

**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 прогнозування продажу квитків

Виконала: студентка 4 курсу, групи КМ-12

Козак Марія Сергіївна

Керівник: доцент кафедри ПМА, к.т.н доцент Олефір О.С

Консультант з нормоконтролю: ст. викл. Мальчиков В.В.

Рецензент: доцент каф. електропостачання Ковальчук А.М.

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

Студентка \_\_\_\_\_

**Націонал 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

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 р..



1. Тема роботи «Підсистема прогнозування продажу квитків»  
керівник роботи – доц. каф. ПМА Олефір Олександр Степанович  
затверджені наказом по університету від "19" травня 2015 р. № 1039-С.
2. Термін подання студентом завершеної роботи        “12” червня 2015 р.
3. Вихідні дані до роботи:
  - Інтервал часу для прогнозування;
  - Дані прогнозування за вказаний проміжок часу;
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		

Студент \_\_\_\_\_ Козак М.С.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Олефір О.С

## АНОТАЦІЯ

Дана дипломна робота виконана на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” та присвячено створенню підсистеми автоматизації квитків.

Метою роботи є створення підсистеми для прогнозування продажі квитків.

В рамках дипломної роботи проведено аналіз існуючих програмних систем, які орієнтовані на прогнозування продажу квитків на основі попередніх даних.

Дана підсистема є актуальною для компаній, які займаються продажем квитків у різних сферах діяльності людини.

Розглянуто існуючі рішення систем для прогнозування. Наведено приклади методів прогнозування та розгляд комбінованого методу передбачення нестационарних випадкових процесів.

Робота виконана на 61 аркушах, містить посилання на список використаних літературних джерел з 12 найменування. У роботі наведено 11 рисунків, 3 таблиця та 2 додатки.

Ключові слова: комбінований метод, прогнозування, реалізація.

## ABSTRACT

This course is made for education and qualification level "Bachelor" devoted to the creation and automation subsystems tickets.

The aim is to create a subsystem for forecasting sales of tickets.

As part of the thesis analyzes existing software systems that focus on ticket sales forecasting based on preliminary data.

This subsystem is relevant for companies selling tickets in different spheres of human activity.

Consider existing for decision systems for forecasting. Examples of methods of forecasting and review the combined method of prediction of non-stationary random processes.

Work carried out on 58 pages, containing a link to the list of literary sources used 12 names. In work are 11 figures, 3 tables and 2 appendices.

Keywords: combined method, forecasting, implementation.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ .....	9
ВСТУП .....	10
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	11
1.1 Опис предметної області .....	12
1.2 Аналіз існуючих програмних рішень у даній галузі .....	16
1.3 Огляд методів прогнозування .....	19
2 ОПИС МОДЕЛІ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ .....	22
2.1 Теоретичне обґрунтування .....	22
2.2 Аналітичне представлення моделі .....	23
2.3 Висновки до розділу .....	28
3 ПРОЕКТУАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ .....	30
3.1 Формати вхідних та вихідних даних .....	30
3.2 Проектування інтерфейсу користувача .....	30
3.3 Керівництво користувача .....	32
3.4 Висновки до розділу .....	33
4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	34
4.1 Опис розробленого алгоритму .....	34
4.2 Структура програмного забезпечення .....	36
4.3 Опис програми.....	37
4.4 Мова програмування.....	37
4.5 Опис контрольних прикладів.....	39
4.6 Висновки до розділу .....	41

ВИСНОВКИ.....	43
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА .....	44
ДОДАТКИ.....	45
Додаток А Лістинг програми .....	45
Додаток Б Ілюстративний матеріал.....	57



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

КМПНВП - комбінований метод передачення нестационарних випадкових процесів;

ОС – операційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

т.д. – так далі;

IBM-PC (Personal Computer) — платформа персональних комп'ютерів, започаткована у серпні 1981 року фірмою IBM;

MRP II (Manufacturing resource planning — планування ресурсів виробництва) — метод ефективного планування всіх ресурсів виробничого підприємства;

MS – Microsoft;

OLAP - (англ. online analytical processing, аналітична обробка в реальному часі) — це технологія обробки інформації, що дозволяє швидко отримувати відповіді на багатовимірні аналітичні запити.

## ВСТУП

У зв'язку з розвитком інформаційних технологій сьогодні збільшується потреба людини в інформації і вмінні правильно нею користуватись. Сховища та банки даних не можуть забезпечити швидкий доступ людини до потрібних даних, оскільки займають або багато часу, або вимагають великих потужностей обчислювальної техніки, через що виникає велике навантаження на людину і необхідно виділяти час для відпочинку.

Прогнозування – один з найбільш важливих інформаційних інструментів, використовуваних керівництвом фірми, основа планування бізнесу для більшості компаній.

Особливу увагу слід звернути на вибір оптимального методу прогнозування. Правильно підібрані засоби прогнозування значно поліпшують якість прогнозу, оскільки забезпечують його функціональну повноту, вірогідність і точність, а також зменшують часові й матеріальні витрати на прогнозування.

З цією метою було розроблено безліч методів, які оперуючи статистикою минулих купівель-продажів прогнозують майбутній попит на дані послуги. Прогнозування продажу квитків застосовуються багатьма компаніями у різних сферах діяльності. Наприклад, такі як, продаж квитків на авіалініях, фірми продажу різних товарів, квитки до кінотеатрів і т.д. У даній дипломній роботі розглядається комбінований метод передбачення нестационарних випадкових процесів, оскільки він дає найкраще наближення до реальних даних, що може слугувати корисним додатком для автоматизованих систем купівель-продажів, зокрема підсистеми автоматизації квитків.

Для розробки подібної системи важливо використовувати сучасні технології та програмне забезпечення, щоб система була гнучкою та налаштовуваною.

## 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Завданням дипломної роботи є створення підсистеми для прогнозування продажу квитків у різних сферах.

Метою дипломної роботи є розробка програми, яку можна використовувати у будь-якій сфері пов'язаній з продажем квитків.

Даний програмний продукт повинен аналізувати та обробляти вхідні дані за допомогою методу в основі якого вирішення буде лежати КМПНВП.

Вхідними даними є кількість проданих квитків, інтервал часу для прогнозування, кількість реалізацій та початкові дані останньої реалізації. Вихідними даними являються прогноз на вказаний інтервал часу та графічне представлення прогнозування.

Програма включатиме допоміжні функції для введення та виведення даних та інтерфейси для взаємодії між компонентами системи, графічний інтерфейс користувача.

Експлуатаційне призначення програмного продукту заключається у зручному та якісному програмному забезпеченні, яке буде використовуватись у різних сферах для оптимізації роботи кінотеатрів, театрів і т.д для зменшення можливих великих затрат часу.

Програмне забезпечення, яке розробляється створене в середовищі програмування C# і призначено для використання на IBM-PC сумісних комп’ютерах з процесором типу Intel Pentium. Робота програми не вимагає обов’язкового встановлення компілятора C# чи середовища програмування Microsoft Visual Studio. Програмний продукт розроблений для використання в ОС сімейства MS Windows.

## 1.1 Опис предметної області

Прогнозування — процес передбачення майбутнього стану предмета чи явища на основі аналізу його минулого і сучасного, систематична інформація про якісні й кількісні характеристики розвитку цього предмета чи явища в перспективі. Результатом прогнозування є прогноз — знання про майбутнє і про вірогідний розвиток сьогоднішніх тенденцій.

Тенденція – (від лат. *tendo* — направляю, прагну) — можливість тих чи інших подій розвиватися в даному напрямку.

Людині властиве постійне прагнення хоча б краєм ока заглянути у завтрашній день, передбачити майбутні події. Але основна причина, яка спонукає людину вдаватися до прогнозування, полягає в бажанні краще зрозуміти явища сьогодення. Прагнення прогнозувати є однією з головних функцій людської свідомості. Таке бажання ще більш властиве тим, хто управлює соціально-політичними процесами. Та й сама суспільно-політична практика засвідчує: чим вищий рівень прогнозування, тим ефективнішим і результативнішим є планування та управління.

Прогноз у системі управління є передплановою розробкою різноманітних моделей розвитку об'єкта управління. Терміни, обсяги робіт, числові характеристики об'єкта та інші показники у прогнозі мають імовірнісний характер і обов'язково передбачають можливість внесення коригувань.

Мета прогнозування - одержання науково обґрунтованих варіантів тенденцій розвитку різних показників, а також усієї системи менеджменту.

Об'єкт прогнозування - економічна і соціальна діяльність суб'єктів господарювання у системі національної економіки в короткостроковій, середньостроковій і довгостроковій перспективі.

Специфічні особливості прогнозування:

- основою прогнозування є прогностичні методи;

- це самостійна галузь знань, тому що низка соціально-економічних процесів не піддається плануванню і є виключно об'єктом прогнозування (демографічні процеси, поточний попит населення на предмети споживання, склад родин тощо).

Система прогнозування - певна єдність методології, організації і розробки прогнозів, що забезпечує їхню погодженість, спадкоємність і безперервність.

Прогнозування застосовується в наступних ситуаціях:

- Ланцюг постачання — прогнозування застосовується в ланцюгу постачання для забезпечення клієнтів компанії правильним продуктом у правильний час. Є складовою частиною процесів управління попитом та планування продажів і операцій, який є складовою частиною процесів в алгоритмі MRP II

- Бізнес планування — частина підготовки та розробки бізнес планів;
- Прогноз погоди, Метеорологія;
- Планування транспорту;
- Економічне прогнозування;
- Технологічне прогнозування;
- Передбачення землетрусів;
- Політичне прогнозування;
- Прогнозування педагогічне.

Розрізняють такі методи прогнозування:

1. Неформальні. Керівництво покладається на різні джерела письмової та усної інформації як на допоміжний засіб з метою прогнозування та вироблення цілей. Методи збору вербалної (усної) інформації часто використовуються під час аналізу зовнішнього середовища. Сюди належать інформація, отримана з радіо- та телепередач, від споживачів, постачальників, конкурентів, консультантів, на торгових нарадах у професіональних

організаціях. Джерела письмової інформації про зовнішнє оточення — це газети, торгові журнали, інформаційні бюллетепі, професійні журнали та річні звіти. Деякі керівники використовують дані про дії конкурентів, одержані способом промислового шпіонажу.

2. Кількісні, що застосовуються для прогнозування, якщо є підстави вважати, що діяльність у минулому мала певну тенденцію, яку можна продовжити в майбутньому, і коли наявної інформації достатньо для виявлення статистично достовірних тенденцій або залежностей. Крім того, керівник повинен знати, як використати кількісну модель, та пам'ятати, що вигоди від прийняття ефективнішого рішення мають покривати витрати на створення моделі.

Вирізняють такі типові методи кількісного прогнозування:

- аналіз часових рядів, що ґрунтується на дослідженні подій, які відбулися в минулому, є основою для планування. Його можна провести за допомогою таблиці або графіка шляхом нанесення на координатну сітку точок, що відповідають подіям минулого. Цей метод часто використовується з метою оцінювання попиту на товари й послуги, визначення потреб у запасах і прогнозування структури збуту;

- каузальне (причинно-наслідкове) моделювання — спроба спрогнозувати те, що відбудеться у подібних ситуаціях, шляхом дослідження статистичної залежності між фактором, що розглядається, й іншими змінними. Ця залежність називається кореляцією. Чим тісніша кореляція, тим більша придатність моделі для прогнозування.

3. Якісні. Якість інформації недостатня, або керівництво не розуміє складних методів, або коли кількісна модель є надто дорогою, керівництво може використовувати якісні моделі прогнозування. При цьому майбутнє прогнозують експерти, до яких звертаються за допомогою. Найпоширенішими якісними методами прогнозування вважаються; думка журі, загальна думка працівників відділу збуту, модель очікування споживача та метод експертних оцінок.

Випадковий процес (англ. stochastic process, нім. Stochastischer Prozess, рос. Случайный процесс) — важливе поняття сучасної теорії ймовірностей. Є певним узагальненням поняття випадкова величина, а саме — це випадкова величина, що змінюється з часом (іншими словами: випадкова величина, що залежить від змінної величини, яку називають час, або іншими словами — це набір випадкових величин, параметризованих величиною Т — часом)[1].

Розрізняють випадкові процеси з дискретним і неперервним часом [2]. Випадкові процеси широко застосовуються в багатьох галузях науки і техніки. Теорія випадкових процесів має велике значення для сучасної фінансової та актуарної математики.

Наукові дослідження в галузі теорії випадкових процесів та її застосувань проводяться по всьому світу.

Стационарність — властивість процесу не змінювати свої характеристики з часом

Випадковий процес  $X(t)$  називається стационарним, якщо всі його імовірнісні характеристики не міняються з часом  $t$ .

Стационарний випадковий процес, важливий спеціальний клас випадкових процесів, що часто зустрічається в додатках теорії вірогідності до різних розділів природознавства і техніки. Випадковий процес  $X(t)$  називається стационарним, якщо всі його імовірнісні характеристики не міняються з часом  $t$  (отже, наприклад, розподіл вірогідності величини  $X(t)$  при всіх  $t$  є одним і тим же, а спільний розподіл вірогідності величин  $X(t_1)$  і  $X(t_2)$  залежить лише від тривалості проміжку часу  $t_2 - t_1$ , тобто розподіли пар величин  $\{X(t_1), X(t_2)\}$  і  $\{X(t_1 + s), X(t_2 + s)\}$  однакові при будь-яких  $t_1, t_2 \in \mathbb{R}$  і  $s \in \mathbb{R}$ ).

Стационарні процеси є частковим випадком більш широкого класу — нестационарних процесів. Якщо будь-яка зі щільностей розподілу змінюється при зміні початку відліку часу, то випадковий процес називається

нестаціонарним. В цьому випадку хоча б одна з моментних характеристик залежить від часу.

Теорія випадкових (стохастичних) процесів вивчає випадкові величини, які залежать від одного або декількох параметрів, що змінюються неперервно. Теорія випадкових процесів ґрунтується на понятті випадкового процесу [3]. Взагалі, процесом називається кожне явище, яке розвивається в часі.

Випадковим (стохастичним) процесом називається множина випадкових величин, залежних від одного чи декількох змінних параметрів. Таким чином, поняття стохастичного процесу узагальнює поняття випадкової величини. Випадковий процес формально є випадковою величиною  $X = X(t)$ , яка змінюється зі зміною невипадкового аргументу  $t \in T$  ( $T$  – область визначення випадкового процесу).

Якщо будь-яка зі щільностей розподілу змінюється при зміні початку відліку часу, то випадковий процес називається нестаціонарним. У цьому випадку хоча б одна з моментних характеристик залежить від часу.

## 1.2 Аналіз існуючих програмних рішень у даній галузі

На сьогодні вже існує багато програм для прогнозування на основі попередніх даних. Широко застосовуються такі програмами:

### 1. Forecast4AC :

Програма Forecast4AC PRO розраховує прогноз в Excel швидко і легко. Forecast4AC PRO - програма для прогнозування в MS Excel. Рекомендується для роботи з великими масивами даних. Легко розрахує прогноз від 1-го дня до декількох років. Крім того, програма має цілий набір можливостей для прогнозування.

Можливості Forecast4AC PRO:

- Підбирає найточнішу модель прогнозу з більш ніж 100 комбінацій;
- Прогнозує по днях, місяцях, кварталах або будь-яким іншим циклам;
- Розраховує коефіцієнти сезонності і межі прогнозу;
- Автоматично скоректує дефіцит і піки;
- 4 види графіків для візуального аналізу;
- Панель - панель для графічного аналізу великого масиву даних;
- Аналіз кожного етапу обчислення;
- Облік додаткових факторів.

Легко інтегрувати в існуючі бізнес - процеси, тому прогноз можна розрахувати на підставі даних OLAP кубів, аналітичних BI - систем (наприклад, QlikView), зведеніх таблиць і звітів в Excel з облікових програм 1C, SAP і т.д.



## 2. Безкоштовна програма Excel-прогноз.

Призначена для прогнозування сезонних продажів. Програма працює всередині електронної таблиці Excel, тому можна використовувати всі обчислювальні і графічні засоби Excel.

Програма видає прогнози на 1, 2 і т.д. днів вперед і відносні помилки прогнозу.

Порівняльна характеристика розглянутих та розробленої системи наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Порівняльна характеристика розглянутих та розробленої системи

Програмний засіб	ОС	Задання межі прогнозу	Швидкодія	Ліцензія
Forecast4AC PRO	Microsoft Windows, Macintosh, Linux	«КПІ» + $\cos \varphi$ + $i \sin \varphi$ 10101010 1010001 1001	-	Пропріетарна
Excel-прогноз	Кросплатформенна	-	+	Вільна
Розробленана система	Кросплатформенна	+	+	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 методів прогнозування

В залежності від ступеня формалізації, методи прогнозування можна об'єднати в три групи:

- фактографічні (формалізовані);
- експертні (інтуїтивні);
- комбіновані.

Фактографічні методи прогнозування ґрунтуються на достатньому інформаційному матеріалі про об'єкт прогнозування та його минулий розвиток. До них належить група методів прогнозної екстраполяції та моделювання.

Методи екстраполяції базуються на припущеннях того, що закономірність (тенденція) розвитку об'єкта в минулому буде незмінною протягом певного часу і в майбутньому. Залежно від особливостей змін рівнів у динамічних рядах екстраполяції можуть бути простими і складними.

Методам багатофакторного моделювання належить особливе місце в сучасному прогнозуванні. Це методи логічного, інформаційного та статистичного моделювання.

До логічного моделювання належать методи прогнозування за історичною аналогією, побудови сценарію, дерева цілей і т.д.

Методи інформаційного моделювання є специфічною галуззю прогнозування і будується на підставі вивчення джерел масової інформації, які містять певні необхідні, логічно впорядковані гіпотези.

Методи статистичного моделювання є найбільш поширеними в прогнозуванні. Вони поділяються на дві групи:

- методи прогнозування на підставі одиничних рівнянь регресії;
- методи прогнозування на підставі системи рівнянь взаємозв'язаних рядів динаміки.

Метод Дельфі – використовують для визначення й оцінки ймовірності настання тих або інших подій. Він дає змогу узагальнити думки окремих експертів в узгоджену групову думку. Особливість методу Дельфі полягає в тому, що він передбачає анонімність експертів, використання результатів попереднього туру опитування, статистичну характеристику групової відповіді.

Комбіновані методи прогнозування об'єднують експертні і фактографічні методи. Прикладом може бути метод ПАТТЕРН, при якому експерти формулюють колективні судження на основі використання принципу “дерева цілей”. Англ. Слово Pattern означає “шаблон”, “модель”, “схема” і перекладається за першими літерами як ”допомога плануванню за допомогою відносних показників технічної оцінки”.

Також існує комбінований метод передбачення нестационарних випадкових процесів [4]. За допомогою деякої кількості реалізацій, в яких є дискретні значеннякої реалізації і поточне значення номеру реалізації, можна спрогнозувати на обраний період часу дані. Як критерій найкращого приближення передбачення значень до дійсних застосувався критерій мінімума середньоквадратичної похибки.

Порівняльна таблиця методів прогнозування наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльна таблиця методів прогнозування

Назва методу	Точність	Враховує періодич- ність	Далеке прогнозування	Швидкість
Метод екстра- поляцій	Низька	-	-	Висока
Методам багатофакторного моделювання	Середня	-	+	Середня

Продовження таблиці 1.2

Назва методу	Точність	Враховує періодичність	Далеке прогнозування	Швидкість
Методи інформаційного моделювання	Середня	+	-	Висока
Методи статистичного моделювання	Середня	+	-	Висока
Метод Дельфі	Середня	+	-	Висока
метод ПАТТЕРН	Висока	+	+	Висока
комбінований метод передбачення нестационарних випадкових процесів	Висока	$e^{j\omega} \cos + i \sin \phi$ $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!}$	+	Висока

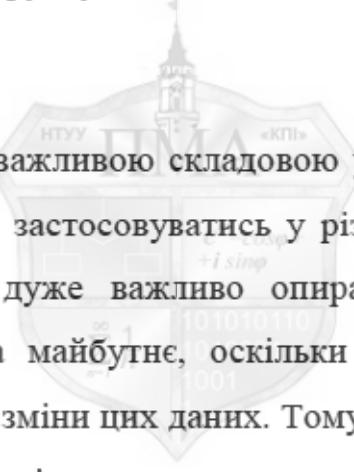
#### 1.4 Висновки до розділу

Серед розглянутих методів, не кожен відповідає вимогам розробленої системи, описаних вище (розділ 1). Як найбільш задовільний був обраний комбінований метод передбачення нестационарних випадкових процесів через його універсальність та простоту реалізації. Даний метод може використовуватись як для короткотривалого прогнозування так і для довготривалого. Також метод має високу швидкодію та точність результатів.

## 2 ОПИС МОДЕЛІ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ

У даному розділі наведено теоретичне обґрунтування вибору моделі прогнозування продажу квитків. Також у розділі описано аналітичне представлення обраного методу та спрогнозовано на основі комбінованого методу передбачення нестационарних випадкових процесів кількість куплених квитків за вказаний період часу на основі вхідних даних, що задаються користувачем.

### 2.1 Теоретичне обґрунтування

Прогнозування є важливою складовою у повсякденному житті кожної людини, оскільки може застосовуватись у різних галузях діяльності. Але у цій сфері також дуже важливо опиратися на попередні дані для точнішого прогнозу на майбутнє, оскільки є дуже важливим не тільки прогноз, але й динаміка зміни цих даних. Тому прогнозування застосовується у різних сферах діяльності, наприклад компаніях, які займаються продажем квитків до кінотеатрів, різні авіалінії, транспортне обслуговування та інші.

При прогнозуванні показників завжди обираються методи, що дають точніші результати, залежно від можливостей обладнання, бажано обирати саме ті методи, що швидше працюють і дають меншу похибку.

Для вирішення задач такого типу найбільше підходить комбінований метод передбачення нестационарних випадкових процесів, оскільки він простий у реалізації та надання користувачу право вибору обсягу кількості вхідних даних.

## 2.2 Аналітичне представлення моделі

Прогнозування — процес передбачення майбутнього стану предмета чи явища на основі аналізу його минулого і сучасного, систематична інформація про якісні й кількісні характеристики розвитку цього предмета чи явища в перспективі. Результатом прогнозування є прогноз — знання про майбутнє.

Метод розв'язання поставленої задачі являється використання комбінованого методу передбачення нестационарних випадкових процесів. У даній задачі є деяка кількість реалізацій. В яких є дискретні значення кожної реалізації і поточне значення номеру реалізації. Як критерій найкращого приближення передбачення значень до дійсних застосовувався критерій мінімума середньоквадратичної похибки.

Процес, який залежить від різних факторів, які змінюються при зміні початку відліку часу, то випадковий процес називається нестационарним[5].

Математичний опис полягає в наступному. Метод розв'язання поставленої задачі являється використання комбінованого методу передбачення нестационарних випадкових процесів [6]. Як критерій найкращого приближення передбачення значень до дійсних застосовувався критерій мінімума середньоквадратичної похибки.

Для початку задається розмірність прямокутної матриці, де вхідні дані будуть відповідати векторам даної матриці. Кожний вектор це реалізація нестационарного випадкового процесу.

Нехай відомі  $M$  реалізацій нестационарного випадкового процесу. Зобразимо на рисунку 2.1 першу реалізацію. На рисунку 2.2 зображену другу реалізацію. На рисунку 2.2 зображену  $M$  реалізацію. На рисунку 2.4 зображену  $M+1$  реалізацію.

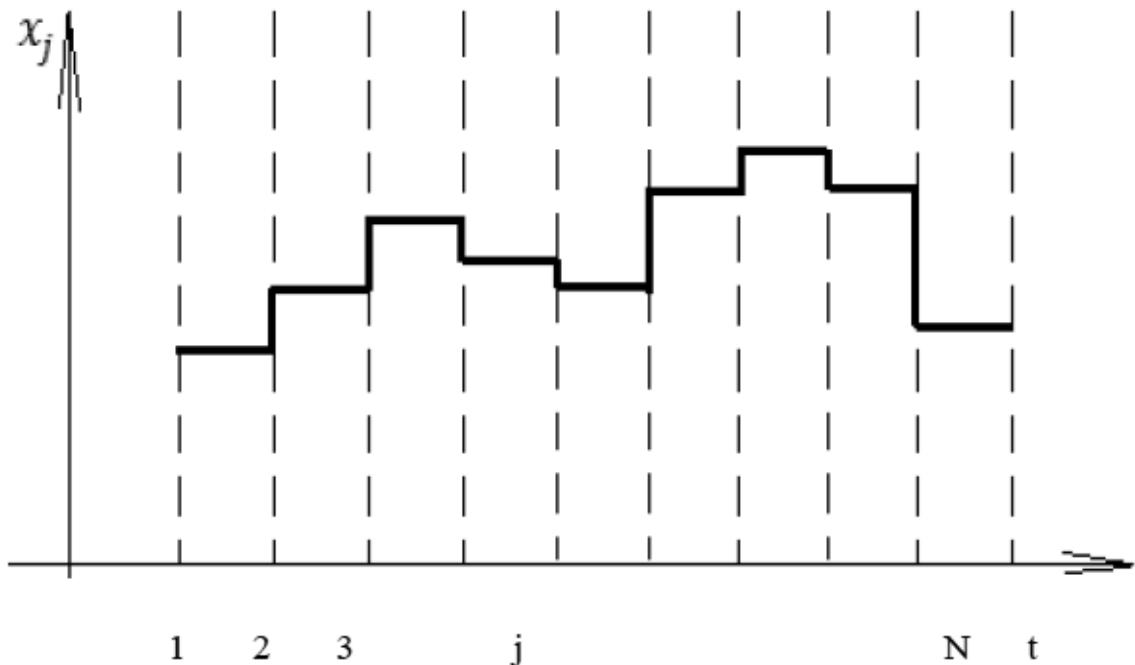


Рисунок 2.1 - 1 реалізація

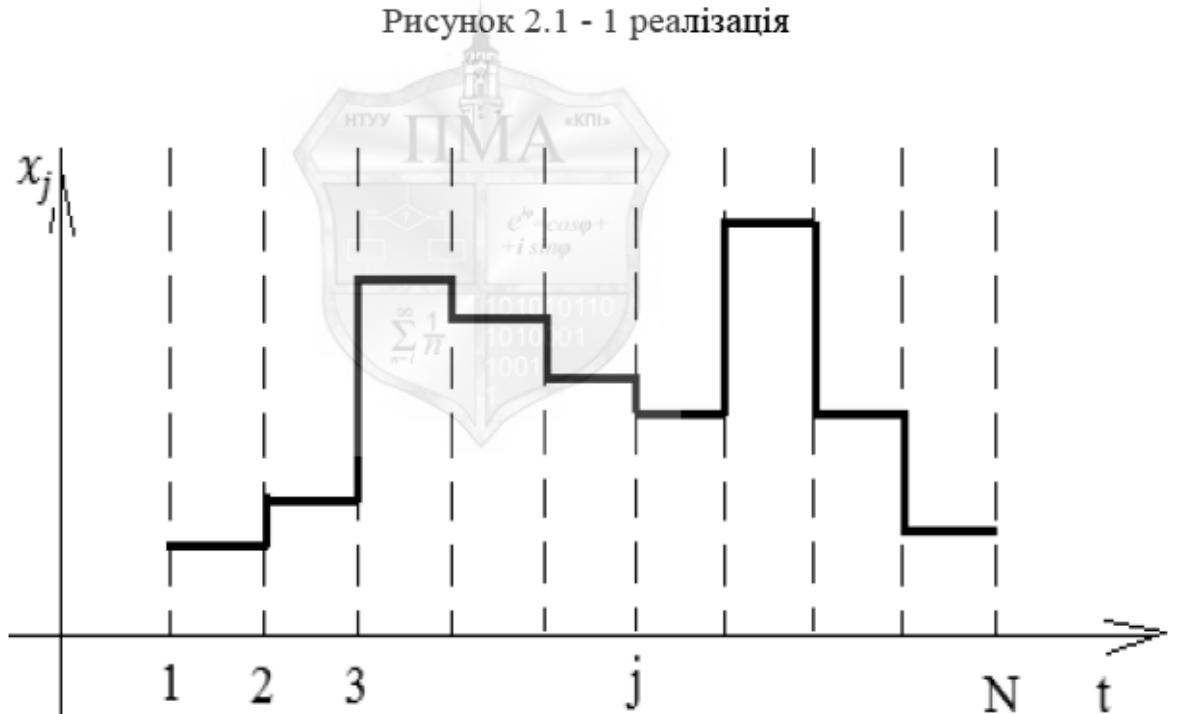


Рисунок 2.2 – 2 реалізація

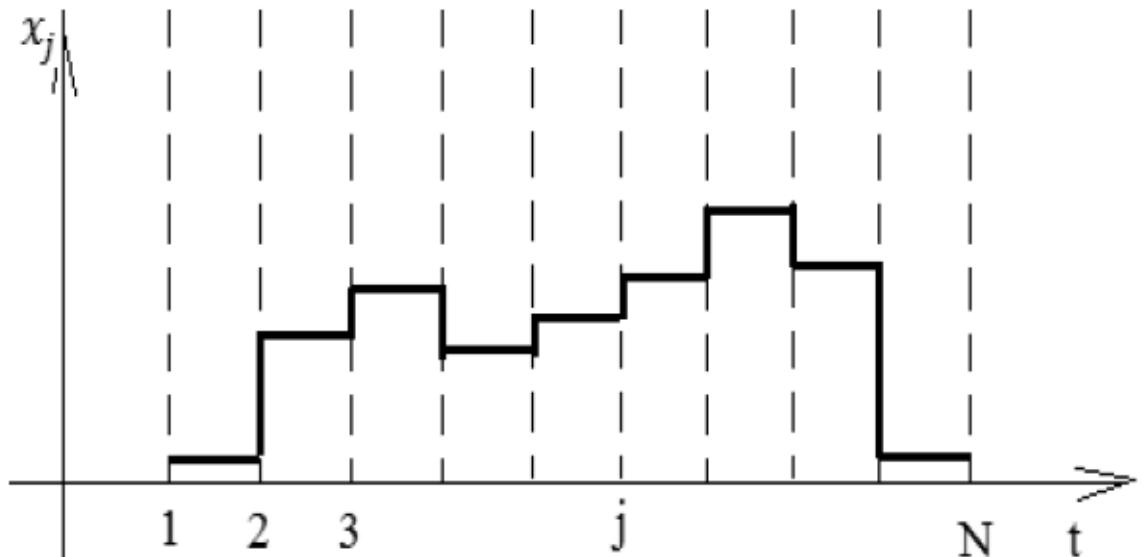


Рисунок 2.3 - М реалізація

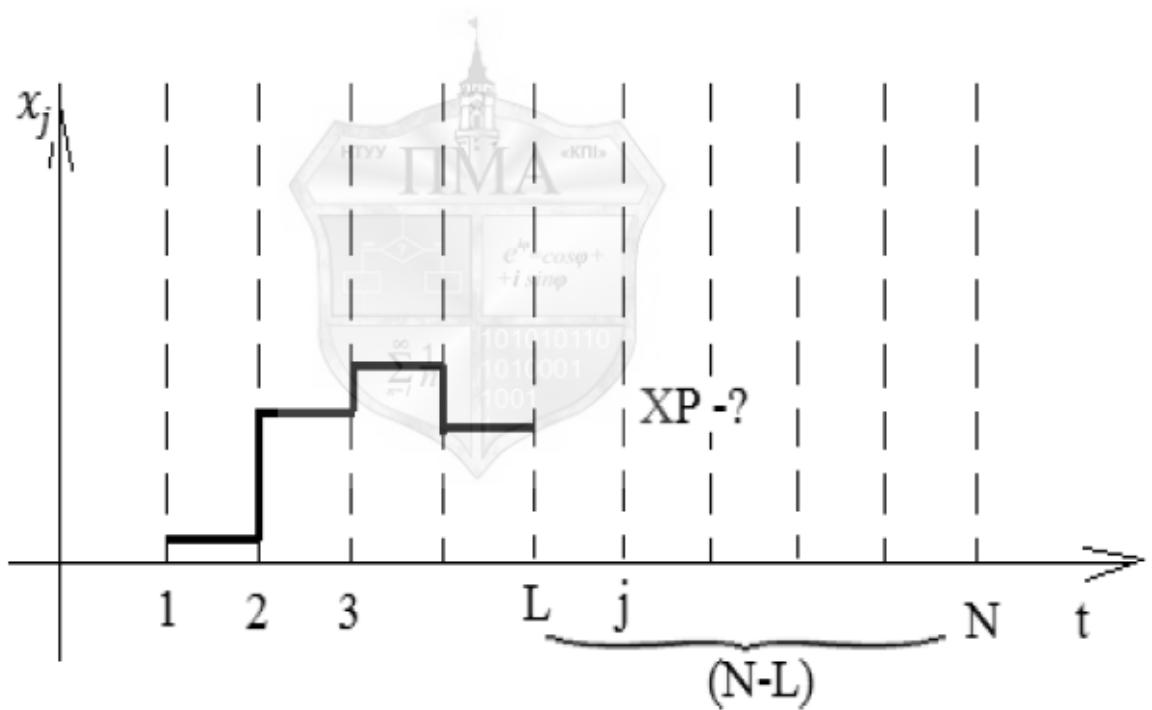


Рисунок 2.4 - М+1 реалізація

Визначити оптимальну частину графіка.

Якщо позначити  $j$ - дискретні значення кожної реалізації, а через  $i$  – поточне значення номеру реалізації, то всі значення  $x_{ij}$  можна представити у вигляді прямокутної випадкової матриці

$$X = \begin{bmatrix} X_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & \cdots & \cdots & x_{1N} \\ \cdots & \cdots & x_{ij} & \cdots & \cdots \\ x_{M1} & \cdots & \cdots & \cdots & x_{MN} \\ x_{(M+1)1} & \cdots & x_{(M+1)h} & \cdots & x_{(M+1)N} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$XM = [x_{ij}] \quad i=1, 2, \dots, M$$

$$J=1, 2, \dots, N$$

Де  $x_{ij}$  – значення  $j$ -го випробування  $i$ -тої реалізації. Кожний вектор-стовбець даної матриці являє собою стаціонарну послідовність випробувань, вектор-рядок – нестаціонарна реалізація випадкового процесу [8]. Позначимо через  $K$  потрібну степінь точності для передбачення, яку вибираємо довільно.

Побудуємо матрицю  $F$ :

$$F = \begin{bmatrix} F_{11} & \cdots & F_{1N} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ F_{K1} & \cdots & F_{KN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Кількість рядків дорівнює степені точності, кількість стовбців – кількості випробувань реалізацій.

Кожний елемент матриці обчислюється по формулі:

$$\begin{aligned}
 F_{1j} &= \sum_{i=1}^M x_{ij} r_i \\
 F_{2j} &= \sum_{i_1=1}^M \sum_{i_2=1}^M \dots \sum_{i_k=1}^M \prod_{q=1}^K x_{qj} r_q \\
 &\dots \dots \dots \quad (3) \\
 F_{2j} &= \sum_{i_1=1}^M \sum_{i_2=1}^M \dots \sum_{i_k=1}^M \prod_{q=1}^K x_{qj} r_q
 \end{aligned}$$

Другий індекс  $j$  елементу  $F_{qj}$  вказує на використання в даній формулі елементів  $x_{ij}$  з  $j$ -го стовпчика матриці  $X$ . Причому

$$F_{ij} = F_{1j}^i \quad (4)$$

Коефіцієнт  $r_i$  – коефіцієнт довіри до  $i$ -тої реалізації. Вони приймають значення з проміжком  $[0,1]$ . Коефіцієнт довіри до реалізації  $M$  припустимо, що дорівнює 1, знаючи коефіцієнт довіри до першої реалізації, проміжні коефіцієнти обчислюються по формулі:

$$r_i = r_1 + \frac{1-r_1}{M-1}(i-1) \quad (5)$$

Враховуючи стаціонарний характер змін  $\{x_j\}$ ,  $j=1, \dots, K$  від реалізації до реалізації, можна визначити передбачувані дані  $\{x_{(M+1)j}\}$ ,  $j=1, \dots, h$  користуючись розширенним оператором передбачення:

$$x_{(M+1)j} = \sum_{i=1}^K c_i F_{ij} \quad (6)$$

коефіцієнти  $c_i$ ,  $i=1,2,\dots,K$  – вільні змінні.

Потрібно знайти такі  $c_i$ , щоб відомі виміри  $M+1$ -ої реалізації найкращим чином в розумінні деякого критерію наближувалось до обчислених по попереднім формулам значення.

В якості критерію найкращого приближення передбачення значень до дійсного, на відстані від 1 до  $L$ , приймемо критерій мінімума середньоквадратичної похибки:

$$\bar{\varepsilon}^2 = \frac{1}{h} \sum_{j=1}^h (x_{(M+1)j} - \sum_{i=1}^K c_i F_{ij})^2 \quad (7)$$

Мінімум даної функції відносно  $c_i$ , шукається з системи рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \bar{\varepsilon}^2}{\partial c_1} = 0 \\ \frac{\partial \bar{\varepsilon}^2}{\partial c_2} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial \bar{\varepsilon}^2}{\partial c_K} = 0 \end{array} \right. \quad (8)$$

Після диференціювання і приведення отримуємо систему лінійних рівнянь, кожний з яких має вигляд:

$$\sum_{j=1}^K c_j (\sum_{i=1}^h F_{pi} F_{ji}) = \sum_{l=1}^h F_{pl} x_{(M+1)l} \quad (9)$$

$h$  – кількість відомих даних  $M+1$  реалізації;

рівняння з номером  $p$  отримуємо шляхом диференціювання функції середньоквадратичної похибки по змінній  $C_p$  [7].

Знайшовши  $C$  і підставивши у формулу (6) для  $j=h+1, \dots, N$  отримаємо передбачені значення  $x_{(M+1)j}$ .

### 2.3 Висновки до розділу

Отже, у якості математичного методу розв'язку поставленої задачі реалізовано модель в основі якого являється використання комбінованого методу передбачення нестационарних випадкових процесів. У даній задачі є деяка кількість реалізацій. В яких є дискретні значення кожної реалізації і поточне значення номеру реалізації. Як критерій найкращого приближення

передбачення значень до дійсних застосовувався критерій мінімума середньоквадратичної похибки.



### 3 ПРОЕКТУАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

У даному розділі наведено результати роботи над проектуванням програмних засобів розроблюваної системи. Тут наведено формати вхідних та вихідних даних, архітектуру розроблюваної системи, проектування інтерфейсу користувача, керівництво користувачів.

#### 3.1 Формати вхідних та вихідних даних

Вхідні дані:

- Інтервал часу для прогнозування;
- Кількість реалізацій;
- Кількість початкових даних в останній реалізації;
- Кількість проданих квитків за попередніми даними;

Вихідні дані:

- Прогноз кількості проданих квитків за вказаний інтервал часу;
- Коефіцієнти рівняння для визначення середньоквадратичної похибки;
- Графічне зображення прогнозу.

#### 3.2 Проектування інтерфейсу користувача

Програма розроблена в середовищі C#, тому можемо представити попередній схематичний вигляд екранних форм.

Основна форма.

Призначена для вводу вхідних даних для побудови прогнозу на заданий інтервал часу, зображене на Рис.3.1.

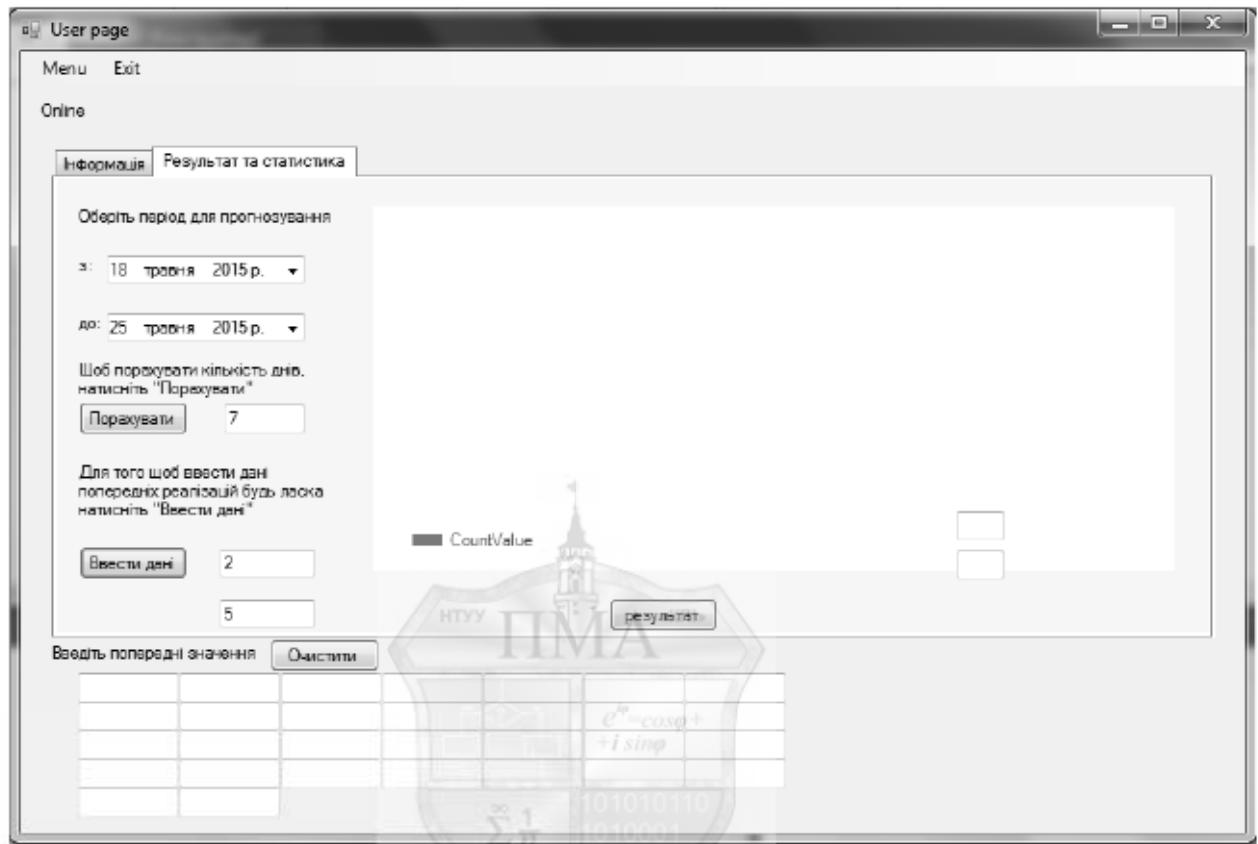


Рисунок 3.1 - Основна форма

Після обрання періоду прогнозування і вводу попередніх статистичних даних можна здійснити прогнозування продажу квитків на заданий інтервал часу.

Після натискання на кнопку «Результат» у цьому вікні відображається результат прогнозування у вигляді масиву чисел та діаграми відповідно, зображене на Рис.3.2

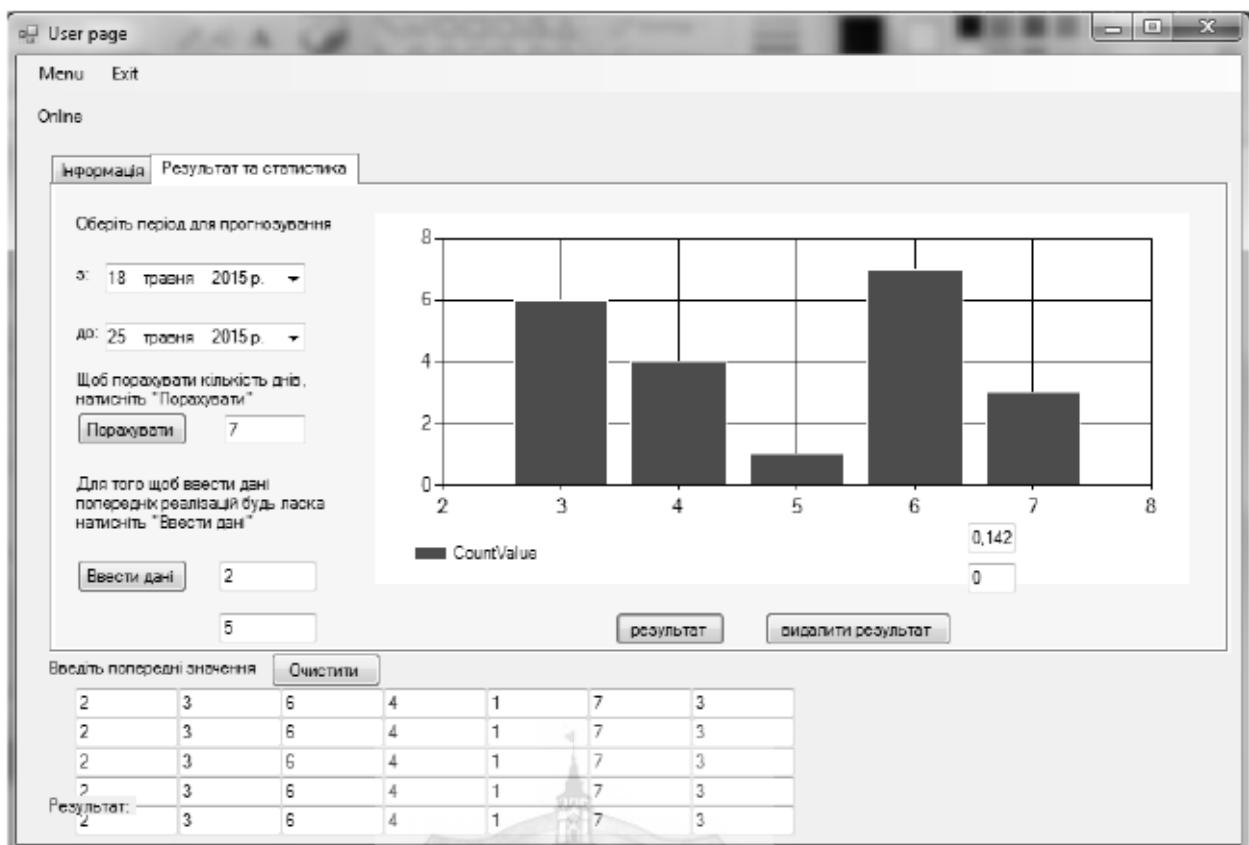


Рисунок 3.2 – Результат

На рисунку 3.2 зображене введення вхідних даних у вигляді масиву чисел, які відповідають реалізаціям комбінованого методу передбачення нестационарних випадкових процесів.

### 3.3 Керівництво користувача

Для коректно використання програми необхідно папку “Прогнозування” скопіювати в будь-яке місце на жорсткому диску та запустити файл “Прогнозування.exe”.

Після цього з’являється головне вікно програми для прогнозування. Спочатку користувачу необхідно обрати період для прогнозування. Для того, щоб порахувати обрану кількість днів потрібно натиснути кнопку

«Порахувати». Програма порахує і виведе результат у блок для відповіді. Далі користувачу необхідно ввести кількість днів останньої реалізації і саму кількість реалізацій. Після цього натиснувши кнопку «Ввести дані», надається змога ввести попередні дані для прогнозування. Натиснувши кнопку «Результат», користувач отримує результат у вигляді масиву чисел і графіку відповідно, де зображуються дані результату.

### 3.4 Висновки до розділу

Підсистема має чіткий і зрозумілий інтерфейс. А інтерфейс як ми знаємо відіграє важливу роль для користування користувача. Тому метою даної роботи є створення підсистеми прогнозування продажі квитків, яка буде актуальною для компанії, які потребують автоматизації продажі квитків і для підвищення рентабельності роботи також потребують, щоб їх програмний продукт мав функції прогнозування із найменшою похибкою.

## 4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ

У даному розділі наведено результати роботи над програмною реалізацією розроблюваної підсистеми. Також описано розроблений структурний алгоритм, структуру розроблюваного ПЗ та проведено тестування системи на контрольних прикладах, що описано у підрозділі 4.4 даного розділу.

### 4.1 Опис розробленого алгоритму

Прогнозування на основі комбінованого методу передбачення нестационарних випадкових процесів реалізується на заданий період часу, вказується кількість реалізацій та початкові дані останньої реалізації. Як критерій найкращого приближення передбачення значень до дійсних застосовувався критерій мінімума середньоквадратичної похибки. Попередні дані продажу квитків вводяться користувачем з клавіатури.

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 клавіатури;
- Підбір коефіцієнтів для знаходження середньоквадратичної похибки;
- Прогнозування за обраним методом;
- Графічне ілюстрування отриманих результатів;
- Видалення та ввід нових даних;

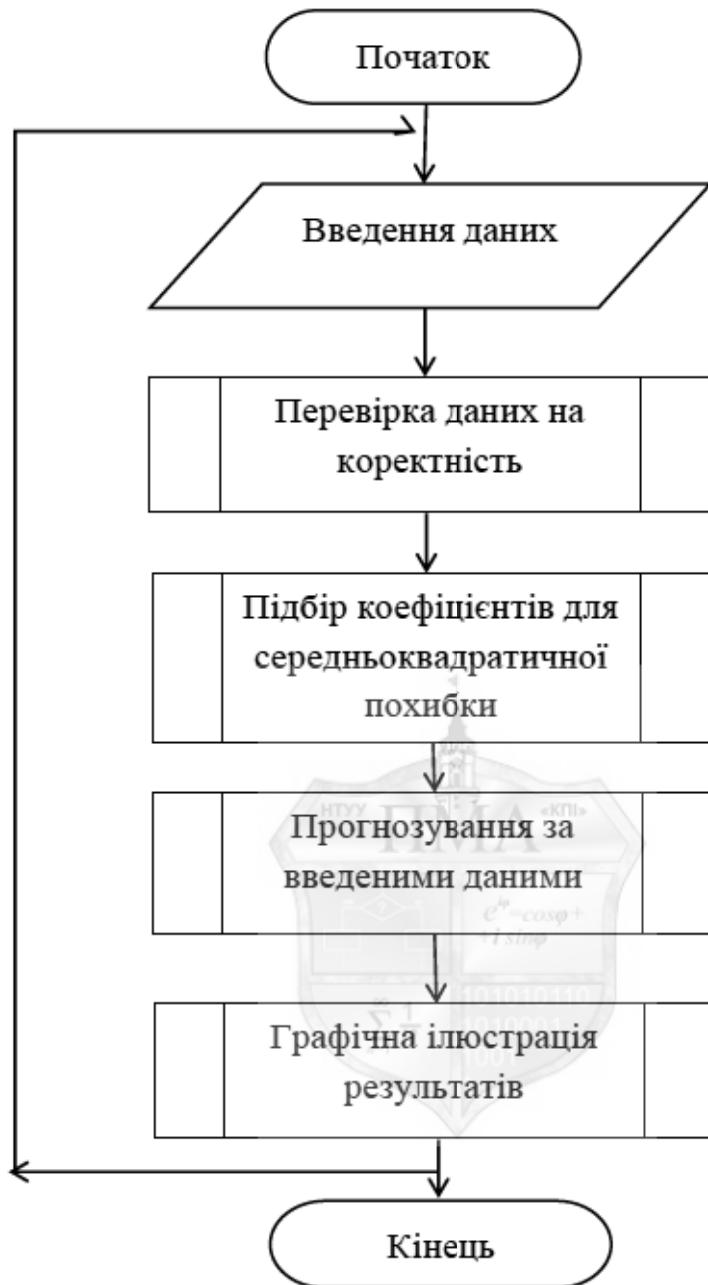


Рисунок 4.1 – Алгоритм роботи програми

#### 4.2 Структура програмного забезпечення

На рисунку 4.2 зображена структура програмного забезпечення.



Рисунок 4.2 – Структура програмного забезпечення

### 4.3 Опис програми

Програмне забезпечення реалізовано на мові програмування C#.

C# – це проста, сучасна, сувро типізована об'єктно-орієнтована мова програмування. C# базується на сімействі мов програмування С і буде добре знайомий програмістам, які працювали з мовами C, C++ і Java [10].

Користуватися системою можуть усі користувачі.

Програма складається з 2-х форм:

- Головне вікно;
- Вікно для перегляду інформації;

У програмі реалізовані простий інтерфейс для введення даних. Також реалізовано видалення прогнозованих даних для повторного прогнозування.

### 4.4 Мова програмування



C# – це проста, сучасна, сувро типізована об'єктно-орієнтована мова програмування. C# базується на сімействі мов програмування С і буде добре знайомий програмістам, які працювали з мовами C, C++ і Java [10].

Хоча C# об'єктно-орієнтована мова програмування, проте також забезпечує підтримку компонентно-орієнтованого програмування. Розробка сучасних додатків все більшою мірою базується на застосуванні програмних компонентів у формі автономних функціональних модулів. Основною особливістю таких компонентів є реалізація моделі програмування з використанням властивостей, методів, подій і атрибутів, що представляють декларативне опис компонентів, а також включення в них власної документації.

В C# представлені мовні конструкції, безпосередньо підтримують ці поняття, що робить його близьким до природного мовою для створення та застосування програмних компонентів.

В C# представлені функціональні можливості, що дозволяють створювати надійні та стійкі додатки. Серед них: функція збірки сміття для автоматичного звільнення пам'яті, займаної об'єктами, які більше не використовуються; функція обробки виняткових ситуацій, забезпечує структурований і розширюваний підхід до виявлення і усунення помилок; а також строго типізована структура мови, що не допускає зчитування неініціалізованих змінних, виходу індексу масиву за межі допустимого діапазону або виконання неперевірених привидів типів.

В C# застосовується уніфікована система типів. Всі типи C#, включаючи прості типи (наприклад, int і double), успадковуються від єдиного кореневого типу object. Таким чином, всі типи використовують набір загальних операцій, що забезпечує узгоджені зберігання, передачу та обробку значень будь-якого типу. Крім того, в C# підтримуються посилальні типи і типи значень, що забезпечує динамічне розміщення об'єктів в пам'яті і вбудоване зберігання спрощених структур.

Щоб забезпечити сумісність і можливість подальшого розвитку програм і бібліотек C#, у мові C# велика увага приділяється управлінню версіями. В більшості мов програмування цьому питанню приділяється недостатня увага, внаслідок чого в створюваних на таких мовах програмах частіше звичайного виникають проблеми при переході на нові версії залежних бібліотек. В C# реалізовані наступні можливості по управлінню версіями: поділ модифікаторів virtual і override, застосування правил дозволу перевантаження методу і підтримка явного оголошення членів інтерфейсу.

#### 4.5 Опис контрольних прикладів

В якості контрольного прикладу візьмемо продаж квитків на «День Гуртожитку №14» у 2013 році. Дані про продаж квитків наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – дані про продаж квитків на «День Гуртожитку №14»

	понеділок	вівторок	середа	четвер	П'ятниця	субота
1 тиждень	1	6	6	6	5	5
2 тиждень	4	4	9	4	7	2
3 тиждень	9	2	5	2	9	7
4 тиждень	9	6	10	7	8	5

В якості контрольного прикладу було введено масив чисел з 4 реалізацій та 2 початковими значеннями останньої реалізації за інтервал часу 6 днів.

На рисунку 4.2 бачимо введені початкові дані.

The screenshot shows a Windows application window titled "User page". The menu bar includes "Menu" and "Exit". Below the menu is the word "Online". A tab bar at the top has two tabs: "Інформація" (selected) and "Результат та статистика". The main area contains the following fields:

- "Оберіть період для прогнозування":
  - з: 11 травня 2013 р.
  - до: 17 травня 2013 р.
- "Щоб порахувати кількість днів, натисніть "Порахувати""
- Порахувати** (button)
- Введіть кількість початкових значень в останній реалізації**: 6
- Введіть кількість реалізацій**: 2
- Введіть кількість попередніх реалізацій**: 4
- Для того щоб зробити дані попередніх реалізацій будь ласка натисніть "Ввести дані"**
- Ввести дані** (button)
- CountValue** (checkbox)
- результат** (button)
- Коефіцієнт С1** (input field)
- Коефіцієнт С2** (input field)

Below these fields is a table labeled "Введіть попередні значення" with a "Очистити" button:

1	6	6	6	5	5
4	4	9	4	7	2
9	2	5	2	9	7
9	6				

Рисунок 4.2 – Вхідні дані

Після натискання на кнопку «Результат» програма прогнозує кількість продажу квитків на той діапазон значень, який знаходимо.

Результат виводиться на графіку та у вигляді чисел, які зображені на рисунку 4.3.

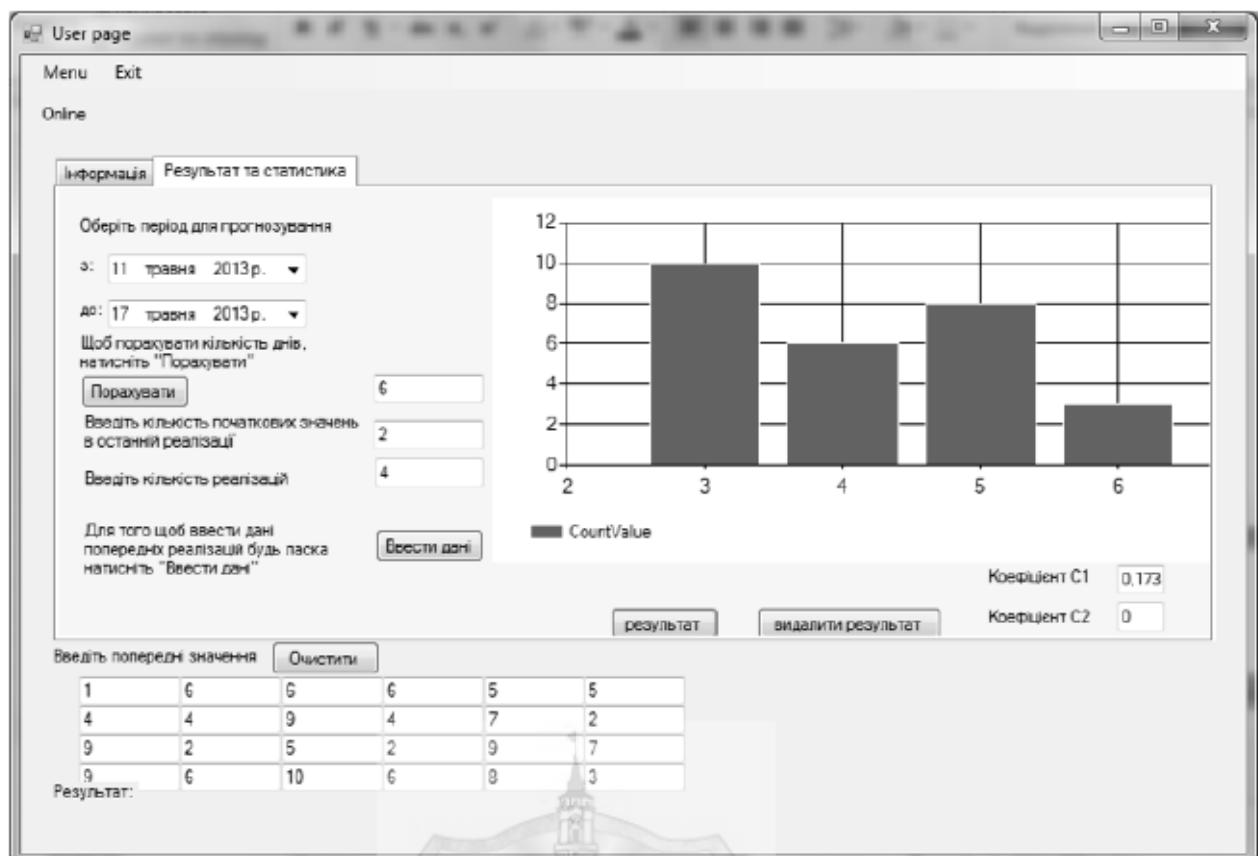


Рисунок 4.3 – Результат

#### 4.6 Висновки до розділу

На сьогодні існує вже багато програмних рішень, які орієнтовані на подолання проблем прогнозування продажі квитків. При чому їх достатньо багато, але при цьому вітчизняні розробники в даній галузі майже відсутні. У будь-якій системі продажі квитків присутня підсистема прогнозування, але методи з якими здійснюється прогнозування не ефективні. Зробивши аналіз існуючих підсистем було виявлено найбільший їх життєвий недолік і наша система буде ліквідувати їх і функціонувати максимально наближено до реальності.

В свою чергу розроблена програма безкоштовна, що надасть можливість малим і середнім компаніям сміливо нею. На сьогодні існує велика кількість схожих підсистем, але вони мають ряд недоліків, найбільш

суттєвих з яких це ціна, інтерфейс або важкість у використанні, що буде ліквідувати розроблена підсистема.

В результаті проведених досліджень було виявлено незначну похибку між реальними і прогнозованими даними, які можна зображені в таблиці 4.1 – дані про продаж квитків на «День Гуртожитку №14» та рисунок 4.3 – Результат



## ВИСНОВКИ

Метою даної роботи було створення математичного та програмного забезпечення для прогнозування продажі квитків у різних сферах діяльності. Актуальність даної роботи достатньо висока, адже багато фірм мають знати прогнози на продаж свого товару, хоча б задля того щоб не збанкрутити чи розширити свій бізнес.

Для написання програмного продукту був реалізований комбінований метод передбачення нестационарних випадкових процесів, тому що він простий у розумінні, ефективний, дає найкраще наближення до реальних даних, що може слугувати корисним додатком для автоматизованих систем купівель-продажів, зокрема підсистеми автоматизації квитків.

Даний програмний продукт аналізує та обробляє вхідні дані за допомогою комбінований метод передбачення нестационарних випадкових процесів. Програма включає допоміжні функції для введення та виведення даних та зрозумілий інтерфейс для взаємодії користувача з розробленим програмним продуктом.

В результаті дипломної роботи розроблено програму, яку можна використовувати в різних сферах діяльності людини та для різних фірм, які пов'язані з продажем квитків.

У додатах роботи наведено лістинг коду програми(додаток А) та ілюстративні матеріали до даної роботи (додаток Б).

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. В. С. Зарубин, А. П. Крищенко, Случайные Процессы. – М.:МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999 – 578с.
2. И.И.Гихман, А.В.Скороходов, Теория случайных процессов т.1 — М.: Наука, 1971 - 666 с.;
3. Случайные процессы (конспект лекций) автор Дробишев Ю.П. – г.Киев: НТУУ «КПІ», 2010г. – 108с.
4. Ивахненко О.Г., Лапа В.Г. Предсказание случайных процессов, К.: «Наук. думка», 1969. - 420 с.
5. Скороход А. В., Лекції з теорії випадкових процесів — Київ: Либідь, 1990 – 167с.
6. Пряха Б. Г. Про числові характеристики результатів вимірювань // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування — Європейський досвід. — Чернігів: ЧДІЕУ, 2008. — С. 97-108.
7. Гарри Смит, Норман Дрейпер. Прикладной регрессионный анализ – К.: Диалектика, 2007.–912 с.
8. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров.— М.: Наука,1968. — С. 484.
9. Українська радянська енциклопедія. В 12-ти томах / За ред. М. Бажана. — 2-ге вид. — К.: Гол. редакція УРЕ, 1974-1985.
10. Мова Visual C# [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/kx37x362> – (14.01.2012)