати) і потім запустити програму, після чого з'явиться вікно авторизації, де потрібно ввести свій логін та пароль, список яких зберігається

у БД (подивитись їх можна в скрипті “Test_baza.sql”). Диференціація видів користувачів потрібно для того, щоб розрізняти звичайного користувача системи та адміністратора.

При невірному введенні даних користувач отримає відповідне повідомлення. Також можна створювати нових користувачів. При правильному введенні даних користувач потрапляє на головне вікно програми, де безпосередньо можна користуватися програмою. Інтерфейс розроблений таким чином, що навігація по ньому не потребує додаткових пояснень (використано текстові підказки, що з'являються при наведенні на елемент управління).

3.8 Висновки до розділу



Для реалізації системи необхідна робота з БД, оскільки дані мають зберігатися і бути доступними постійно. Для раціональної взаємодії таблиць і функціонування самої бази було створено і додатково описано ERD-модель, що чітко відображає взаємозв'язки сущностей системи.

Оскільки система передбачає два види користувачів (адміністратор та звичайний користувач), то було створено матрицю ELM та описано бізнес-правила та написана інструкція користувача, що значно спрощує використання системи, оскільки навіть за розробленого Usability інтерфейсу часто можуть виникнути питання навігації в системі.

4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

У даному розділі наведено результати роботи над програмною реалізацією розроблюваної системи. Тут описано розроблений структурний алгоритм, структуру розробленого програмного забезпечення та проведено тестування системи на контрольних прикладах, що описано у відповідних підрозділах даного розділу.

4.1 Опис розробленого алгоритму

Оскільки прогнозування за моделлю Харрода-Домара реалізується лише на один рік, то логічним відбором параметрів було здійснено модифікацію даного методу. У ролі φ -модифікації моделі реалізовано апроксимацію динаміки інвестицій та капіталу. Оскільки кожна з них має лінійну та експоненціальну динаміку відповідно, то було підібрано кутовий коефіцієнт для прямої, що описує динаміку зміни інвестицій в часі та коефіцієнти експоненціальної регресії для динаміки зміни капіталу, що описано у підрозділі 2.3. Оскільки реалізовано лише модель Харрода-Домара (але в перспективі програмне забезпечення передбачає можливість розширення за рахунок включення і інших методів), то підбираються залежності лише для двох параметрів, так як ще два (валове заощадження та ВВП) мають таку ж динаміку у відповідному співвідношенні.

Алгоритм роботи програми, таким чином, можна описати по пунктах у такому вигляді та схематично, як це зображенено на рис. 4.1:

- Введення вхідної інформації з БД;
- Підбір коефіцієнтів динаміки зміни параметрів за обраною моделлю;

- Прогнозування за обраною моделлю;
- Графічне ілюстрування отриманих результатів;
- Редагування, видалення, створення нових даних;
- Перевірка даних, що вводяться в систему;
- Збереження даних до БД;

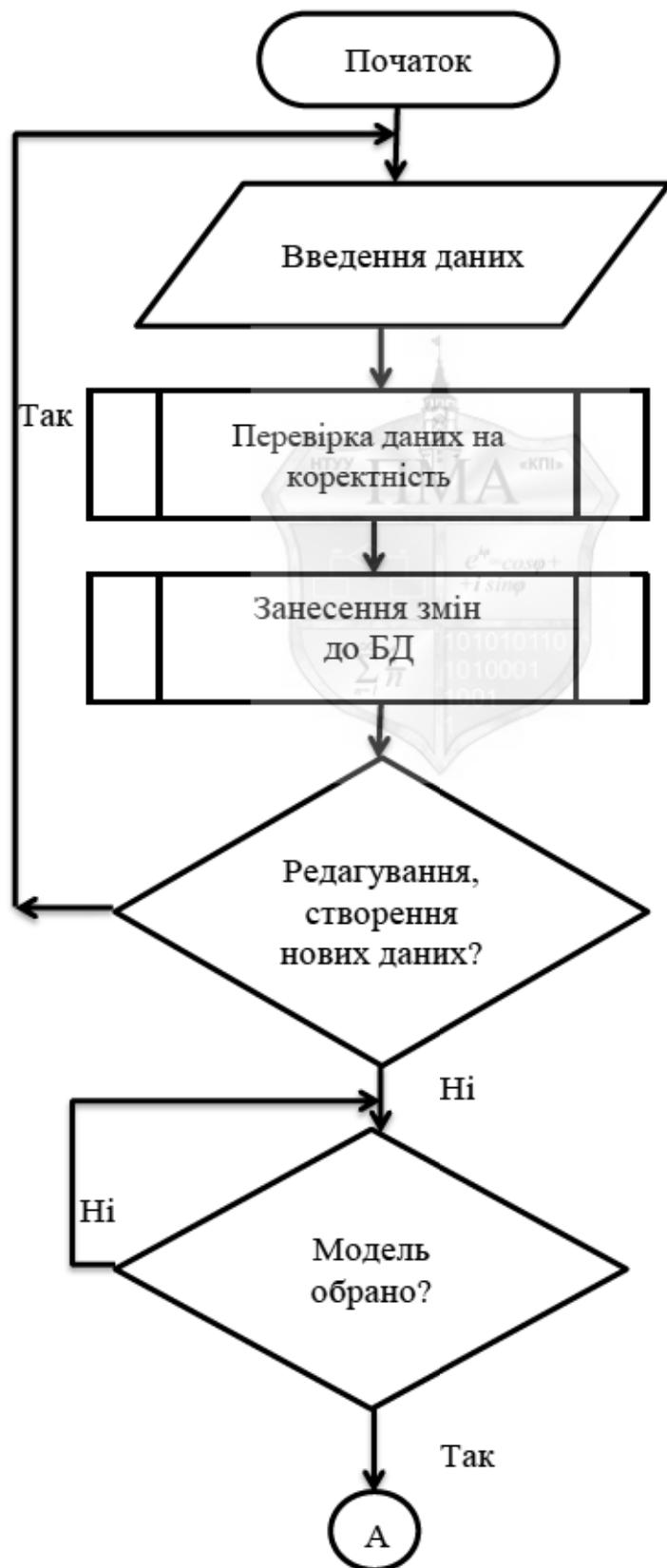




Рисунок 4.1 – Алгоритм роботи програми

4.2 Структура програмного забезпечення

Структура розробленого програмного забезпечення може бути схематично представлена, як на рисунку 4.2, оскільки в системі є підключення до БД, що реалізується при авторизації користувача, а ролі користувачів (адміністратор і користувач) визначають, які операції будуть їм доступні при роботі з програмою.

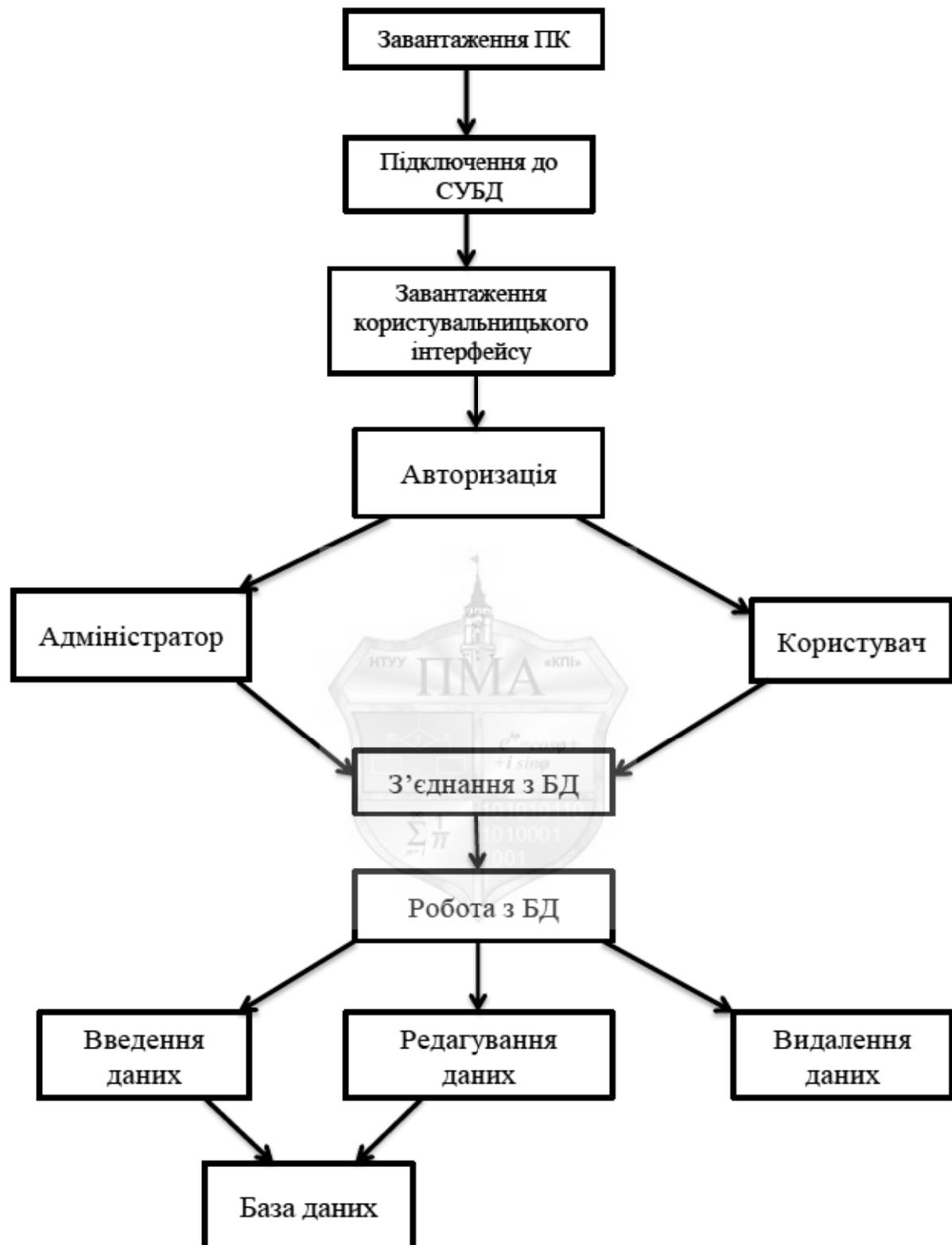


Рисунок 4.2 – Структура програмного забезпечення

4.3 Опис програми

Програма розроблена у середовищі програмування Visual Studio Ultimate 2013 на мові програмування C# із використанням СУБД Oracle та мови структурних запитів PL/SQL.

Користуватися розробленим програмним забезпеченням можуть лише авторизовані користувачі, що детально описано в підрозділі 3.7.

Програма складається із наступних форм:

- Авторизація користувача;
- Реєстрація нового користувача;
- Вікно перегляду всіх даних(доступне лише адміністратору);
- Вікно додавання нових та редагування існуючих даних (доступне лише адміністратору);
- Вікно виведення результатів роботи програми;
- Персональна сторінка користувача;

4.4 Опис контрольних прикладів

У якості контрольного прикладу було використано статистичні дані за період 2000-2012 років для України, що є у вільному доступі на сайті Міністерства фінансів України. Ці дані було додано у таблиці в БД розробленої системи (рис. 4.3) .

ECONOMY_FACTOR_NAME	COUNTRY_NAME	STATISTICS_YEAR	STATISTICS_VALUE
1 GDP	Ukraine	2000	170070
2 GDP	Ukraine	2001	204190
3 GDP	Ukraine	2002	225810
4 GDP	Ukraine	2003	267344
5 GDP	Ukraine	2004	345113
6 GDP	Ukraine	2005	441452
7 GDP	Ukraine	2006	544153
8 GDP	Ukraine	2007	720731
9 GDP	Ukraine	2008	948056
10 GDP	Ukraine	2009	913345
11 GDP	Ukraine	2010	1082569
12 GDP	Ukraine	2011	1302079
13 GDP	Ukraine	2012	1411238
14 Savings	Ukraine	2000	41096
15 Savings	Ukraine	2001	52248
16 Savings	Ukraine	2002	62632

Рисунок 4.3 - Таблиця статистичних даних

Оскільки, дана система призначена для прогнозування показників, то на рис. 4.4 зображено програму в дії: прогнозування показника заощаджень на основі розробленого алгоритму із використанням моделі Харрода-Домара.



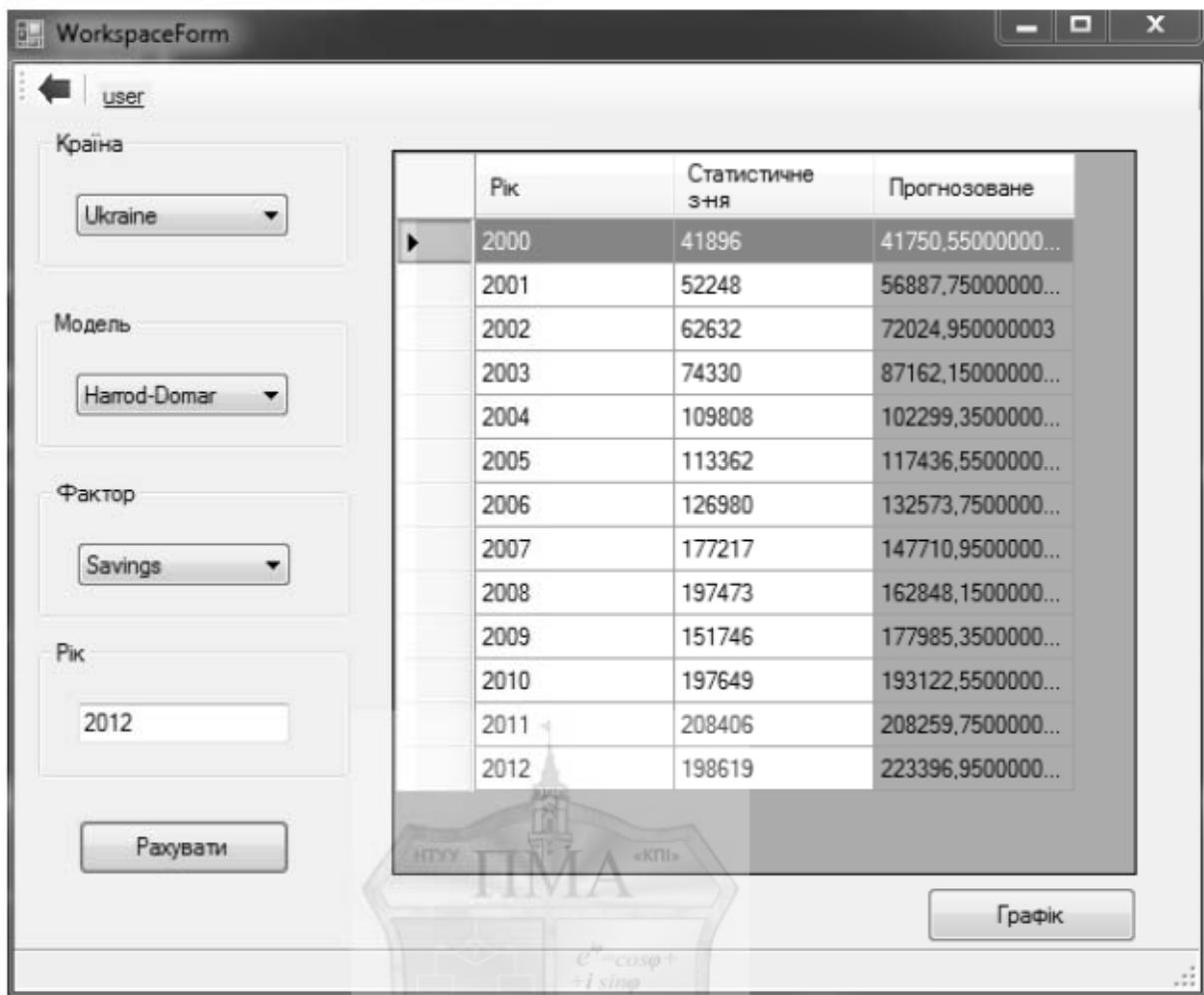


Рисунок 4.4 – Демонстрація прогнозування заощаджень

Також було спрогнозовано і інші показники – це капітал (рис. 4.5) та ВВП(рис4.6). Прогнозування ВВП є використанням фактично чистої моделі Харрода-Домара, але модифікованої для капіталу, що було апроксимовано експоненціальною залежністю.

WorkspaceForm

user

Країна

Ukraine

Модель

Harrod-Domar

Фактор

Kapital

Рік

2012

	Рік	Статистичне з'яня	Прогнозоване
▶	2000	828822	828822,0900750...
	2001	915477	828911,5955043...
	2002	964814	829154,89648656
	2003	1026163	829816,2571252...
	2004	1141069	831614,0217314...
	2005	1276201	836500,8525924...
	2006	1568890	849784,6361204...
	2007	2047364	885893,7034978...
	2008	3149627	984048,3251924...
	2009	3903714	1250860,249724...
	2010	6648861	1976130,255794...
	2011	7396952	3947618,5340232
	2012	9148017	9306679,295751...

Рахувати

Графік

Рисунок 4.5 – Демонстрація прогнозування капіталу

Оскільки графічно результати порівнювати набагато зручніше, то також було передбачено можливість виводити результати прогнозу і статистичні дані поруч на графіку для заощаджень(рис.4.6) та для інших показників, наприклад, капіталу(рис.4.7).

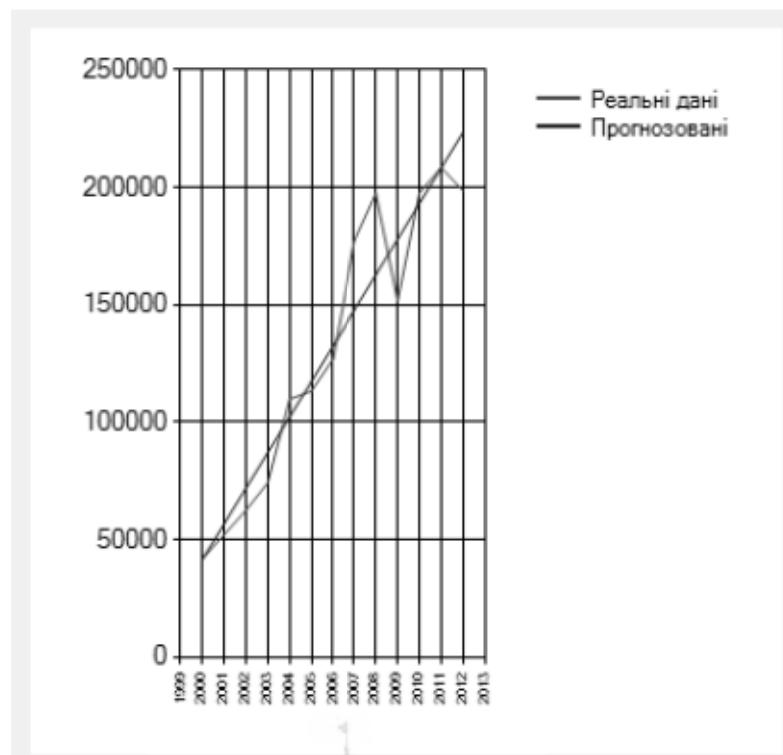


Рисунок 4.6 - Демонстрація графіку результатів прогнозу заощаджень

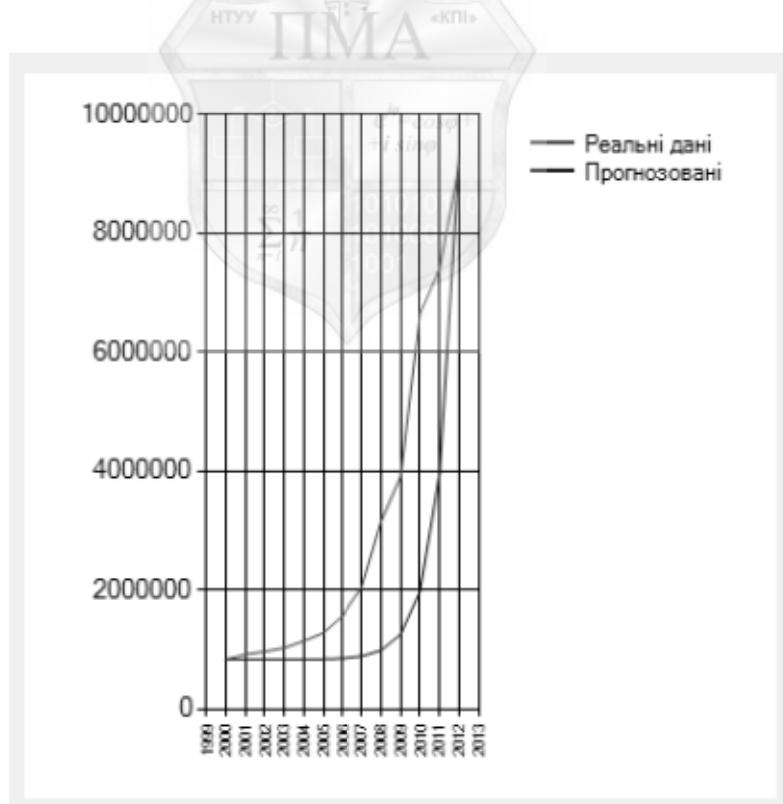


Рисунок 4.7 - Демонстрація графіку результатів прогнозу капіталу

4.5 Висновки до розділу

Отже, у результаті програмної реалізації описаної системи розроблено структурний алгоритм роботи програми та здійснено тестування дієспроможності системи, у результаті чого було виявлено, що дана система зможе розширюватися шляхом включення інших методів прогнозування економічної динаміки країни.

У якості контрольного прикладу було використано статистичні дані за період 2000-2012 років для України, що є у вільному доступі на сайті Міністерства фінансів України.

Задля мінімізації помилок при роботі із системою було розроблено опрацьовувані помилок, що реагують на некоректне введення даних та показують діалогові вікна при виникненні помилок.

ВИСНОВКИ

Метою даної роботи було створення автоматизованої системи, що реалізує модель задачі прогнозування економічного зростання. Під час розгляду існуючих систем для обробки статистичних даних було виявлено, що більшість із них не має централізованого сховища для збереження даних та розглядає лише математичні алгоритми, а не економічні моделі, що стало одними з причин розробки даної системи.

Тому для системи було реалізовано роботу з БД Oracle, оскільки дані мають зберігатися і бути доступними постійно. Саму програму реалізовано за допомогою засобів мови програмування C#. Під час виконання роботи було проаналізовано різні підходи вирішення задачі економічного росту та обрано модель Харрода-Домара як найбільш актуальну та здійснено її модифікацію за допомогою апроксимації динаміки зміни параметрів, оскільки дана модель враховує характер взаємозв'язків параметрів.

У якості контрольного прикладу було використано статистичні дані за період 2000-2012 років для України, що показало, що розроблений алгоритм дає похибку в 12%. Висока похибка(більше 10%) спричинена кризою 2008-2010 pp., оскільки модель не враховує зовнішніх факторів(у даному випадку – світова криза).

Тобто в результаті тестування дієспроможності системи було виявлено, що дана система зможе розширюватися шляхом включення інших методів прогнозування та може бути використана у складі систем підтримки прийняття рішень.

Наведені результати можуть бути використані при створенні інтелектуальних систем моделювання та підтримання прийняття рішень у різних предметних областях.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Башнянин Г.І., Лазур П.Ю., Медведев В.С. Політична економія. – К.: Ніка-Центр Ельга, 2000. - 527 с.
2. Стеценко Т.О. Аналіз регіональної економіки: Навч. Посібник. — К.: КНЕУ, 2002.— 116 с.
3. Б.В. Годун, Н.А. Соколова Моделирование экономической динамики. Курс лекций. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. - Херсон, ХНТУ, 2006. – 74 с.
4. Компьютер и Интернет для социолога. Инструменты для компьютерной обработки социологических данных [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.unn.ru/fsn/k2/courses/borisova/12.htm>
5. Самуэльсон. Экономика. -М.:Изд-во«Прогресс». -1964. –с.300-350.
6. М.Г.Гузь, А.О.Коломицьєва. Моделі трансформаційної економіки: Курс лекцій. – Донецьк.: ДУІ і ШІ «Наука і освіта», 2008. – с. 31-41.
7. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем: Учеб. пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2006. - с. 158-186.
8. Прикладные аспекты финансовой математики и математической экономики. Специальный семинар. – Саратов, СГУ им. Н.Г.Чернышевского, 2012. – с.2-18.
9. Інструментальні засоби моделювання: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.unityb.kiev.ua/~boiko/it/new1/kondratenko.htm>
10. Соколова Н.А., Иванов С.Н. Модели субъективной информации как основного фактора формирования предпочтений субъектов // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2011. - №4(43). – С.116 – 119.
11. Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999. – 104с.

12. Касьянов В.О., Прокопенко О.Є., Шипитяк Т.В. Дворівнева модель генерації переваг // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - Харьков: Технологический центр, 2011. - №2/3 (50). – С.35-40.

