

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи моделювання циклічних сигналів в економіці

Виконав: студент VI курсу, групи СТм-61

спеціальності

126 Інформаційні системи та технології

(шифр і назва спеціальності)

Срогий Т.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник

Литвиненко Я.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Никитюк В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент

Луцик Н.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 25 » листопада 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Срогий Тарас Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи моделювання циклічних сигналів в економіці

Керівник роботи Литвиненко Ярослав Володимирович, д.т.н., професор кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » листопада 2023 року № 4/7-1138

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про методи та системи опрацювання даних для задач моделювання економічних циклічних сигналів. Включає збір та аналізу даних, відомостей про системи моделювання циклічних сигналів.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз літературних джерел для задач моделювання циклічних сигналів.

2. Методи попереднього опрацювання даних в задачах моделювання циклічних сингалів.

3. Методи основного опрацювання даних в задачах моделювання циклічних економічних сигналів. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

4.1 Фактори, які впливають на наслідок ураження електричним струмом. 4.2 Соціальні небезпеки. Висновки. Додатки

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

1 Тема. 2. Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3. Завдання дослідження.

4. Актуальність дослідження. 5. Методи попереднього опрацювання. 6. Методи основного опрацювання. 7. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання 24 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	25.11.2024	Виконано
2.	Підбір наукових джерел по обраній тематиці	26.11.2024-28.11.2024	Виконано
	Аналіз джерел, які стосуються математичного забезпечення		
3.	Аналіз джерел, які стосуються програмного забезпечення, огляд систем Підбір даних для опрацювання по обраній темі роботи	29.11.2024-1.12.2024	Виконано
4.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної	2.12.2024-4.12.2024	Виконано
	Роботи		
5.	Оформлення розділу «Аналіз літературних джерел для задач моделювання економічних циклічних сигналів»	5.12.2024-7.12.2024	Виконано
6.	Оформлення розділу «Методи попереднього	8.12.2024-10.12.2024	Виконано
	опрацювання даних в задачах моделювання»		
7.	Оформлення розділу «Методи основного	11.12.2024-13.12.2024	Виконано
	опрацювання даних в задачах моделювання»		
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	14.12.2024-15.12.2024	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в	16.12.2024-17.12.2024	Виконано
	надзвичайних ситуаціях»		
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.12.2024-19.12.2024	Виконано
11.	Нормоконтроль	19.12.2024-20.12.2024	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	21.12.2024	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	24.12.2024	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	27.12.2024	

Студент

(підпис)

Срогий Т.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Литвиненко Я.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Методи моделювання циклічних сигналів в економіці // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Срогий Тарас Сергійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СТм-61 // Тернопіль, 2024 // С. , рис. – , табл. – , кресл. – , додат. – , бібліогр. – .

Ключові слова: методи попередньої обробки, фільтрація, методи основної обробки, сегментація, методи моделювання.

Кваліфікаційна робота присвячена аналізу та розробці методу обробки та моделювання циклічних сигналів для задач опрацювання економічних сигналів.

В першому розділі проведено аналіз систем для проведення комп'ютерного моделювання економічних даних. Було проаналізовано методи та моделі. Крім цього розглянуті питання штучного інтелекту та машинного навчання для моделювання економічних циклічних сигналів. Описано типові труднощі під час побудови методів комп'ютерного моделювання.

В другому розділі було проведено огляд методів попередньої обробки циклічних економічних сигналів. Описані методи фільтрації та методи вилучення тренду.

В третьому розділі проведено аналіз математичних моделей та запропонована математична модель для проведення комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів. Розроблено програму для реалізації запропонованого алгоритму комп'ютерного моделювання економічних сигналів.

У Четвертому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглянуті питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є проведення огляду методів опрацювання циклічних економічних сигналів для задач їх моделювання.

Об'єкт дослідження - процеси опрацювання циклічних економічних сигналів в задачах їх комп'ютерного моделювання.

Предмет дослідження - методи опрацювання циклічних сигналів (методи усунення завад, методи сегментації, методи оцінювання ритмічної та циклічної структур) на прикладі опрацювання економічних циклічних сигналів.

ANNOTATION

Methods for Modeling Cyclic Signals in Economics // Qualification work of the educational level "Master" // Srogy Taras Serhiyovych // Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Faculty of Computer and Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, Group STm-61 // Ternopil, 2024 // C. , fig. – , tab. – , drawing – , append. – , bibliography – .

Keywords: preprocessing methods, filtering, main processing methods, segmentation, modeling methods.

The qualification work is devoted to the analysis and development of a method for processing and modeling cyclic signals for problems of processing economic signals.

In the first section, an analysis of systems for computer modeling of economic data was carried out. Methods and models were analyzed. In addition, issues of artificial intelligence and machine learning for modeling economic cyclical signals were considered. Typical difficulties in the construction of computer modeling methods are described.

In the second section, a review of methods for pre-processing cyclical economic signals was conducted. Filtering methods and trend capture methods are described there.

In the third section, an analysis of mathematical models was conducted and a mathematical model was proposed for computer modeling of cyclical economic signals. A program was developed to implement the proposed algorithm for computer modeling of economic signals.

In the fourth section of the master's qualification work, issues of labor protection and safety in emergency situations are considered.

The purpose of this qualification work of the educational level "Master" is to conduct a review of methods for processing cyclical economic signals for problems of their modeling.

The object of research is the processes of processing cyclical economic signals in the problems of their computer modeling.

The subject of research is methods for processing cyclical signals (methods for eliminating interference, segmentation methods, methods for evaluating rhythmic and cyclic structures) on the example of processing economic cyclical signals.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВВП – Валовий внутрішній продукт

DSGE – Динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги

OLS – Лінійні моделі

PMI – Індекси ділової активності

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ В НАПРЯМКУ ОПРАЦЮВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ЇХ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	12
1.1 Циклічні економічні сигнали	12
1.2 Економічні цикли	13
1.3 Причини виникнення економічних циклів	14
1.4 Системи для моделювання економічних сигналів.....	16
1.4.1. Система для моделювання економічних сигналів MATLAB.....	17
1.4.2. Система для моделювання економічних сигналів STATA.....	19
1.5 Економетричні моделі та системи	22
1.6 Машинне навчання та штучний інтелект для опрацювання економічних сигналів	26
1.7 Інструменти для макроекономічного моделювання.....	27
1.8 Системи для моделювання часових рядів (моделі економічних сигналів).....	29
1.9 Труднощі які виникають під час комп'ютерного моделювання економічних сигналів	33
1.10 Підходи до подолання труднощів комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів	35
1.11 Висновок до першого розділу	36
2 МЕТОДИ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ЇХ МОДЕЛЮВАННЯ.....	37
2.1 Методи моделювання циклічних економічних сигналів	37
2.2 Попереднє опрацювання економічних сигналів	40
2.3 Методи вилучення тренду	42
2.4 Методи фільтрації даних згладження	44
2.5 Математична модель для комп'ютерного моделювання	48
2.6 Висновок до другого розділу	49

3	МЕТОДИ ОСНОВНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ЇХ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	50
3.1	Методи статистичної обробки	50
3.2	Опис розробленої програми для комп'ютерного моделювання економічних циклічних сигналів	51
3.3	Висновок до третього розділу	55
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
4.1	Фактори, які впливають на наслідок ураження електричним струмом	56
4.2	Соціальні небезпеки	61
4.3	Висновок до четвертого розділу	63
	ВИСНОВКИ	64
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	65
	ДОДАТКИ	73

ВСТУП

Актуальність теми. Методи комп'ютерного моделювання використовуються в різних областях. Зокрема комп'ютерне моделювання знаходить широке застосування у різних сферах людської діяльності, забезпечуючи ефективність аналізу, прогнозування та вирішення складних задач. Основні галузі його використання: Наука та дослідження. Фізика: моделювання космічних процесів, квантових явищ, кліматичних систем. Хімія: розрахунок молекулярних структур, реакцій, поведінки речовин за різних умов. Біологія та медицина: моделювання генетичних процесів, розробка ліків, симуляція поведінки вірусів та клітин. Інженерія та технічні науки: Будівництво: моделювання конструкцій, розрахунок навантажень, сейсмічна стійкість. Машинобудування: проєктування механізмів, тестування нових конструкцій. Електроніка: розробка мікросхем, моделювання електромагнітних процесів. Економіка та фінанси: Аналіз ринків, прогнозування економічних циклів. Моделювання поведінки споживачів та попиту. Управління ризиками, розробка інвестиційних стратегій. Це лише неповний перелік можливих областей застосування методів комп'ютерного моделювання.

Побудова систем комп'ютерного моделювання з використанням сучасних комп'ютерів, дозволяє проводити автоматизований процес опрацювання даних, а також тестувати комп'ютерно змодельовані дані на нових методах аналізу чи системах опрацювання наприклад, тестувати нові методи прогнозування економічних циклічних сигналів. В основі методів комп'ютерного моделювання покладені відповідні математичні моделі (тобто відповідне математичне забезпечення), тому перед побудовою методів опрацювання та алгоритмічного забезпечення необхідним кроком є огляд систем комп'ютерного моделювання та їх математичного забезпечення.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є проведення аналізу математичних моделей та методів опрацювання циклічних економічних сигналів для задач їх комп'ютерного моделювання та розробка комп'ютерної програми по їх

моделюванню. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Проаналізувати стан досліджень в області методів комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів.
- Провести огляд існуючих на даний час моделей, методів, алгоритмів опрацювання циклічних сигналів (методів попереднього опрацювання, методів основного опрацювання).
- Провести аналіз методів комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів.
- Розробити метод комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів.

Об'єкт дослідження процеси опрацювання циклічних економічних сигналів в задачах їх комп'ютерного моделювання.

Предмет дослідження. Методи збирання та опрацювання економічних сигналів (методи усунення завад, методи сегментації, методи оцінювання ритмічної та циклічної структур) на прикладі опрацювання економічних циклічних сигналів.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у тому, що був проведений аналіз методів опрацювання циклічних економічних сигналів (методи усунення завад, методи опрацювання та інші). Визначені типові труднощі опрацювання та комп'ютерного моделювання економічних циклічних сигналів. Серед оглянутих методів попереднього опрацювання розглянуті методи фільтрації та вилучення тренду. Серед оглянутих математичних моделей було вибрано математичну модель у вигляді циклічного випадкового процесу.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено програму яка дозволяє проводити опрацювання та комп'ютерне моделювання циклічних економічних сигналів. Розроблена програма може бути застосована при побудові систем комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів, як їх складова.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на XII науково-технічній конференції

«Інформаційні моделі, системи та технології» ІМСТ-2024 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2024 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у праці конференції (Див. додаток Б).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 59 найменування та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 83 сторінки, з них 64 сторінок основного тексту, який містить 6 рисунків та 3 таблиці.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ В НАПРЯМКУ ОПРАЦЮВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ЇХ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Циклічні економічні сигнали

Циклічні економічні сигнали – це індикатори, які вказують на зміну фаз економічного циклу. Вони поділяються на три основні типи: випереджальні, запізнелі та співпадаючі сигнали. Ось основні приклади:

1. Випереджальні сигнали

Ці індикатори змінюються раніше, ніж загальна економіка переходить до нової фази циклу. Вони допомагають прогнозувати майбутні тенденції.

Індекси ділової активності (PMI): свідчать про зміни у виробничій або сервісній галузях.

Фондові індекси: ріст чи падіння ринку акцій зазвичай передують економічним змінам.

Інвестиції у капітал: скорочення інвестицій часто передують спаду, а їх зростання – економічному підйому.

Будівельна активність: початок будівництва нових об'єктів сигналізує про зміни в економічній динаміці.

Зміни у споживчій довірі: оптимізм або песимізм споживачів впливає на рівень витрат і попиту.

2. Співпадаючі сигнали

Ці показники змінюються одночасно з фазами економічного циклу та відображають поточний стан економіки.

Валовий внутрішній продукт (ВВП): зростання ВВП свідчить про економічний підйом, а скорочення – про спад.

Рівень зайнятості: збільшення кількості робочих місць свідчить про економічний ріст.

Обсяги виробництва: зміни в обсягах продукції відповідають поточному стану економіки.

Роздрібний товарообіг: відображає рівень споживчої активності.

3. Запізнілі сигнали

Ці індикатори змінюються після того, як економіка вже перейшла в нову фазу, і є корисними для підтвердження змін.

Рівень безробіття: зазвичай зростає після початку економічного спаду і знижується після початку відновлення.

Процентні ставки: їх зміни часто сліднують за фазами економічного циклу.

Інфляція: темпи зростання цін можуть прискорюватися або сповільнюватися залежно від фаз економічного циклу.

Банкрутства підприємств: їх кількість збільшується після початку кризи.

Приклади реальних циклічних сигналів:

Комодітіз (сировинні товари): зміна цін на нафту, метали та іншу сировину.

Експорт та імпорт: скорочення обсягів експорту часто передують спаду в економіці.

Індекс споживчих очікувань: змінюється перед фазами підйому чи спаду.

Розуміння економічних циклічних сигналів дозволяє своєчасно реагувати на зміни, приймаючи ефективні рішення на рівні бізнесу, урядів чи домогосподарств.

2.2 Економічні цикли

Економічні цикли — це регулярні коливання рівня економічної активності в країні або регіоні, які характеризуються періодичними змінами між фазами зростання та спаду. Вони є невід'ємною частиною ринкової економіки й відображають зміни у виробництві, зайнятості, інвестиціях, споживанні, ціновій динаміці та інших показниках.

Структура економічного циклу:

1. Економічний цикл включає кілька основних фаз:

Підйом (експансія). Економіка зростає, обсяги виробництва та зайнятості збільшуються. Попит на товари й послуги зростає, що сприяє збільшенню інвестицій. Оптимізм серед споживачів і підприємців.

2. Пік. Максимальний рівень економічної активності. Високий рівень зайнятості та споживання. Можливе перенагрівання економіки, зростання інфляції.
3. Спад (рецесія). Скорочення обсягів виробництва, зниження інвестицій. Зростання безробіття, зменшення доходів. Песимізм на ринках, падіння попиту.
4. Дно (депресія). Економічна активність на мінімальному рівні. Великі проблеми із зайнятістю, низький попит на товари й послуги. Початок стабілізації, після чого цикл повторюється.

Типи економічних циклів:

Короткострокові цикли (2-4 роки). Викликані змінами в рівнях запасів, короткостроковими коливаннями попиту та пропозиції.

Середньострокові цикли (7-11 років). Пов'язані з інвестиційними процесами, наприклад, житловим будівництвом. Найчастіше аналізуються як "цикли Жугляра".

Довгострокові цикли (40-60 років). "Цикли Кондратьєва" відображають великі технологічні зміни та впровадження інновацій.

2.3 Причини виникнення економічних циклів

1. Внутрішні фактори (ендогенні). Зміни в попиті та пропозиції. Коливання інвестиційної активності. Зміна монетарної чи фіскальної політики.

2. Зовнішні фактори (екзогенні). Технологічні інновації або шоки. Природні катаклізми, пандемії. Війни, політична нестабільність.

Важливість аналізу економічних циклів:

- Для урядів: дозволяє планувати фіскальну й монетарну політику.
- Для бізнесу: допомагає приймати рішення щодо інвестицій та виробництва.

- Для споживачів: впливає на рівень доходів, зайнятість і споживчі витрати.

Економічні цикли є важливим інструментом для розуміння динаміки економіки, що дозволяє прогнозувати її майбутній стан і вживати відповідних заходів.

Циклічні економічні сигнали, які відображають ВВП

Циклічні економічні сигнали, які відображають ВВП, показують зміни в економічній активності та взаємопов'язані з фазами економічного циклу. Ці індикатори можна розділити на випереджальні, співпадаючі та запізнілі, залежно від їх взаємозв'язку з ВВП.

1. Випереджальні сигнали

Ці сигнали передують змінам у ВВП і дають можливість прогнозувати його динаміку:

Індекси ділової активності (PMI): зміни у виробничих та сервісних секторах зазвичай передують змінам у ВВП.

Фондові індекси: зростання або падіння на фондовому ринку сигналізує про майбутні зміни економіки.

Інвестиції у капітал: скорочення або збільшення інвестицій передують зростанню чи спаду ВВП.

Зміни в замовленнях на товари тривалого користування: збільшення або зменшення замовлень часто відображає майбутні тенденції у виробництві.

Споживча довіра: оптимізм чи песимізм споживачів впливає на майбутнє споживання, яке є складовою ВВП.

2. Співпадаючі сигнали

Ці індикатори змінюються одночасно з ВВП і відображають поточний стан економіки:

Обсяги виробництва: безпосередньо пов'язані з реальним ВВП.

Роздрібний товарообіг: показує рівень споживчої активності, що є важливою частиною ВВП.

Рівень зайнятості: зростання зайнятості зазвичай співпадає з підвищенням ВВП.

Експорт та імпорт: обсяги зовнішньоторговельної діяльності впливають на чистий експорт, що входить до розрахунку ВВП.

3. Запізнілі сигнали

Ці показники змінюються після того, як відбулися зміни у ВВП, і підтверджують тенденції економічного циклу:

Рівень безробіття: зниження безробіття часто спостерігається після початку зростання ВВП.

Процентні ставки: їх підвищення або зниження часто запізнюється відносно змін у ВВП.

Банкрутства підприємств: їх кількість зазвичай зменшується вже після відновлення економічного зростання.

Динаміка інфляції: вплив змін ВВП на інфляцію проявляється із затримкою.

Взаємозв'язок ВВП із циклічними сигналами

У фазі підйому: індикатори, такі як споживча довіра, інвестиції, обсяги виробництва, демонструють зростання.

У фазі спаду: скорочення замовлень, зниження роздрібного товарообігу та зростання безробіття передбачають падіння ВВП.

У фазі піку: інфляція та інвестиційна активність можуть залишатися на високому рівні, але вже демонструють ознаки уповільнення.

Аналіз цих сигналів допомагає прогнозувати динаміку ВВП та визначати етапи економічного циклу.

2.4 Системи для моделювання економічних сигналів

Системи для моделювання економічних сигналів використовуються для аналізу, прогнозування та візуалізації динаміки економічних процесів. Вони застосовуються економістами, аналітиками, бізнес-менеджерами та урядовими структурами. Розглянемо для прикладу поширені категорії таких систем:

1. Програмні платформи для статистичного аналізу та моделювання

R: потужний інструмент для статистичного аналізу, економетрики та візуалізації даних. Має пакети для аналізу часових рядів (наприклад, `forecast`, `tsibble`).

Python: популярний інструмент для моделювання економічних сигналів з бібліотеками:

`pandas`, `NumPy` – аналіз даних.

`statsmodels` – економетрика та аналіз часових рядів.

`scikit-learn`, `TensorFlow`, `PyTorch` – машинне навчання та побудова складних моделей.

MATLAB: використовується для економетрики, моделювання систем та роботи з часовими рядами.

Stata: спеціалізована платформа для економетричного аналізу.

1.4.1. Система для моделювання економічних сигналів MATLAB

MATLAB – це потужна програмна платформа, яка широко використовується для економетрики, моделювання економічних систем і аналізу часових рядів. Її популярність обумовлена великою бібліотекою інструментів для математичних обчислень, візуалізації та роботи з даними. Ось кілька основних аспектів застосування MATLAB в економетриці та моделюванні:

1. Аналіз часових рядів

MATLAB має вбудовані функції для роботи з часовими рядами, які допомагають виявляти тренди, сезонність і кореляції:

Фільтрація даних: видалення шуму за допомогою методів, таких як фільтр Ходріка-Прескотта (Hodrick-Prescott filter).

ARIMA-моделювання: використання функцій для побудови авторегресійних моделей із ковзним середнім.

Прогнозування: побудова прогнозів на основі часових рядів із застосуванням економетричних моделей.

Обробка нерівномірних даних: можливість працювати з даними, які збираються з різною частотою.

2. Економетричний аналіз

Регресійний аналіз: MATLAB дозволяє виконувати лінійні, нелінійні та багатофакторні регресії.

Тестування гіпотез: перевірка економетричних припущень, таких як гомоскедастичність, автокореляція та нормальність залишків.

Панельні дані: робота з даними, що містять спостереження за кількома об'єктами в часі.

Стабільність моделей: перевірка надійності моделей через тести стабільності та валідацію.

3. Моделювання економічних систем

MATLAB використовується для побудови та аналізу моделей, що описують динаміку економічних систем:

Динамічні стохастичні моделі загальної рівноваги (DSGE): моделювання взаємодії макроекономічних показників.

Оптимізація економічних політик: вирішення завдань оптимального управління за допомогою спеціалізованих алгоритмів.

Моделі агентів: моделювання поведінки економічних агентів у мікроекономічних сценаріях.

4. Інструменти для моделювання

MATLAB має численні спеціалізовані бібліотеки, які спрощують роботу з економічними даними:

Econometrics Toolbox: містить функції для регресійного аналізу, моделювання часових рядів, роботи з панельними даними.

Optimization Toolbox: для задач економічної оптимізації (наприклад, максимізація прибутку чи мінімізація витрат).

Financial Toolbox: застосовується для фінансового аналізу та моделювання.

Simulink: використовується для побудови моделей економічних процесів на основі систем диференціальних рівнянь.

5. Візуалізація результатів

MATLAB забезпечує широкі можливості для графічного відображення економічних даних:

Створення графіків для аналізу трендів і сезонності.

Відображення результатів моделювання через інтерактивні графіки та 3D-візуалізації.

Побудова кореляційних матриць і теплових карт.

6. Переваги MATLAB

Гнучкість: адаптація моделей під специфічні завдання економіки.

Широкий набір інструментів: доступ до спеціалізованих бібліотек і алгоритмів.

Стабільність і швидкість: обчислення виконуються швидко навіть для великих обсягів даних.

Інтеграція: можливість інтегрувати MATLAB із іншими мовами програмування (Python, R) та базами даних.

7. Обмеження MATLAB

Висока вартість ліцензії, що може бути проблемою для окремих користувачів або малих організацій.

Необхідність мати досвід програмування для ефективного використання.

Конкуренція з іншими платформами, такими як Python чи R, які безкоштовні й також мають потужні інструменти для економетрики.

MATLAB залишається популярним вибором серед економістів і фінансових аналітиків, особливо у випадках, коли потрібна висока точність і продуктивність розрахунків.

1.4.2. Система для моделювання економічних сигналів STATA

STATA — це потужне програмне забезпечення, спеціально розроблене для статистичного аналізу, економетричних досліджень і роботи з великими масивами даних. Воно широко використовується економістами, соціологами, медичними дослідниками та іншими науковцями завдяки своїй простоті, швидкодії та універсальності.

Основні функції Stata для економетричного аналізу:

Регресійний аналіз. Stata підтримує різноманітні види регресій:

- Лінійні моделі (OLS);
- Логістична регресія;
- Пробіт-регресія;
- Панельні дані (fixed effects, random effects).

Аналіз часових рядів.

Stata включає інструменти для роботи з часовими рядами:

- ARIMA-моделі;
- VAR (векторна авторегресія);
- GARCH (моделі волатильності);
- Тести стаціонарності (ADF, KPSS).

Робота з панельними даними.

Панельні дані (дані для кількох об'єктів протягом часу) є ключовою сферою застосування Stata.

Функції для роботи з панельними даними: xtset, xtreg, xtlogit.

Тестування гіпотез та діагностика моделей.

Stata має численні інструменти для перевірки економетричних моделей:

- Тести гетероскедастичності (Breusch-Pagan, White);
- Перевірка автокореляції (Durbin-Watson, Breusch-Godfrey);
- Тести мультиколінеарності (VIF).

Прогнозування та симуляції.

- Оцінювання моделей для прогнозування;
- Генерація симульованих даних.

Інструменти Stata.

Графіки та візуалізація.

Stata дозволяє створювати високоякісні графіки, такі як лінійні графіки, гістограми, кореляційні матриці.

Робота з великими даними.

Завдяки оптимізованим алгоритмам Stata швидко обробляє великі масиви даних.

Простота роботи з командним рядком.

Усі операції можуть виконуватися через інтерфейс командного рядка, що підходить для автоматизації завдань.

Розширення функціоналу.

Користувачі можуть завантажувати додаткові пакети через `ssc install`, що дозволяє додати нові методи аналізу або графіки.

Переваги Stata.

Зручність використання: інтуїтивний інтерфейс і зрозумілий синтаксис.

Широка підтримка економетричних методів: покриває майже всі сучасні підходи до аналізу.

Швидкодія: ефективно працює з великими наборами даних.

Документація: повний набір інструкцій і прикладів для кожної функції.

Обмеження Stata.

Вартість: комерційна ліцензія може бути дорогою для окремих користувачів.

Можливості візуалізації: обмежені порівняно з спеціалізованими інструментами, такими як Tableau чи Python.

Закритість екосистеми: менш інтегрована з іншими мовами програмування, такими як Python чи R.

Таблиця 1.1

Порівняння з іншими платформами

Параметр	Stata	R	Python
Простота використання	Висока	Середня	Середня
Вартість	Платна	Безкоштовна	Безкоштовна
Гнучкість	Середня	Висока	Висока
Можливості візуалізації	Обмежені	Широкі	Широкі

Stata є ідеальним вибором для економістів і дослідників, які потребують надійного, швидкого й інтуїтивного інструменту для економетричного аналізу.

2.5 Економетричні моделі та системи

EViews: система для аналізу часових рядів, економетричних досліджень і прогнозування.

EViews (Econometric Views) — це програмне забезпечення для аналізу часових рядів, економетричного моделювання та прогнозування. Воно широко використовується у сфері економіки, фінансів, бізнесу, а також у дослідницьких і академічних цілях. Завдяки своїм інструментам для обробки даних, моделювання і візуалізації, EViews є потужним інструм.

Переваги EViews:

Інтуїтивний графічний інтерфейс.

Вбудованій мова для програмування, що дозволяє створювати скрипти для автоматизації задач.

Широкий набір статистичних і економетричних інструментів.

Добре підходить для аналізу даних у фінансових та економічних дослідженнях.

Основні користувачі:

Економісти та фінансові аналітики.

Державні установи (центральні банки, статистичні агентства).

Академічні установи.

Корпорації, які займаються аналізом ринкових даних.

Gretl: безкоштовне програмне забезпечення для економетричного аналізу, особливо популярне серед студентів та дослідників.

Gretl (Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library) — це потужне та безкоштовне програмне забезпечення для економетричного аналізу та обробки часових рядів. Оскільки Gretl є відкритим програмним продуктом, він надає доступ до широкого спектру статистичних та економетричних методів без необхідності платити за ліцензію. Ось основні переваги та недоліки цього програмного забезпечення.

Переваги Gretl:

Безкоштовне та відкритий код:

Gretl — це програмне забезпечення з відкритим кодом, що означає, що воно безкоштовне для використання, і користувачі можуть змінювати та адаптувати код відповідно до своїх потреб.

Відкритий код забезпечує прозорість і можливість адаптації програмного забезпечення.

Зручний інтерфейс:

Інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс користувача для людей, які не є програмістами.

Підтримка командного рядка для більш досвідчених користувачів, що бажають автоматизувати процеси або використовувати скрипти.

Різноманіття статистичних та економетричних методів:

Gretl підтримує широкий набір методів для регресійного аналізу, моделей часових рядів, панельних даних, тестування гіпотез тощо.

Підтримка моделей ARIMA, GARCH, VAR, лінійних та нелінійних регресій.

Простота в роботі з часовими рядами:

Можливість легко імпортувати та експортувати дані з різних джерел (CSV, Excel, текстові файли).

Вбудовані інструменти для обробки та аналізу часових рядів (тести на стаціонарність, автокореляція, декомпозиція).

Гнучкість в програмуванні:

Скрипти на мові Gretl дозволяють автоматизувати аналізи, що робить програму гнучкою і підходить для великих обсягів даних.

Мова скриптів схожа на мови програмування, що дозволяє створювати складні моделі та алгоритми.

Міжнародна підтримка та документація:

Документація доступна різними мовами, включаючи англійську.

Є спільнота користувачів, яка активно допомагає та підтримує програму.

Недоліки Gretl:

Обмежений інтерфейс в порівнянні з комерційними програмами:

Хоча інтерфейс користувача інтуїтивно зрозумілий, він може бути менш елегантним і функціональним порівняно з комерційними продуктами, такими як EViews чи Stata.

Відсутність деяких передових інструментів для візуалізації та інтерактивних функцій.

Обмежений набір інструментів для складних економетричних моделей:

Для дуже складних економетричних моделей або специфічних методів деякі можливості можуть бути обмеженими.

Наприклад, для великих панельних даних та деяких методів машинного навчання Gretl може бути не таким потужним, як інші платні програми.

Відсутність технічної підтримки на рівні комерційних програм:

Хоча є спільнота користувачів, офіційна технічна підтримка зазвичай обмежена, і користувачі повинні покладатися на форуми або онлайн-документацію.

Менше плагінів та розширень порівняно з іншими програмами:

Порівняно з такими програмами, як Stata чи R, Gretl має меншу кількість плагінів і сторонніх бібліотек, що може обмежувати можливості користувачів, які потребують спеціалізованих інструментів.

Погіршена продуктивність при великих обсягах даних:

Хоча Gretl справляється з більшістю задач, його продуктивність може знижуватися при роботі з великими обсягами даних, що робить його менш придатним для великих корпоративних або наукових проєктів.

Gretl — це потужне та безкоштовне програмне забезпечення для економічного аналізу, яке є хорошим варіантом для студентів, дослідників та аналітиків, які шукають доступне рішення для статистичних та економетричних задач. Однак для складних та масштабних аналізів, а також для великих обсягів даних, можливо, варто розглянути інші більш потужні комерційні програми.

Dynare: використовується для моделювання динамічних стохастичних моделей загальної рівноваги (DSGE).

Dynare — це програмне забезпечення для економетричного моделювання та аналізу економічних моделей, особливо для макроекономічних моделей,

включаючи моделі загальної рівноваги, моделі динамічної стохастичної загальної рівноваги (DSGE) та інші.

Переваги Dynare:

Безкоштовне та відкритий код:

Dynare є відкритим програмним забезпеченням, що дозволяє користувачам змінювати і адаптувати код за потреби.

Потужні можливості для макроекономічного моделювання:

Особливо підходить для моделювання DSGE, що використовується для аналізу економічних циклів, політики і прогнозів.

Інтеграція з MATLAB/Octave:

Легко інтегрується з MATLAB або Octave, що дає доступ до широких математичних можливостей та чисельних методів.

Підтримка складних економічних моделей:

Dynare підтримує як лінійні, так і нелінійні моделі, а також моделі з очікуваннями і стохастичними шоками.

Автоматизація аналізу:

Підтримує автоматичний аналіз стійкості, побудову імпульсних відповідей, обчислення політичних ефектів.

Недоліки Dynare:

Залежність від MATLAB/Octave:

Для використання Dynare необхідний MATLAB або його безкоштовна альтернатива — Octave, що може бути складно для користувачів без досвіду роботи з цими програмами.

Обмежена гнучкість в порівнянні з іншими програмами:

В порівнянні з іншими програмами для економетрії (наприклад, R або Stata), Dynare може бути менш гнучким у роботі з загальними статистичними задачами.

Висока складність для новачків:

Досить високий поріг входу для користувачів, які не знайомі з MATLAB або макроекономічним моделюванням.

Обмежена документація та підтримка:

Документація та технічна підтримка можуть бути обмеженими, особливо для складних, специфічних завдань.

Dynare — це потужний інструмент для макроекономічного моделювання, зокрема для роботи з DSGE-моделями. Однак він вимагає певних технічних навичок та є менш зручним для новачків, а також залежить від MATLAB чи Octave.

2.6 Машинне навчання та штучний інтелект для опрацювання економічних сигналів

H2O.ai: платформа для побудови моделей машинного навчання для економічного прогнозування.

H2O.ai — це компанія, що розробляє програмне забезпечення для штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (ML), орієнтуючись на автоматизацію процесу побудови моделей та аналізу даних. Їхні продукти дозволяють швидко створювати, тренувати та впроваджувати моделі машинного навчання для бізнесу, науки та інших сфер.

H2O.ai — це потужний інструмент для розробки та автоматизації машинного навчання, який підходить як для професіоналів, так і для новачків завдяки своїм продуктам, таким як AutoML. Він надає високопродуктивні алгоритми, підтримує великі дані та дозволяє інтегрувати моделі в реальні бізнес-додатки, що робить його популярним вибором серед компаній, що працюють з аналізом даних і ШІ.

RapidMiner: інструмент для аналізу даних і побудови моделей.

RapidMiner — це потужна платформа для аналізу даних, машинного навчання та прогнозової аналітики, яка дозволяє користувачам будувати моделі ШІ та виконувати різні етапи аналізу даних без необхідності глибоких знань у програмуванні. Платформа підтримує візуальне програмування, що робить її доступною для як початківців, так і для досвідчених аналітиків даних.

RapidMiner — це зручний і потужний інструмент для аналізу даних, який підходить як для новачків, так і для досвідчених аналітиків. Він пропонує

простоту у використанні завдяки візуальному програмуванню, а також підтримує всі основні етапи аналізу даних, від підготовки до побудови та оцінки моделей. Однак для великих обсягів даних або складних моделей можуть знадобитися більш потужні інструменти або платні версії.

Azure Machine Learning, Google Cloud AI, AWS AI Services: хмарні платформи для роботи з економічними сигналами на основі великих даних.

Azure Machine Learning (Azure ML) — це платформа для розробки, навчання та впровадження моделей машинного навчання, що надається компанією Microsoft через її хмарну платформу Azure. Вона пропонує потужні інструменти та сервіси для автоматизації процесів машинного навчання, підтримки моделей та їх інтеграції в бізнес-додатки.

Azure Machine Learning — це потужна та масштабована платформа для створення, навчання та розгортання моделей машинного навчання в хмарі. Вона є відмінним вибором для бізнесів, що прагнуть інтегрувати ШІ та ML у свої продукти, а також для організацій, які потребують масштабованості, автоматизації і гнучкості. Azure ML дозволяє автоматизувати багато етапів робочого процесу, що робить її доступною навіть для не технічних користувачів, але для ефективного використання потрібно мати певний рівень технічної підготовки.

2.7 Інструменти для макроекономічного моделювання

IMF's FPP (Financial Programming and Policies): модель для аналізу макроекономічних показників.

IMF's FPP (Fiscal Policy Toolkit) — це набір інструментів, розроблений Міжнародним валютним фондом (IMF) для допомоги країнам у розробці та впровадженні ефективної фіскальної політики. Цей інструментарій включає набір методів та практик для аналізу фіскальних ситуацій і визначення оптимальних шляхів для управління державними фінансами, збалансування бюджетів, сприяння сталому економічному зростанню та забезпечення макроекономічної стабільності.

Недоліки або обмеження:

Складність впровадження:

Використання інструментів FPP вимагає високого рівня технічних знань і аналітичних навичок, що може бути складним для деяких країн без відповідної інфраструктури або ресурсів.

Залежність від точності даних:

Ефективність FPP залежить від точності економічних даних, на основі яких здійснюється аналіз. Некоректні дані можуть привести до неправильних висновків.

Політичні труднощі:

Реалізація фіскальних політик, рекомендованих за допомогою FPP, може бути ускладнена політичними чинниками, оскільки бюджетні зміни часто стикаються з опором з боку різних груп інтересів.

IMF's Fiscal Policy Toolkit (FPP) — це цінний набір інструментів для країн, які прагнуть оптимізувати свою фіскальну політику, забезпечити стійкий економічний розвиток і підтримати фінансову стабільність. Хоча ці інструменти можуть бути складними в реалізації, вони дають країнам потужні методи для прийняття зважених і ефективних рішень в управлінні державними фінансами.

Macroeconomic Model Platforms (MMPs): використовуються центральними банками для моделювання економічної політики.

Macroeconomic Model Platforms (MMPs) — це комп'ютерні платформи або програмні інструменти, що використовуються для побудови, аналізу та симуляції макроекономічних моделей. Ці платформи дозволяють економістам, аналітикам і політичним рішенням моделювати і прогнозувати макроекономічні явища, такі як економічне зростання, інфляція, безробіття, державний борг та інші важливі показники економіки.

Метою MMPs є допомога в розумінні та прогнозуванні економічних процесів, тестування політичних сценаріїв і оцінка можливих наслідків різних економічних або фіскальних змін. Вони зазвичай використовуються урядами, міжнародними організаціями (наприклад, Міжнародним валютним фондом або Світовим банком), центральними банками та науковими установами.

Macroeconomic Model Platforms (MMPs) є потужними інструментами для аналізу та прогнозування макроекономічних процесів. Вони дозволяють урядам, міжнародним організаціям та іншим зацікавленим сторонам оцінювати економічну ситуацію, тестувати політичні сценарії та планувати довгострокові стратегії. Проте їх застосування вимагає високого рівня технічної підготовки та обчислювальних потужностей, а також уваги до якості даних і припущень, на яких базуються моделі.

Oxford Economics: інструмент для моделювання світової економіки.

Oxford Economics — це міжнародна консалтингова компанія, що спеціалізується на економічному аналізі та прогнозуванні. Вона надає широкий спектр послуг, включаючи аналіз макроекономічних тенденцій, розробку моделей для прогнозування економічного зростання, оцінку впливу політики, а також підтримку у прийнятті стратегічних рішень для компаній, урядів та міжнародних організацій.

Oxford Economics — це потужний аналітичний інструмент для економістів, урядів, компаній та міжнародних організацій, який надає глибокі економічні прогнози, аналіз політики та оцінки макроекономічних тенденцій. Компанія допомагає своїм клієнтам зрозуміти глобальні та місцеві економічні процеси, що може бути надзвичайно корисно для стратегічного планування, політичних рішень і бізнес-стратегій.

2.8 Системи для моделювання часових рядів (моделі економічних сигналів)

ARIMA-моделі (AutoRegressive Integrated Moving Average): реалізуються в Python, R, Stata, EViews.

ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) — це клас статистичних моделей, які використовуються для аналізу і прогнозування часових рядів (даних, що змінюються з часом). ARIMA моделі особливо корисні для прогнозування даних, які демонструють тимчасові залежності, тобто, коли значення в даний момент часу залежить від попередніх значень у ряді.

Компоненти ARIMA:

Модель ARIMA складається з трьох основних компонентів:

AR (AutoRegressive - автокореляція):

Це частина моделі, що описує залежність поточного значення від попередніх значень у часі. Ідея полягає в тому, що минулі значення можуть допомогти передбачити майбутні значення.

Чим більше попередніх значень береться до уваги, тим більший порядок AR. Наприклад, AR(1) означає, що поточне значення залежить лише від попереднього, AR(2) — від двох попередніх значень і так далі.

I (Integrated - інтегрована):

Це компонент моделі, який використовується для зменшення або усунення тенденцій (трендів) у часового ряду. Інтеграція передбачає різницю між спостереженнями в ряду (наприклад, обчисленням різниці між поточним значенням і попереднім).

Інтеграція допомагає перетворити нестационарні часові ряди (які мають тренди або сезонність) в стаціонарні, тобто такі, що мають сталі статистичні властивості (наприклад, середнє значення та дисперсія).

MA (Moving Average - ковзаюче середнє):

Це компонент моделі, що описує залежність поточного значення від помилок (відхилень) у попередніх періодах. Тобто, модель намагається описати помилки прогнозування (залишки) через ковзаюче середнє значення цих помилок.

Як і в випадку з AR, цей компонент має порядок, який визначає кількість попередніх помилок, що беруться до уваги.

Означення ARIMA(p, d, q):

Модель ARIMA описується трьома параметрами:

p — порядок автокореляції (AR), тобто кількість попередніх значень, які враховуються для прогнозування.

d — порядок інтеграції (I), тобто кількість різниць, які потрібно взяти, щоб зробити ряд стаціонарним.

q — порядок ковзаючого середнього (MA), тобто кількість попередніх помилок, які враховуються для прогнозування.

Алгоритм побудови ARIMA-моделі:

Перевірка стаціонарності:

Якщо часова серія не стаціонарна (має тренди або сезонність), спершу необхідно застосувати перше або більше диференціювань для перетворення її в стаціонарну.

Визначення параметрів p , d , q :

Використовуються різні методи, такі як графічний аналіз (корелограми), критерії оптимальності (наприклад, критерій Акаїке - AIC), а також перевірка автокореляційних та часткових автокореляційних функцій.

Побудова моделі та оцінка параметрів:

За допомогою статистичних методів (наприклад, методом найменших квадратів) оцінюються параметри моделі.

Перевірка моделі:

Перевірка на залишки (різницю між фактичними та прогнозованими значеннями) для виявлення систематичних помилок. Якщо залишки не є випадковими (наприклад, показують певні залежності), то модель потребує вдосконалення.

Переваги ARIMA-моделей:

Широка застосовуваність:

ARIMA моделі ефективно працюють для прогнозування практично будь-яких часових рядів, зокрема економічних, фінансових, кліматичних, медичних даних тощо.

Гнучкість:

ARIMA може бути адаптована до широкого спектра часових рядів (нестабільних, сезонних, трендових і стаціонарних) за допомогою правильно обраних параметрів.

Простота:

Хоча модель має багато параметрів, її структура достатньо проста для розуміння і застосування.

Недоліки ARIMA-моделей:

Не підходить для дуже складних або нелінійних залежностей:

ARIMA моделі припускають лінійність і не здатні ефективно моделювати складні нелінійні зв'язки у даних.

Не підходить для сильних сезонних коливань:

Стандартна ARIMA не враховує сезонні варіації, але для цього існує розширена версія моделі — SARIMA (Seasonal ARIMA), яка включає сезонні компоненти.

Потребує стаціонарності:

Для використання класичної ARIMA, часова серія повинна бути або стаціонарною, або бути перетвореною в стаціонарну через різниці, що може не завжди бути ефективним.

Розширення ARIMA:

SARIMA (Seasonal ARIMA):

Для моделей з сезонними компонентами, де додаються додаткові параметри для сезонної автокореляції та ковзаючого середнього.

ARIMAX:

Це розширення ARIMA, яке включає зовнішні регресори або фактори (наприклад, інші економічні показники або демографічні змінні).

ARCH/GARCH:

Моделі для аналізу та прогнозування часових рядів з гетероскедастичністю, тобто змінною дисперсією (поширені в фінансових застосунках).

ARIMA-моделі є потужним інструментом для аналізу та прогнозування часових рядів, коли існує лінійна залежність між поточними та попередніми значеннями даних. Вони особливо корисні для прогнозування економічних, фінансових та інших типів даних, але можуть бути менш ефективними для складних, нелінійних або сезонних процесів, якщо не використовуються їх розширення, такі як SARIMA.

VAR-моделі (Vector AutoRegression): для аналізу взаємозалежних економічних показників.

VAR (Vector AutoRegressive) моделі — це статистичні моделі, які використовуються для аналізу багатовимірних часових рядів. VAR моделі дозволяють вивчати взаємозв'язки між кількома змінними (наприклад, економічними показниками) та їх динаміку в часі, без необхідності встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між змінними.

VAR-моделі є потужним інструментом для аналізу та прогнозування взаємозв'язків між кількома економічними змінними. Вони допомагають виявити динамічні залежності між змінними і використовуються в макроекономічних, фінансових і політичних дослідженнях. Хоча VAR не дає чітких причинно-наслідкових зв'язків, вони є дуже корисними для опису і прогнозування складних економічних систем.

GARCH-моделі: для моделювання волатильності економічних даних.

GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) — це клас моделей, що використовуються для аналізу та прогнозування гетероскедастичності в часових рядах, тобто змінної дисперсії (варіативності) з часом. GARCH-моделі дозволяють моделювати ситуації, коли варіація (розкид) помилок або шуму в часі не є сталою, а змінюється в залежності від часу, що є типовим для фінансових та економічних даних.

GARCH-моделі є потужними інструментами для моделювання та прогнозування змінної волатильності в часових рядах, що робить їх особливо корисними для аналізу фінансових даних. Вони широко застосовуються в аналізі ризиків, прогнозуванні цін на активи та оцінці стабільності фінансових ринків. Однак, для отримання точних результатів GARCH-моделі потребують великих обсягів даних і можуть мати обмеження при роботі з дуже складними або нелінійними залежностями.

2.9 Труднощі які виникають під час комп'ютерного моделювання економічних сигналів

Розробка методів комп'ютерного моделювання економічних сигналів стикається з низкою труднощів, пов'язаних із природою економічних систем,

доступністю даних, вибором математичних моделей і обчислювальними аспектами. Розглянемо основні труднощі по категоріям:

1. Проблеми з даними

Недостатність даних: економічні дані часто є неповними або мають обмежений обсяг.

Шум у даних: економічні сигнали можуть бути зашумлені через вплив зовнішніх факторів, таких як політична нестабільність, природні катаклізми тощо.

Гетерогенність даних: економічні показники можуть бути зібрані за різними методологіями, що ускладнює їх аналіз.

Запізнення даних: багато економічних показників доступні лише із затримкою (наприклад, ВВП, рівень зайнятості).

2. Складність економічних систем

Нелінійність систем: економічні процеси часто мають нелінійний характер, що ускладнює створення точних моделей.

Взаємозалежність змінних: економічні показники впливають один на одного, створюючи складні кореляції та каузальні зв'язки.

Непередбачуваність: зовнішні шоки, такі як пандемії або війни, можуть раптово змінити економічну динаміку.

3. Методологічні труднощі

Вибір моделі: важко визначити, яка модель найкраще підходить для конкретного типу економічних сигналів (напр., ARIMA, GARCH, нейронні мережі).

Калібрування моделей: параметри моделі потрібно точно налаштовувати, що може вимагати багато часу та ресурсів.

Перенавчання моделей: у складних моделях (особливо машинного навчання) існує ризик перенавчання, коли модель добре працює на тренувальних даних, але погано на нових.

4. Обчислювальні труднощі

Великі обсяги даних: моделювання економічних сигналів із великими наборами даних потребує значних обчислювальних ресурсів.

Часові витрати: деякі моделі (наприклад, агент-орієнтовані або складні стохастичні моделі) потребують багато часу для виконання розрахунків.

Складність алгоритмів: деякі методи, такі як оптимізація або симуляції, можуть бути обчислювально дорогими.

5. Інтерпретація результатів

Розуміння моделей: складні моделі (особливо на основі нейронних мереж) можуть бути "чорними ящиками", що ускладнює інтерпретацію результатів.

Неточність прогнозів: економічні моделі не можуть гарантувати 100% точність через невизначеність вхідних даних і змінні зовнішні умови.

Множинність сценаріїв: результати часто залежать від гіпотез і припущень, що лежать в основі моделі.

6. Технічні проблеми

Інтеграція з іншими системами: складність інтеграції даних з різних джерел або платформ.

Вибір програмного забезпечення: вибір між комерційними та відкритими платформами (EViews, MATLAB, Python, R).

Застаріле обладнання: недостатня технічна база може уповільнити процес моделювання.

7. Етичні та політичні обмеження

Конфіденційність даних: багато економічних даних є конфіденційними або обмежені у використанні.

Політичний вплив: результати моделювання можуть бути використані для просування певної політичної програми.

Соціальні наслідки: економічні рішення, засновані на моделюванні, можуть мати значний вплив на різні соціальні групи.

2.10 Підходи до подолання труднощів комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів

Застосування методів машинного навчання для роботи з великими даними та виявлення нелінійностей.

Поліпшення доступу до даних через співпрацю з урядовими організаціями та міжнародними інституціями.

Розробка гібридних моделей, які поєднують статистичні та нейронні підходи.

Використання хмарних обчислень для збільшення обчислювальної потужності.

Інвестування в освіту та підготовку фахівців для роботи зі складними методами моделювання.

Ефективне подолання цих труднощів дозволить значно покращити якість моделювання економічних сигналів і підтримати прийняття рішень у складних економічних умовах.

2.11 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» описано основні системи які можуть здійснювати моделювання циклічних економічних сигналів. Описані методи так деякі математичні моделі які використовуються для проведення аналізу та можливого моделювання циклічних економічних сигналів. Описані основні труднощі які виникають при опрацюванні та комп'ютерному моделюванні циклічних економічних сигналів.

2 МЕТОДИ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ЇХ МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Методи моделювання циклічних економічних сигналів

Моделювання економічних сигналів є важливою частиною аналізу економічних процесів, яка дозволяє аналізувати, прогнозувати та розуміти динаміку економічних змінних. Економічні сигнали — це часові ряди даних, які відображають зміни макро- та мікроекономічних показників, таких як ВВП, інфляція, валютні курси, ціни на акції тощо.

Основні методи моделювання економічних сигналів:

1. Класичні статистичні методи

ARIMA-моделі (AutoRegressive Integrated Moving Average):

Підходять для аналізу та прогнозування стаціонарних часових рядів.

Використовуються для моделювання тенденцій і сезонності економічних сигналів.

VAR-моделі (Vector AutoRegressive):

Застосовуються для багатовимірних часових рядів, коли важливо враховувати взаємодії між кількома змінними.

GARCH-моделі (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity):

Використовуються для аналізу волатильності фінансових сигналів, коли дисперсія змінюється з часом.

VECM-моделі (Vector Error Correction Model):

Використовуються для аналізу коінтеграційних зв'язків між змінними у часових рядах.

2. Методи обробки сигналів

Фур'є-аналіз:

Використовується для виділення частотних компонентів економічних сигналів.

Дозволяє аналізувати циклічні зміни (наприклад, бізнес-цикли).

Хвильовий аналіз (Wavelet Transform):

Більш точний метод для аналізу сигналів із різною частотною структурою.

Використовується для вивчення коротко- та довгострокових коливань.

Фільтрація (напр. фільтр Ходріка-Прескотта):

Дозволяє розділяти економічні сигнали на трендову і циклічну компоненти.

3. Економетричні моделі

Регенересійний аналіз:

Використовується для виявлення залежностей між змінними, наприклад, впливу процентної ставки на інфляцію.

Структурні моделі:

Засновані на теоретичних припущеннях про взаємозв'язок економічних змінних.

Моделі панельних даних:

Аналізуються сигнали для кількох об'єктів одночасно (країни, компанії) у різні періоди.

4. Методи машинного навчання

Штучні нейронні мережі (Artificial Neural Networks):

Використовуються для моделювання складних нелінійних залежностей в економічних сигналах.

Добре підходять для прогнозування, зокрема в умовах нестабільності.

Рандомізовані дерева та ансамблеві методи (Random Forest, Gradient Boosting):

Застосовуються для прогнозування та аналізу впливу різних змінних на економічний сигнал.

Методи кластеризації (K-means, DBSCAN):

Використовуються для ідентифікації груп або кластерів у даних.

Support Vector Machines (SVM):

Підходять для аналізу трендів і прогнозування сигналів із використанням граничних рішень.

5. Байєсові моделі

Байєсівський фільтр:

Використовується для оцінки та прогнозування часових рядів на основі ймовірнісного підходу.

Становий простір і Kalman Filter:

Дозволяє аналізувати латентні (невидимі) компоненти економічних сигналів.

6. Методи нелінійного моделювання

Моделі хаосу:

Використовуються для аналізу складних економічних систем із нелінійною динамікою.

Моделі фракталів:

Досліджують економічні сигнали, враховуючи їх фрактальну природу.

7. Імітаційні моделі

Агент-орієнтоване моделювання (Agent-Based Models):

Використовуються для вивчення взаємодії окремих економічних агентів і їхнього впливу на систему в цілому.

Системна динаміка:

Аналізує економічні сигнали через взаємозв'язки між змінними в динамічній системі.

Застосування методів моделювання економічних сигналів

Прогнозування:

Прогнозування економічного зростання, інфляції, безробіття, фінансових ринків.

Аналіз ризиків:

Оцінка волатильності, аналіз кризових сценаріїв.

Оцінка політики:

Аналіз впливу монетарної або фіскальної політики на економіку.

Інвестиційний аналіз:

Оцінка поведінки ринкових активів для прийняття інвестиційних рішень.

Вибір методу моделювання економічних сигналів залежить від завдання, типу даних та специфіки досліджуваного процесу. Успішне застосування цих

методів вимагає комбінування кількох підходів для отримання точних і надійних результатів.

2.2 Попереднє опрацювання економічних сигналів

Попереднє опрацювання економічних сигналів є важливим етапом підготовки даних для аналізу та моделювання. Воно дозволяє покращити якість сигналу, виділити значущу інформацію та усунути шум або інші перешкоди. Методи попереднього опрацювання варіюються залежно від особливостей даних і мети дослідження.

1. Очистка даних

Заповнення пропусків у даних:

Інтерполяція: Лінійна, поліноміальна або сплайн-інтерполяція для заповнення відсутніх значень.

Методи екстраполяції: Прогнозування пропущених даних за допомогою моделей ARIMA або лінійної регресії.

Заповнення середнім, медіаною або модою.

Усунення викидів:

Використання статистичних методів (наприклад, правила трьох сигм).

Ідентифікація та видалення викидів на основі кластеризації або машинного навчання.

Фільтрація шуму:

Медіанний фільтр: Видалення короткочасних піків (шуму).

Сгладжування: Застосування ковзного середнього (Moving Average).

Фільтри Баттерворта або Калмана: Усунення високочастотного шуму.

2. Нормалізація та масштабування

Мінімаксне масштабування:

Перетворення даних у діапазон $[0, 1]$ для усунення впливу розмірностей.

Z-нормалізація (стандартизація):

Приведення даних до середнього 0 та стандартного відхилення 1.

Логарифмічна трансформація:

Використовується для стабілізації варіацій у даних та роботи з експоненційними трендами.

3. Виділення трендів і сезонності

Декомпозиція часових рядів:

Адитивна декомпозиція:

Мультиплікативна декомпозиція:

Фільтр Ходріка-Прескотта (НР-фільтр):

Використовується для відокремлення довгострокового тренду від циклічних коливань.

Методи ковзного середнього:

Застосовуються для згладжування даних і виділення основного тренду.

4. Перетворення сигналів

Диференціювання:

Використовується для перетворення нестационарних даних у стаціонарні шляхом обчислення змін між сусідніми значеннями.

Бокса-Кокса трансформація:

Застосовується для стабілізації дисперсії та усунення нелінійностей.

Дискретне перетворення Фур'є:

Виділення частотних компонент у сигналі (циклічні коливання).

Хвильовий аналіз:

Використовується для багатомасштабного аналізу сигналів.

5. Стаціонаризація даних

Перевірка на стаціонарність:

Використання тестів Дікі-Фуллера (ADF) або KPSS.

Усування нестационарності:

Видалення тренду і сезонності.

Застосування диференціювання або логарифмічних перетворень.

6. Зменшення розмірності

Аналіз головних компонент (PCA):

Виділення основних компонент для спрощення структури даних.

Сингулярний розклад матриці (SVD):

Використовується для виявлення основних шаблонів у даних.

7. Категоризація та перетворення змінних

Кодування категоріальних змінних:

One-Hot Encoding або Label Encoding для перетворення дискретних змінних у числові.

Створення лагів:

Додавання лагових змінних для врахування впливу попередніх значень на поточний стан.

8. Балансування та підготовка вибірок

Створення тренувальних і тестових вибірок:

Ділення даних на тренувальний та тестовий набори.

Балансування даних:

У разі диспропорції в категоріях можливе застосування підвибірки (undersampling) або надвибірки (oversampling).

Попереднє опрацювання економічних сигналів є критичним етапом, який забезпечує коректність і надійність подальшого аналізу. Вибір конкретних методів залежить від характеру даних, поставленого завдання та бажаних результатів. Комбінація декількох методів часто є найефективнішою стратегією.

2.3 Методи вилучення тренду

Вилучення тренду з часових рядів є ключовим етапом аналізу для оцінки стаціонарності даних та моделювання залишкових компонент. Існує кілька популярних методів вилучення тренду, які розділяються на параметричні та непараметричні підходи.

Параметричні методи вилучення тренду

Лінійна регресія

Опис: Тренд моделюється як лінійна функція часу.

Переваги: Простий у використанні.

Недоліки: Обмежений для даних із нелінійними трендами.

Поліноміальна регресія

Опис: Тренд моделюється поліноміальною функцією часу.

Підходить для даних із нелінійними трендами.

Недоліки: Може призводити до перенавчання при високих степенях полінома.

Експоненційний тренд

Опис: Використовується для трендів, які зростають або зменшуються експоненційно.

Непараметричні методи вилучення тренду

Фільтр Ходріка-Прескотта (Hodrick-Prescott Filter)

Опис: Розділяє часовий ряд на трендову та циклічну компоненти.

Мінімізує суму квадратичних відхилень і другої похідної тренду.

Фільтр Бакстера-Кінга (Baxter-King Filter)

Опис: Бандпас-фільтр для вилучення циклів певної частоти, відсікаючи трендові компоненти.

Підходить для економічних даних.

Недоліки: Втрата даних на кінцях ряду.

Декомпозиція STL (Seasonal-Trend Decomposition using Loess)

Опис: Вилучення тренду та сезонності через локально адаптивні криві.

Переваги: Підходить для сезонних і нестационарних даних.

Спектральні методи

Перетворення Фур'є

Опис: Використовується для вилучення низькочастотних компонент, що відповідають тренду.

Підходить для періодичних або хвильових даних.

Недоліки: Складність налаштування.

Перетворення Вейвлета

Опис: Використання вейвлет-фільтрів для вилучення трендової компоненти.

Переваги: Підходить для локальних трендів і змінної сезонності.

Методи згладжування

Ковзне середнє (Moving Average)

Опис: Згладжування даних за допомогою ковзного вікна.

Недоліки: Не відображає складних трендів.

Експоненційне згладжування

Опис: Більшу вагу надає останнім спостереженням.

Недоліки: Вимагає визначення коефіцієнта згладжування

Інтерактивні та машинні методи

LOESS (Locally Weighted Scatterplot Smoothing)

Опис: Локальне згладжування даних через зважену регресію.

Підходить для даних зі складними трендами.

Моделі на основі нейромереж (LSTM, RNN)

Опис: Використовуються для вилучення складних нелінійних трендів.

Переваги: Автоматична обробка складних залежностей.

Вибір методу

Лінійний тренд: Лінійна регресія, ковзне середнє.

Сезонність: STL, фільтр Ходріка-Прескотта.

Нелінійні тренди: LOESS, поліноміальна регресія, нейромережі.

Висока волатильність: Перетворення Вейвлета, GARCH.

Вибір методу залежить від природи даних, складності тренду та кінцевої мети аналізу.

2.4 Методи фільтрації даних згладження

Згладження даних та фільтрація — це методи, що використовуються для усунення шуму й виділення основних тенденцій у часових рядах. Вони важливі для підготовки даних до подальшого аналізу та моделювання.

Основні методи згладження та фільтрації

Просте ковзне середнє (Simple Moving Average, SMA)

Опис: Усереднення значень у фіксованому вікні.

Переваги: Простота, добре усуває шум.

Недоліки: Може розмивати різкі зміни, втрати крайніх даних.

Експоненційне згладжування (Exponential Smoothing, EWMA)

Опис: Зважене середнє, де останнім значенням надається більша вага.

Переваги: Легко адаптується до змін тренду.

Недоліки: Менш ефективний для даних із сезонністю.

Фільтр Ходріка-Прескотта (Hodrick-Prescott Filter)

Опис: Розділяє часовий ряд на трендову та циклічну компоненти, мінімізуючи квадратичне відхилення.

Переваги: Підходить для економічних даних.

Недоліки: Чутливий до вибору

Фільтр Бакстера-Кінга (Baxter-King Filter)

Опис: Бандпас-фільтр, що видаляє компоненти певної частоти, дозволяючи аналізувати лише бажані цикли.

Переваги: Корисний для економічних циклів.

Недоліки: Не працює на кінцях ряду.

Декомпозиція STL (Seasonal-Trend Decomposition using Loess)

Опис: Виділяє тренд, сезонність і залишкову компоненту через локально зважене згладжування.

Переваги: Підходить для складних даних із сезонністю.

Недоліки: Вимагає вибору параметрів.

Гауссове згладжування

Опис: Використовує ядро Гаусса для згладжування даних у заданому вікні.

Переваги: Добре згладжує нерівності.

Недоліки: Чутливий до ширини ядра.

Фільтр Калмана (Kalman Filter)

Опис: Рекурсивний метод оцінки стану системи на основі шумних вимірювань.

Переваги: Добре працює в реальному часі.

Недоліки: Складність у реалізації.

Локально зважене згладжування (LOESS, LOWESS)

Опис: Локально згладжує дані через регресію в заданому вікні.

Переваги: Адаптивний до локальних змін.

Недоліки: Повільний на великих наборах даних.

Перетворення Вейвлета

Опис: Використовує багаторівневу декомпозицію сигналу для вилучення тренду та згладжування.

Переваги: Підходить для складних сигналів.

Сплайни (Splines)

Опис: Використовує кусочно-лінійні або кусочно-квадратичні функції для згладжування.

Переваги: Гнучкість у моделюванні тренду.

Вибір методу залежить від:

Природи даних: наявність сезонності, рівень шуму.

Мета аналізу: прогноз, візуалізація, фільтрація шуму.

Обчислювальних ресурсів: прості методи (SMA, EWMA) швидкі, складні методи (STL, Kalman) потребують більше часу.

Кожен метод має свої переваги та обмеження.

Розглянемо в таблиці 2.1 порівняння відомих математичних моделей

Таблиця 2.1

Таблиця порівняння математичних моделей для аналізу часових рядів

Параметр	ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average)	GARCH (Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity)	VAR (Vector AutoRegression)	Exponential Smoothing (ETS)	LSTM (Long Short-Term Memory, нейромережа)
Призначення	Моделювання та прогнозування часових рядів із трендами та сезонністю	Аналіз волатильності й прогнозування змінної дисперсії	Аналіз взаємозв'язків між кількома часовими рядами	Прогнозування даних із сильною сезонністю	Моделювання складних нелінійних взаємозв'язків у часових рядах
Тип даних	Уніваріатні (одновимірні)	Уніваріатні або багатовимірні	Багатовимірні	Уніваріатні	Уніваріатні або багатовимірні
Лінійність	Лінійна модель	Нелінійна (залежність у дисперсії)	Лінійна	Лінійна	Нелінійна

Продовж. табл. 2.1

Основні параметри	p,d,qр, d, qр,d,q для авторегресії, диференціювання, ковзного середнього	p,qр, qр,q для авторегресії та ковзного середнього у варіаціях	Лаги для кожної змінної	Параметри згладжування	Кількість нейронів, шарів, гіперпараметри
Аналіз сезонності	Можливий через SARIMA	Не враховується	Не враховується	Вбудована підтримка сезонності	Можлива через навчання сезонних шаблонів
Шум у даних	Стійка до шуму після попередньої обробки	Чутлива до шуму, але добре моделює волатильність	Чутлива до шуму	Стійка до шуму	Чутлива до шуму
Інтерпретованість	Висока	Середня (залежить від знання фінансової теорії)	Висока	Висока	Низька (чорний ящик)
Прогнозування	Короткострокове та середньострокове	Короткострокове	Короткострокове та середньострокове	Короткострокове	Короткострокове та середньострокове
Обчислювальна складність	Низька	Середня	Висока	Низька	Висока
Вимоги до даних	Стаціонарність, відсутність автокореляції залишків	Висока частота даних для стабільного оцінювання волатильності	Не потребує стаціонарності	Не потребує стаціонарності	Великий обсяг даних для навчання
Приклад використання	Прогноз курсу валют, попиту на товари	Прогнозування волатильності фінансових ринків	Аналіз взаємозв'язків між економічними показниками	Прогноз продажів у роздрібній торгівлі	Аналіз складних фінансових і макроекономічних рядів
Програмні платформи	R, Python, Stata, MATLAB	R, Python (Statsmodels, Arch), Stata	R, Python (Statsmodels), Stata	R, Python (Statsmodels, Prophet)	Python (TensorFlow, PyTorch, Keras)

ARIMA підходить для моделювання та прогнозування даних із трендами, але вимагає стаціонарності та ретельної попередньої обробки.

GARCH ідеальна для аналізу змінної волатильності в фінансових часових рядах.

VAR застосовується для дослідження взаємозв'язків між декількома часовими рядами.

ETS ефективна для даних із сильною сезонністю й трендами, без вимоги до стаціонарності.

LSTM забезпечує потужні можливості для складних нелінійних задач, але вимагає великих обсягів даних і ресурсів.

Вибір моделі залежить від специфіки даних, цілей аналізу та доступних ресурсів.

2.5 Математична модель для комп'ютерного моделювання

Циклічний випадковий процес — це стохастична модель, яка поєднує циклічні компоненти та випадкові зміни. Такі моделі використовуються для опису явищ, які мають періодичний та змінний характер із невизначеними коливаннями, наприклад, економічні чи кліматичні дані.

Однією із таких математичних моделей є модель у вигляді циклічного випадкового процесу яка враховує ритм сигналу, вона описана в роботах [44-48].

$$\xi(\omega, t) = \sum_{i=1}^C \xi_i(\omega, t), \omega \in \Omega, t \in \mathbf{W}, \xi(\omega, t) \in \Psi = L_2(\Omega, \mathbf{P}) \quad (2.1)$$

Де компоненти циклічного випадкового процесу враховуються через індикаторні функції

$$\xi_i(\omega, t) = \xi(\omega, t) \cdot I_{\mathbf{W}_i}(t), i = \overline{1, C}, \omega \in \Omega, t \in \mathbf{W} \quad (2.2)$$

Самі індикаторні функції визначаються так:

$$I_{\mathbf{w}_i}(t) = \begin{cases} 1, & t \in \mathbf{w}_i, \\ 0, & t \notin \mathbf{w}_i. \end{cases}$$

При цьому області визначення циклічного випадкового процесу

$$\mathbf{w} = \bigcup_{i=1}^C \mathbf{w}_i \quad \text{та} \quad \mathbf{w}_i \cap \mathbf{w}_q = \emptyset, i \neq q, i = \overline{1, C}$$

Індикаторна функція має зв'язок з функцією ритму

$$I_{\mathbf{w}_i}(t) = I_{\mathbf{w}_{i+n}}(t + T(t, n)), i = \overline{1, C}, n \in \mathbf{Z}, t \in \mathbf{W} \quad (2.3)$$

Якщо досліджуваний випадковий процес (циклічний економічний процес) можна розбити в межах циклів на зони тоді зручно використовувати таку формулу представлення

$$\xi_j(\omega, t) = \xi(\omega, t) \cdot I_{\mathbf{w}_j}(t) = \xi_i(\omega, t) \cdot I_{\mathbf{w}_j}(t), i = \overline{1, C}, j = \overline{1, Z}, \omega \in \Omega, t \in \mathbf{W} \quad (2.4)$$

Таким чином математичну модель для наших досліджень ми обрали у вигляді циклічного випадкового процесу.

2.6 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи проведений описи та огляд методів моделювання циклічних економічних сигналів. Проведений огляд методів попереднього опрацювання даних зокрема фільтрація та вилучення тренду. Проведений огляд математичних моделей та вибрана математична модель у вигляді циклічного випадкового процесу для подальших кроків моделювання.

3 МЕТОДИ ОСНОВНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ЇХ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Методи статистичної обробки

До методів основного опрацювання слід віднести методи статистичної обробки які побудовані на математичній моделі у вигляді циклічного випадкового процесу поданого у попередньому розділі.

Для проведення комп'ютерного моделювання необхідною інформацією є статистичні оцінки. Зокрема це оцінка математичного сподівання та оцінка дисперсії.

Оцінка математичного сподівання визначається за формулою, поданою в роботах [53-55].

$$\hat{m}_{\xi}(t) = \frac{1}{C} \cdot \sum_{n=0}^{C-1} \xi_{\omega}(t + T(t, n)), t \in \mathbf{W}_1 = [\tilde{t}_1, \tilde{t}_2) \quad (3.1)$$

Оцінка дисперсії визначається за формулою, поданою в роботах [53-55].

$$\hat{d}_{\xi}(t) = \frac{1}{C-1} \cdot \sum_{n=0}^{C-1} \left(\xi_{\omega}(t + T(t, n)) - \hat{m}_{\xi}(t + T(t, n)) \right)^2, t \in \mathbf{W}_1 = [\tilde{t}_1, \tilde{t}_2) \quad (3.2)$$

Результате отриманих оцінок будемо використовувати як вхідну інформацію для проведення експериментів з комп'ютерного моделювання економічних циклічних сигналів.

Для задання ритму сигналу при проведенні комп'ютерного моделювання необхідно застосувати методи оцінювання ритмічної структури або змоделювати ритм. З метою оцінювання ритмічної структури можна застосувати методи описані в роботах [49, 50].

Для моделювання можна застосувати підхід описаний в роботах [32,41]

Тоді формула для проведення комп'ютерного моделювання буде мати вигляд

$$\xi(\omega, t) = \bigcup_{i=1}^C \xi_i(\omega, t), \omega \in \Omega, t \in \mathbf{W} \quad (3.3)$$

Де незалежні цикли будуть визначатись наступним чином

$$\xi_i(\omega, t) = \{(y_i(t_1), g_i(\omega, t_1)), t_1 \in \mathbf{W}_1\}, i = \overline{1, C}, t \in \mathbf{W} \quad (3.4)$$

При цьому $y_i(t_1) = t_1 + T(t_1, n), i = \overline{1, C}, t_1 \in \mathbf{W}_1$.

Де $g_i(\omega, t_1)$ - множина незалежних базових (репрезентативних) циклів.

Перейдемо до розробки та опису програми для моделювання циклічних економічних сигналів.

3.2 Опис розробленої програми для комп'ютерного моделювання економічних циклічних сигналів

Програма для моделювання циклічних економічних сигналів складається із елементів головного меню «Файл», «Допомога», закладок: «Вхідні дані», «Відображення результатів», «Моделювання».

Елемент головного «Файл» дозволяє відкривати вхідний економічний сигнал та функцію ритму.

Вхідними даними для програми є економічні циклічні процеси, а також дискретна функція ритму. На інтерфейсі програми для вводу даних вказується шлях, звідки завантажуються вхідні дані. На рисунку 3.1 поданий загальний вигляд інтерфейсу програми для вводу даних, де відображені вхідні дані та шлях, звідки вони завантажені.

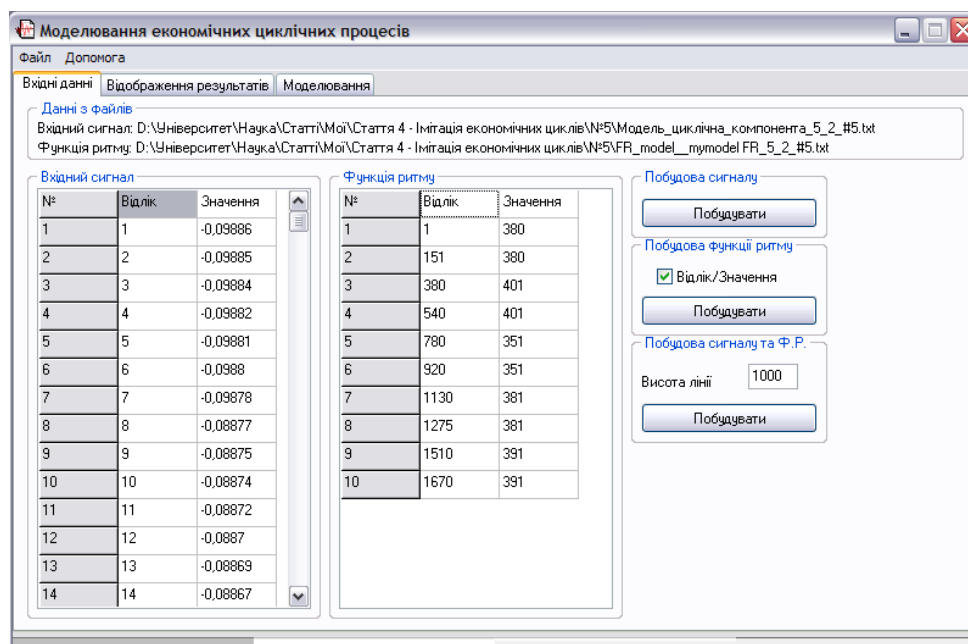


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд інтерфейсу програми для вводу даних

Для відображення даних на даному інтерфейсі програми передбачені кнопки для візуалізації введених даних «Побудова сигналу», «Побудова функції ритму». Крім цих можливостей програма дозволяє проводити прорідження сигналу з метою зменшення кількості відділків, що вплине на час обробки сигналів в цілому. Як приклад на рисунку 3.2 поданий загальний вигляд інтерфейсу програми для візуалізації даних сигналу.

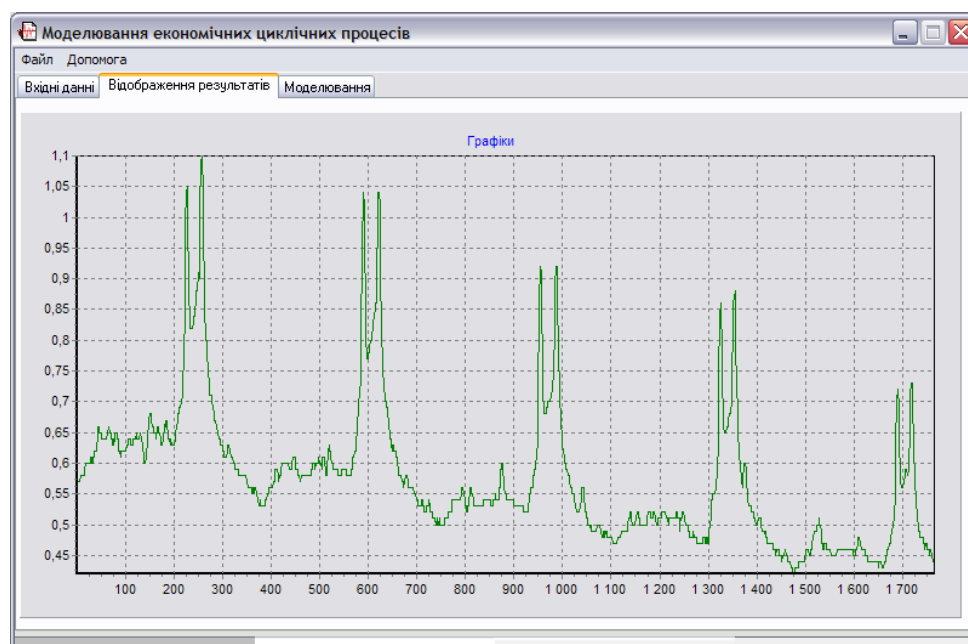


Рисунок 3.2. – Загальний вигляд інтерфейсу програми для візуалізації даних сигналу та функції ритму (закладка «Відображення результатів»)

Для проведення імітаційного моделювання економічних циклічних процесів з врахуванням заданої та сформованої функції ритму необхідно спочатку відкрити вхідні дані економічних циклічних процесів та функції ритму, задати кількість циклів та зон сигналу, завантажити та побудувати вхідний цикл. При цьому використовується інтерфейси програми для вводу вхідних даних (рисунк 3.3) та для візуалізації вхідного циклу, поданий на рисунку 3.4.

№	Відлік	Значення
1	1	-0.09886
2	2	-0.09885
3	3	-0.09884
4	4	-0.09882
5	5	-0.09881
6	6	-0.0988
7	7	-0.09878
8	8	-0.08877
9	9	-0.08875
10	10	-0.08874
11	11	-0.08872
12	12	-0.0887

№	Зона №1	Зона №2
1	-0.09886	0.006689
2	-0.09885	0.006747
3	-0.09884	-0.00319
4	-0.09882	-0.00313
5	-0.09881	-0.00307
6	-0.0988	-0.01301
7	-0.09878	-0.01295
8	-0.08877	-0.01289
9	-0.08875	-0.01283
10	-0.08874	-0.01277
11	-0.08872	-0.02271
12	-0.0887	-0.01265
13	-0.08869	-0.01259

Рисунок 3.3 – Загальний вигляд інтерфейсу програми для вводу вхідних даних



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд інтерфейсу програми для візуалізації вхідного циклу

В розробленій програмі передбачена можливість формувати дискретну функцію ритму, в залежності від кількості циклів та зон економічного циклу, який потрібно змодельовати. Інтерфейси програми для формування функції ритму та візуалізації змодельованого економічного циклічного процесу наведені, відповідно, на рисунках 3.5 і 3.6.

Цикл	Зона №1	Зона №2	Зона №3	Зона №4
Цикл №1	130	140	110	120
Цикл №2	130	110	120	130
Цикл №3	150	120	140	130
Цикл №4	140	130	130	135
Цикл №5	145	140	125	140

№	Відлік	Значення
1	1	501
2	131	501
3	271	501
4	381	501
5	501	491
6	631	491
7	741	491
8	861	491
9	991	541
10	1141	541
11	1261	541
12	1401	541
13	1531	536

Рисунок 3.5 – Загальний вигляд інтерфейсу програми для формування функції ритму

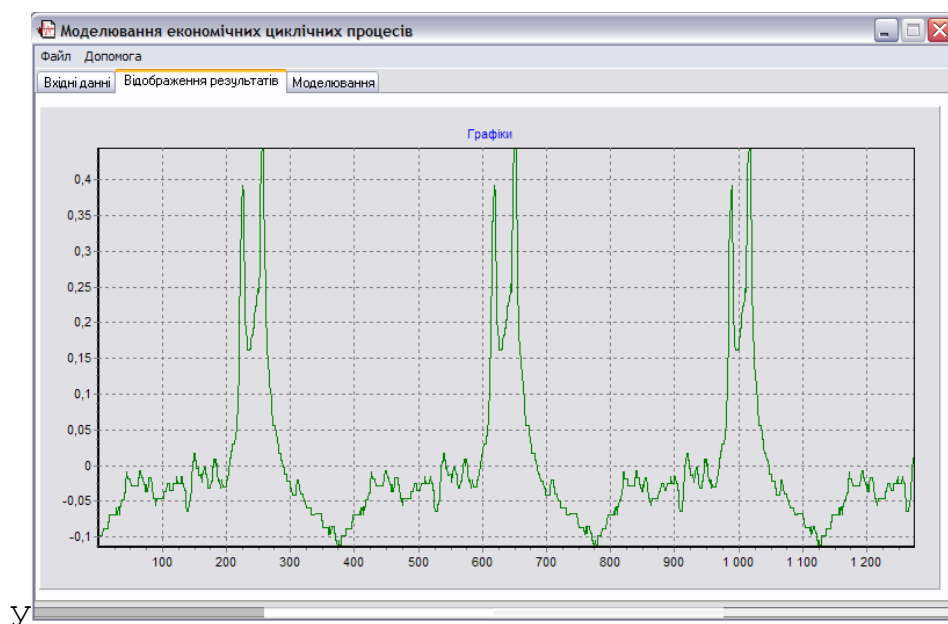


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд інтерфейсу програми змодельованого економічного процесу, сформованою функцією ритму

Розроблена комп'ютерна програма для моделювання циклічних економічних процесів дає змогу проводити імітаційне моделювання циклічних економічних процесів із заданою функцією ритму. Також в програмі передбачена можливість формування функції ритму. Дана програма може бути використана для навчання та тестування існуючих систем спеціалістами в області економічних наук, кібернетики та інформатики.

3.3 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано розроблену програму для проведення комп'ютерного моделювання. Описані основні математичні викладки для здійснення моделювання. Наведений приклад роботи програми на основі розробленої програми на мові Delphi.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Фактори, які впливають на наслідок ураження електричним струмом

Тяжкість електротравми визначається впливом факторів:

- електричного характеру — величина напруги, сила струму, вид струму (постійний чи змінний), частота при змінному струмі;
- неелектричного характеру — тривалість дії електроструму;
- навколишнього середовища — температура, тиск, вологість повітря;
- шляху протікання струму через тіло людини.

У разі ураження людини електричним струмом основним уражуючим фактором є *сила струму*, що проходить через тіло людини. При цьому ступінь негативного впливу на організм людини збільшується із зростанням струму. За характером дії струм оцінюють так, як наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Характер впливу електричного струму на організм людини

Струм, мА	Характер дії	
	Змінний струм	Постійний струм
0,6-1,5	Початок відчуття, легке тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
2-3	Сильне тремтіння пальців рук.	Не відчувається.
5-7	Судороги в руках.	Свербіння. Відчуття нагріву.
8-10	Руки з зусиллям, але ще можна відірвати від електродів, сильний біль у пальцях і кистях рук.	Підсилений нагрів.

Продовж. табл. 4.1

20-25	Параліч рук, відірвати їх від електрода неможливо. Дуже сильний біль. Дихання затруднене.	Надто сильний нагрів. Незначне скорочення м'язів рук.
50-80	Зупинка дихання. Початок фібриляції.	Скорочення м'язів. Судороги, затруднене дихання.

На основі даних наведених в цій таблиці можна виокремити декілька характерних видів струму.

Відчутний струм — малий струм, який людина починає відчувати: в середньому близько 1,1 мА при змінному струмі частотою 50 Гц і близько 6 мА при постійному струмі. Ця дія обмежується при змінному струмі слабким свербіжем і легким пощипуванням (поколюванням), а при постійному струмі - відчуттям нагріву шкіри на ділянці, що доторкується до струмовідних частин. Найменше значення відчутного струму називається пороговим відчутним струмом.

Невідпускаючий струм — струм, що викликає в разі проходження через тіло людини непереборні судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснутий провідник, а його найменше значення називається пороговим невідпускаючим струмом. При змінному струмі (50 Гц) величина цього струму перебуває в межах 20-25 А. При постійному струмі невідпускаючих струмів, власне кажучи, немає, оскільки при певних значеннях струму людина може самостійно розтиснути руку, в якій затиснутий провідник, і таким чином відірватися від струмовідної частини.

Однак в момент відриву виникають болісні скорочення м'язів, аналогічні за характером і больовим відчуттям тим, які спостерігаються при змінному струмі. Сила струму становить приблизно 50-80 мА.

Цей струм і прийнято умовно за поріг невідпускаючих струмів при постійній напрузі.

Фібриляційний струм. Змінний (50 Гц) струм 50 мА і більше, проходячи через тіло людини по шляху "рука — рука" або "рука — ноги", діє як подразник на м'язи серця, що розташовані глибоко в грудях. Це небезпечно для життя людини, оскільки через 1—3 с з моменту замикання кола через людину може настати фібриляція або зупинка серця. При цьому припиняється кровообіг і, відповідно, в організмі виникає нестача кисню; це, в свою чергу, швидко призводить до припинення дихання, тобто настає смерть.

Електричний струм, який викликає фібриляцію серця, називається фібриляційним струмом, а найменше його значення — пороговим фібриляційним струмом.

За частоти 50 Гц фібриляційними є струми в межах від 50 мА до 5 А, а середнє значення порогового фібриляційного струму - близько 100 мА. При постійному струмі середнім значенням порогового фібриляційного струму можна вважати 300 мА, а верхнім - 5 А.

Струм понад 5 А, як постійний, так і змінний, викликає раптову зупинку серця, минаючи стан фібриляції. Водночас із зупинкою серця виникає і параліч дихання, причому після швидкого відключення струму дихання, як правило, самостійно не відновлюється.

Безпечним струмом можна вважати такий струм, який протягом тривалого часу (декілька годин) може проходити через людину, не завдаючи їй шкоди і не викликаючи ніяких відчуттів, і який набагато менший порогового відчутного струму. Точні значення безпечного струму не встановлені, але для практичних цілей його найбільше значення можна, певно, вважати рівним 50-75 мкА при змінному струмі промислової частоти (50 Гц) і 100-125 мкА - при постійному струмі.

Із порівняння значень порогових струмів, наведених у таблиці, можна зробити висновок, що постійний струм менш небезпечний (в 4-5 разів), ніж змінний. Але все це справедливо лише для відносно невисоких напруг — до 250—300 В. За більш високих напруг небезпека ураження постійним струмом зростає. Вважається, що за напруги 500 В їх дія вирівнюється, а в разі більш

високих напруг постійний струм стає більш небезпечним, ніж змінний частотою 50 Гц.

Дія на людину змінного струму залежить від його *частоти*.

Через наявність в опорі тіла людини ємнісної складової збільшення частоти прикладеної напруги супроводжується зменшенням повного опору тіла і збільшенням струму, який проходить через людину, що, в свою чергу, підвищує небезпеку ураження. Здавалося б, що в разі збільшення частоти ця небезпека має підвищуватися, але насправді виявилось, що це припущення справедливе лише в діапазоні частот до 50 Гц. Подальше підвищення частоти, незважаючи на зростання струму, що проходить через тіло людини, супроводжується зниженням небезпеки ураження, яка зникає при частоті 450—500 кГц. Правда, ці струми зберігають небезпеку опіків як у разі виникнення електричної дуги, так і в разі проходження їх безпосередньо через людину.

Електрична напруга також впливає на наслідок ураження людини, але лише тією мірою, в якій її величина визначає силу струму, що проходить через тіло людини. Із зростанням напруги, прикладеної до тіла людини, опір шкіри зменшується в десятки разів, відповідно зменшується і опір тіла в цілому; він наближається до опору внутрішніх органів тканин тіла, тобто до свого найменшого значення (300-500 Ом). Пробій рогового шару шкіри відбувається за напруги 50-200 В.

Аналіз нещасних випадків внаслідок дії електричного струму на людей показує, що *тривалість проходження струму* через організм істотно впливає на наслідок ураження: чим триваліша дія струму, тим більша вірогідність тяжкого або смертельного наслідку. Така залежність пояснюється тим, що із збільшенням часу дії електричного струму опір тіла зменшується, а сила струму істотно збільшується. Крім того, з часом виснажуються сили організму, що протидіють дії на нього електрики.

Наслідки дії струму на організм проявляються в порушенні функцій центральної нервової системи, зміною складу крові, місцевим руйнуванням тканин організму під впливом теплоти, яка виділяється, порушенням роботи серця, легень тощо.

Суттєвим для наслідків ураження є *шлях проходження струму*. Так, якщо на шляху струму опиняються життєво важливі органи — серце, легені, головний мозок, то небезпека ураження дуже висока, оскільки струм безпосередньо діє на ці органи.

Якщо ж струм проходить іншими шляхами, то його дія на життєво важливі органи може бути лише рефлекторною, а не безпосередньою. Можливих шляхів проходження струму в тілі людини дуже багато, але характерними, які частіше зустрічаються на практиці, є не більше як 15 петель. Найбільш поширені з них — "рука — рука", "права рука — ноги", "ліва рука — ноги". Найбільш небезпечними є петлі "голова — руки" та "голова — ноги", коли струм може проходити через головний і спинний мозок. Але ці петлі на практиці виникають відносно рідко. Наступний по небезпеці шлях — "права рука — ноги", який по частоті утворення займає друге місце. Найменш небезпечний шлях — "нога — нога", який виникає під час дії на людину так званої напруги кроку. Напруга кроку навіть відносно невеликих значень (50—80 В) викликає мимовільні судорожні скорочення м'язів ніг і як наслідок — падіння людини на землю. В цей момент припиняється вплив на людину напруги кроку і виникає більш тяжка ситуація: замість нижньої петлі в тілі людини утворюється новий більш небезпечний шлях, як правило, від рук до ніг. Оскільки в такому положенні людина доторкається одночасно точок землі, віддалених одна від одної на відстань, що перевищує довжину кроку, напруга, що діє на неї, як правило, більша за напругу кроку. Як результат, створюється загроза смертельного ураження.

Тяжкість електротравми залежить також від *температури, вологості і тиску* повітря. Зі збільшенням температури і вологості зменшується загальний опір тіла людини, зі збільшенням атмосферного тиску небезпека ураження зменшується.

Не менше значення має фізичний стан людини. Для практичних розрахунків з електробезпеки береться опір тіла людини 1000 Ом. Але ця величина не постійна для кожної людини і залежить від її психофізичного стану.

Опір цілком здорових і фізично міцних людей в багато разів перевищує розрахункове значення.

4.2 Соціальні небезпеки

В основу визначення соціальних небезпек, що викликані низьким духовним рівнем, кладуться цінності і компоненти суспільства та людини.

Існують два ціннісні компоненти, співвідношення між якими характеризує стан суспільного життя.

Перший ціннісний компонент — цінності культури суспільства. Другий ціннісний компонент — ціннісна орієнтація особистості. Зв'язок між цими двома крайніми компонентами культури — найважливіший цементуючий і стимулюючий початок всього суспільного життя. І навпаки — порушення цього зв'язку визначає глибоку духовну кризу. В сучасному суспільстві у поєднанні будь-яких складових суспільного життя і в усвідомленості його цілісності велика роль належить інтелігенції. Вона виконує роль духовного і інтелектуального посередника в системі суспільних зв'язків. Але інтелігенція може справитися з цією роллю за умови, коли її усвідомлення не порушено, коли воно само засновується на відповідних посиленнях світоглядного характеру. Одна з цих особливостей сучасної духовної кризи інтелігенції є різкий поворот від атеїстичного світоусвідомлення до релігійного. І тому криза в світоглядній орієнтації інтелігенції теж є небезпекою соціального стану суспільства.

На фоні змінених орієнтирів суспільство потерпає від соціальних небезпек, які викликали зміни і втрати загальнолюдських цінностей і орієнтацій значної кількості населення.

Результатом зміни світу цінностей і орієнтирів частини суспільства є бродяжництво, проституція, п'янство, алкоголізм, тютюнопаління, наркоманія, захворювання на СНІД.

Визначені соціальні небезпеки формують в людському середовищі "групи ризику". "Групи ризику" впливають на стан суспільства шляхом підвищення чисельності кримінальних злочинів, втягування в свої лави все

нових представників здорової частини суспільства, впливу на стан здоров'я оточуючих їх людей, погіршують генофонд нації.

Вищезгадані негативні явища в суспільстві (бродяжництво, проституція та ін.) створюють негативне коло, причини якого, в більшості випадків, пов'язані між собою.

Насамперед слід зазначити наявність ряду моральних факторів, які розподіляють суспільство на робітників комерційних структур, сумісних підприємств та робітників державного сектору економіки. Не співвідношення платні в обставинах низьких заробітків і нерегулярних виплат викликають незадоволення роботою у працівників державного сектору.

Загостреність обставин викликають також незадовільний стан умов праці, проживання і побуту. Вся сукупність обставин збільшує ступінь соціального напруження.

Це може стати передумовою виникнення страйку, а за розвитком відповідних негативних явищ і умов піти в своєму розвитку аж до повстання чи революції.

Такий розвиток подій завжди, навіть в ретельно організованих суспільних змінах, супроводжується виникненням стихійних угруповань, які здійснюють свої плани наживи за рахунок мародерства і вандалізму серед населення, що в своєму подальшому розвитку закінчується тяжкими наслідками актів тероризму.

Необхідність усвідомлених знань розвитку соціальних небезпечних факторів пов'язана з розумінням — куди може привести сукупний їх розвиток і як може потерпіти населення від необачливих дій стихійного характеру.

Найбільше, від чого може потерпіти людина, це від помилок розуміння свого становища в суспільстві. Щоб орієнтуватися в цьому світі, щоб його розуміти, людина повинна визначити, які її дії будуть мати підтримку і схвалення, а які, навпаки, — будуть викликати недовіру і непорозуміння з боку суспільства. Визначена для себе система спілкування з суспільством становить передумови подальшого прогнозу під час взаємодій з суспільством. Це вже робиться за набутим досвідом і становить систему самооцінки людини до своїх

дій. Розуміння критеріїв самооцінки й оцінки вчинків інших людей дається завдяки усвідомленню ціннісного і нормативного змісту культури.

Найбільш суттєва характеристика системи цінностей складається з того, що якраз тут сконцентровані уявлення людей про смисл їх життя. Неадекватність системи оцінок, що застосовує людина, призводить до конфліктної ситуації її з суспільством. Неадекватність оцінок завжди викликає відповідну реакцію з боку людини — морального та психологічного походження. Накопичення таких реакцій у людини сприяє відчуттю відповідного дискомфорту і не-прогнозованій поведінці.

4.3 Висновок до четвертого розділу

В четвертому розділі описані питання охорони праці, зокрема, фактори, які впливають на наслідок ураження електричним струмом. А в підрозділі який стосується безпеки в надзвичайних ситуаціях види можливих соціальних небезпек.

ВИСНОВКИ

В результаті написання кваліфікаційної роботи магістра було розроблено програму для комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів, вона може бути використана як складова частина для комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів в складних системах опрацювання економічних даних.

Створена комп'ютерна програма дозволяє проводити комп'ютерне моделювання на основі інформації про циклічний сигнал, зокрема вхідною інформацією є оцінки математичного сподівання та дисперсії економічного циклу та функція ритму економічного циклічного сигналу.

- В роботі був проведений огляд систем, моделей та методів, які використовуються для опрацювання та комп'ютерного моделювання циклічних економічних сигналів.

- Проведено огляд та порівняння математичних моделей та методів опрацювання, запропонована математична модель та метод моделювання.

- Розроблена програма для комп'ютерного моделювання економічних циклічних сигналів.

- Написана у даній роботі програма може значно полегшити кроки аналізу при дослідженні економічних циклічних сигналів. В подальших дослідженнях даний програмний продукт можна розширити, застосувавши наступні кроки опрацювання пов'язані з використанням наприклад інших підходів (моделей, методів) щодо комп'ютерного моделювання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Bollerslev T. Periodic autoregressive conditional heteroscedasticity / T. Bollerslev, E. Ghysels // Journal of Business and Economic Statistics. Alexandria, USA: ASA, 1996. Vol. 14, № 2. P. 139–151.
2. Boswijk H. P. Testing for periodic integration / H. P. Boswijk, P. H. Franses // Economics Letters. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1995. Vol. 48, № 3–4. P. 241–248.
3. Dehay D. Testing stationarity for stock market data / D. Dehay, J. Leskow // Economics Letters. — Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1996. Vol. 50, № 2. P. 205–212.
4. Franses P. H. Cointegration analysis of seasonal time series / P. H. Franses, M. McAleer // Journal Economic Surveys. — Hoboken, USA: Wiley Blackwell, 1998. Vol. 12, № 5. P. 651–678.
5. Franses P. H. Model selection in periodic autoregressions / P. H. Franses, R. Paap // Oxford Bulletin of Economics and Statistics. — Oxford, UK: Blackwell Publishers, 1994. Vol. 56, № 4. P. 421–439.
6. Franses P. H. The effects of seasonally adjusting a periodic autoregressive process / P. H. Franses // Computational Statistics & Data Analysis. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1995. Vol. 19, № 6. P. 683–704.
7. Gardner W. A. Cyclostationarity: Half a century of research / W. A. Gardner, A. Napolitano, L. Paura // Signal Processing. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2006. Vol. 86, № 4. — P. 639–697.
8. Gelper S. Robust Forecasting with Exponential and Holt-Winters Smoothing / S. Gelper, R. Fried, C. Croux // Journal of Forecasting. NY, USA: John Wiley & Sons, 2010. Vol. 29, № 3. — P. 285–300.
9. Ghysels E. On periodic structures and testing for seasonal unit roots / E. Ghysels, A. Hall, H. S. Lee // Journal of Business and Economic Statistics. Alexandria, USA: ASA, 1996. Vol. 91, № 436. P. 1551–1559.

10. Ghysels E. On the periodic structure of the business cycle / E. Ghysels // Journal of Business & Economic Statistics. Alexandria, USA: ASA, 1994. Vol. 12, № 3. P. 289–298.
11. Ghysels E. The Econometric Analysis of Seasonal Time Series / E. Ghysels, D. R. Osborne // Themes in Modern Econometrics. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001. 252 p.
12. Goncharuk A. G. Forecasting efficiency of the economy of Ukraine [Електронний ресурс] / A. G. Goncharuk // [MPRA Paper](http://mpra.ub.uni-muenchen.de/6562/). Germany: University Library of Munich, 2006. 20 p. Режим доступа: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/6562/>.
13. Hassani H. Singular spectrum analysis: methodology and application to economics data / H. Hassani, A. Zhigljavsky // Journal of Systems Science and Complexity. NY, USA: Springer Science+Business Media, 2009. Vol. 22, № 3. P. 372–394.
14. Juglar C. Des Crises commerciales et leur retour periodique en France / C. Juglar. Paris: Guillaumin, 1862. 276 p.
15. Louca F. Turbulence in economic: an evolutionary appraisal of cycles and complexity in historical processes / F. Louca. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 1997. 383 p.
16. On detecting and modeling periodic correlation in financial data / E. Broszkiewicz-Suwaj, A. Makagon, R. Weron, A. Wylomanska // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. — Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2004. Vol. 336, № 1–2 P. 196–205.
17. Osborn D. R. The implications of periodically varying coefficients for seasonal time-series processes / D. R. Osborn // Journal of Econometrics. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1991. Vol. 48, № 3 P. 373–384.
18. Osborn D. R. The performance of periodic autoregressive models in forecasting seasonal UK consumption / D. R. Osborn, J. P. Smith // Journal of Business and Economic Statistics. Alexandria, USA: ASA. 1989. Vol. 7, № 1. P. 117–127.
19. Parzen E. An approach to modeling seasonally stationary time-series / E. Parzen, M. Pagano // Journal of Econometrics. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1979. Vol. 7, № 1–2. P. 137–153.

20. Polukoshko S. Use of “Caterpillar” – SSA method for analysis and forecasting of industrial and economic indicator / S. Polukoshko, J. Hofmanis // Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «Environment. Technology. Resources», Rēzekne, June 25-27, 2009. Rēzekne, Latvija: Rēzeknes Augstskola, 2009. Vol. 1. P. 241–248.
21. Todd R. M. Periodic linear-quadratic models of seasonality / R. M. Todd // Journal of Economic Dynamics and Control. Maryland Heights, USA: Elsevier, 1990. Vol. 14, № 3–4. P. 763–796.
22. Yousefi S. Wavelet-based prediction of oil prices / S. Yousefi, I. Weinreich, D. Reinartz // Chaos, Solitons and Fractals. Maryland Heights, USA: Elsevier, 2005. Vol. 25, № 2 P. 265–275.
23. Абдуллаева Н. А. Нечеткий подход к прогнозированию уровня бедности / Н. А. Абдуллаева // Сборник трудов «Управление большими системами». М: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2010. № 30. С. 98–114.
24. Акаев А. А. Анализ экономических циклов с помощью математической модели марковских случайных процессов / А. А. Акаев // Доклады академии наук. М: Академиздатцентр "Наука" РАН, 2006. Т. 409, № 6. С. 1–4.
25. Алексеев І. В. Система підтримки прийняття управлінських рішень як складова механізму адаптації машинобудівних підприємств в середовищі невизначеності / І. В. Алексеев, Т. О. Смірнова, А. І. Хоменко // Вісник Хмельницького національного університету. Хмельницький, 2010. Т. 1., №5. С. 47–51.
26. Анисимов В. Н. Об эффективности модели ARIMA при прогнозировании экономических процессов / В. Н. Анисимов, К. Л. Соломахо // Известия Челябинского научного центра. — Челябинск: Челябинский научный центр УрО РАН, 2009. Т. 44, № 2. С. 44–48.
27. Баклан І. В. Імовірнісні моделі для аналізу та прогнозування часових рядів / І. В. Баклан, Г. А. Степанкова // Искусственный интеллект. Донецьк: Інститут проблем штучного інтелекту МОН України та НАН України, 2008. № 3. С. 505–515.

28. Бекмуратов Т. Ф. Нечеткая модель прогнозирования урожайности / Т. Ф. Бекмуратов, Д. Т. Мухамедиева, О. Ж. Бобомурадов // Проблемы информатики. Новосибирск: ОАО «Агентство „Роспечать”», 2010. № 3. С. 11–23.
29. Бідюк П. І. Інформаційна система підтримки прийняття рішень для прогнозування фінансово-економічних процесів на основі структурно-параметричної адаптації моделей / П. І. Бідюк, О. М. Трофимчук, А. В. Федоров // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. К: НТУУ „КПІ”, 2011. № 6. С. 42–53.
30. Біліловець О.С. Нейромережеве прогнозування в сфері електронної комерції / О. С. Біліловець // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. Збірник наукових праць. К: МННЦ ITiC, 2008. Вип. 13. С. 154–166.
31. Братушка С. М. Вейвлет-аналіз як інструмент прогнозування фінансових часових рядів / С. М. Братушка // Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України : зб. наук. праць. Суми: УАБС НБУ, 2007. Т. 20. С. 314–319.
32. Горкуненко А. Б. Імітаційне моделювання взаємопов'язаних економічних циклічних процесів / А. Б. Горкуненко, С. А. Лупенко // Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2011, Тернопіль, 20-21 травня 2011. — Тернопіль: Економічна думка, 2011. — С. 9.
33. Литвиненко Я.В., Лупенко С.А., Щербак Л.М. Моделювання та обробка циклічних сигналів серця на ЕОМ. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.- Хмельницький: Вид.-во “Навчальна книга”. – 2000. №3, -132-139с.
34. Литвиненко Я., Щербак Л. Система комп'ютерних програм для автоматизованої обробки та моделювання кардіосигналів // Тези доповідей п'ятої наук.-техн. конф. ТДТУ ”Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- і приладобудуванні”. Тернопіль. – 2001. – 16.

35. Осухівська Г.М. Обґрунтування вибору фільтру для статистичного аналізу тональних сигналів. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 1997. Т. 2, № 2. С. 57-62.
36. Литвиненко Я., Лупенко С., Щербак Л. Статистичний метод визначення зонної структури електрокардіосигналу в автоматизованих діагностичних системах. Вісник Тернопільського державного технічного університету. Тернопіль, 2005. Т. 10, № 3. С. 165-175.
37. Литвиненко Я., Щербак Л. Система комп'ютерних програм для автоматизованої обробки та моделювання кардіосигналів. Тези доповідей п'ятої наук. конф. ТДТУ. Тернопіль. 2001. С. 16.
38. Лупенко С. А., Литвиненко Я. В., Сверстюк А. С. Статистичний сумісний аналіз кардіосигналів на основі вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів. Електроніка та системи управління. Національний авіаційний університет. Київ, 2008. № 4 (18). С. 22-29.
39. Лупенко С., Литвиненко Я., Сверстюк А. Сумісна статистична обробка синхронно зареєстрованих кардіосигналів на базі їх моделі у вигляді циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів. Матеріали дванадцятої наукової конференції Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, 14-15 травня 2008 р. Тернопіль, 2008. С. 111.
40. Литвиненко Я.В. Моделювання та методи визначення зонної часової структури електрокардіосигналу в автоматизованих діагностичних системах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.05.02. Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2006. 20 с.
41. Імітаційне моделювання взаємопов'язаних економічних циклічних процесів на основі вектора циклічних ритмічно пов'язаних випадкових процесів / А. Б. Горкуненко, С. А. Лупенко, Н. Р. Дем'янчук, Я. В. Литвиненко // Електроніка та системи управління. К: НАУ, 2011. № 2. С. 133–141.
42. Інформаційна технологія моделювання, аналізу та прогнозування циклічних економічних процесів / А. Б. Горкуненко, С. А. Лупенко, Г. М. Осухівська,

- Н. Б. Стадник // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. Хмельницький: ХНУ, 2012. № 2. С. 167–176.
43. Інформаційна технологія прогнозування циклічних економічних процесів / А. Горкуненко, Р. Козак, Я. Литвиненко [та ін.] // Вісник Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя. Тернопіль: ТНТУ, 2012. № 1. С. 143–154.
 44. I.V. Lytvynenko. Method of segmentation of determined cyclic signals for the problems related to their processing and modeling/ I.V. Lytvynenko / Scientific Journal of the ternopil national technical university. 2017, Vol. 88, No. 4, pp. 153-169.
 45. I.V. Lytvynenko. The method of segmentation of stochastic cyclic signals for the problems of their processing and modeling/ I.V. Lytvynenko / Journal of Hydrocarbon Power Engineering, Oil and Gas Measurement and Testing. 2017, Vol. 4, No. 2, pp. 93-103.
 46. I. Lytvynenko. Segmentation and Statistical Processing of Geometric and Spatial Data on Self-Organized Surface Relief of Statically Deformed Aluminum Alloy. // Iaroslav Lytvynenko, Pavlo Maruschak, Sergiy Lupenko, Sergey Panin // Applied Mechanics and Materials, 2015, Vol. 770, pp. 288-293.
 47. I.V. Lytvynenko. Software for segmentation, statistical analysis and modeling of surface ordered structures // I.V. Lytvynenko, P.O. Maruschak, S.A. Lupenko, Yu. I. Hats, A. Menou, S.V. Panin // MECHANICS, RESOURCE AND DIAGNOSTICS OF MATERIALS AND STRUCTURES (MRDMS-2016): Proceedings of the 10th International Conference on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures. AIP Publishing, 2016, Vol. 1785, No.1, pp. 030012-1-030012-7.
 48. I.V. Lytvynenko. Method of segmentation of determined cyclic signals for the problems related to their processing and modeling/ I.V. Lytvynenko / Scientific Journal of the ternopil national technical university. 2017, Vol. 88, No. 4, pp. 153-169.
 49. I. Lytvynenko. Segmentation and Statistical Processing of Geometric and Spatial Data on Self-Organized Surface Relief of Statically Deformed Aluminum Alloy.

- // Iaroslav Lytvynenko, Pavlo Maruschak, Sergiy Lupenko, Sergey Panin // Applied Mechanics and Materials, 2015, Vol. 770, pp. 288-293.
50. I.V. Lytvynenko. Method of the quadratic interpolation of the discrete rhythm function of the cyclical signal with a defined segment structure / I.V. Lytvynenko / Scientific Journal of the ternopil national technical university. 2016, Vol. 84, No. 4, pp. 131-138.
 51. S. Lupenko, A. Lupenko, I. Lytvynenko, V. Martsenyuk. Methods for Estimating the Discrete Rhythmic Structure of Cyclic Random Processes Using Adaptive Interpolation Conference on Computer Science and Information Technologies CSIT 2020: Advances in Intelligent Systems and Computing V pp 614-627 Conference paper. First Online: 23 December 2020. Part of the Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC, volume 1293).
 52. Method of Evaluation of Discrete Rhythm Structure of Cyclic Signals with the Help of Adaptive Interpolation Lytvynenko, I., Lupenko, S., Onyskiv, P. 2020 IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2020 - Proceedings, 2020, 1, pp. 155–158, 9321878
 53. I.V. Lytvynenko. Software for segmentation, statistical analysis and modeling of surface ordered structures // I.V. Lytvynenko, P.O. Maruschak, S.A. Lupenko, Yu. I. Hats, A. Menou, S.V. Panin // MECHANICS, RESOURCE AND DIAGNOSTICS OF MATERIALS AND STRUCTURES (MRDMS-2016): Proceedings of the 10th International Conference on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures. AIP Publishing, 2016, Vol. 1785, No.1, pp. 030012-1-030012-7.
 54. Software for statistical processing and modeling of a set of synchronously registered cardio signals of different physical nature Lupenko, S., Lytvynenko, I., Sverstiuk, A., Horkunenko, A., Shelestovskyi, B. CEUR Workshop Proceedings, 2021, 2864, pp. 194–205
 55. Modeling and Methods of Statistical Processing of a Vector Rhythmiccardiosignal I Lytvynenko, S Lupenko, P Onyskiv, A Zozulia The Open Bioinformatics Journal 14 (1) 73-86

56. I.V. Lytvynenko, P.O. Marushak, S.A. Lupenko, Yu.I. Hats, A.Menou. Software tools for the analysis of the self-organizing material surface after deformation for the problems of its sementation and statistical processing // Proc. of International Symposium Aircraft materials. ACMA 2016. (May 11-13). - 2016. - Morocco, Agadir. – P. 138-139.
57. Lupenko, S., Lytvynenko, I., Stadnyk, N. Method of Statistical Processing of Discrete Cycle Random Processes, by their Reduction to Isomorphic Periodic Random Sequences 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2020 - Proceedings, 2020, pp. 209-212, 9209004
58. Witkin A.P. Scale-space filtering, Proc. 8th Int. Joint Conf. Art. Intell., Karlsruhe, Germany, 1983. pp. 1019-1022.
59. Witkin A. Scale-space filtering: A new approach to multi-scale description, in Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing (ICASSP), Vol. 9, San Diego, CA, Mar. 1984, pp. 150-153.

ДОДАТКИ

Приклад фрагменту коду програми для комп'ютерного моделювання

```

unit Main;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, Grids, ComCtrls, Menus, ExtCtrls, TeeProcs, TeEngine,
  Chart, Buttons, Series, CheckLst, Math, XPMAN;

type
  TMainForm = class(TForm)
    MainMenu1: TMainMenu;
    File1: TMenuItem;
    Open1: TMenuItem;
    Exit1: TMenuItem;
    OpenFr1: TMenuItem;
    ProgressBar1: TProgressBar;
    OpenFileDialog1: TOpenDialog;
    Help1: TMenuItem;
    About1: TMenuItem;
    SaveDialog1: TSaveDialog;
    XPMANifest1: TXPMANifest;
    N3: TMenuItem;
    PageControl1: TPageControl;
    TabSheet1: TTabSheet;
    GroupBox3: TGroupBox;
    StringGrid1: TStringGrid;
    GroupBox4: TGroupBox;
    StringGrid2: TStringGrid;
    GroupBox5: TGroupBox;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    GroupBox6: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    BitBtn7: TBitBtn;
    Edit2: TEdit;
    GroupBox8: TGroupBox;
    CheckBox1: TCheckBox;
    BitBtn9: TBitBtn;
    GroupBox9: TGroupBox;
    BitBtn8: TBitBtn;
    TabSheet4: TTabSheet;
    Chart1: TChart;
    Series1: TLineSeries;
    TabSheet8: TTabSheet;
    PageControl3: TPageControl;
    TabSheet9: TTabSheet;
    GroupBox7: TGroupBox;
    Label16: TLabel;
    Label19: TLabel;
    Edit6: TEdit;
    Edit7: TEdit;
    GroupBox10: TGroupBox;
    StringGrid13: TStringGrid;
    BitBtn30: TBitBtn;
    GroupBox12: TGroupBox;
    StringGrid14: TStringGrid;
    BitBtn32: TBitBtn;
    BitBtn29: TBitBtn;
    GroupBox18: TGroupBox;
  end;

```

```

Label20: TLabel;
BitBtn31: TBitBtn;
Edit14: TEdit;
TabSheet10: TTabSheet;
GroupBox11: TGroupBox;
Chart2: TChart;
Series2: TFastLineSeries;
TabSheet11: TTabSheet;
BitBtn33: TBitBtn;
GroupBox17: TGroupBox;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
Label34: TLabel;
Edit8: TEdit;
UpDown1: TUpDown;
UpDown2: TUpDown;
BitBtn48: TBitBtn;
GroupBox19: TGroupBox;
BitBtn47: TBitBtn;
StringGrid15: TStringGrid;
GroupBox20: TGroupBox;
StringGrid21: TStringGrid;
GroupBox22: TGroupBox;
Label38: TLabel;
Label37: TLabel;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
procedure Open1Click(Sender: TObject);
procedure OpenFr1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn8Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn9Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn7Click(Sender: TObject);
procedure About1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn12Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn28Click(Sender: TObject);
//    procedure BitBtn20Click(Sender: TObject);
procedure Exit1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn29Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn30Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn31Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn32Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn19Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn47Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn33Click(Sender: TObject);
procedure UpDown1Click(Sender: TObject; Button: TUDBtnType);
procedure UpDown2Click(Sender: TObject; Button: TUDBtnType);
procedure StringGrid15SelectCell(Sender: TObject; ACol, ARow: Integer;
    var CanSelect: Boolean);
procedure Edit8Change(Sender: TObject);
procedure Edit8Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn48Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;
(*===== V A R =====*)
var
    MainForm: TMainForm;
        i,p,n:integer; //tmp
        iKolZnachenRE:integer;
        iKolZnachenFR:integer;
        iTrivalistCicly:integer;
        f:text;
(*=====*)
implementation

```

```

uses About;
{$R *.dfm}
(*===== Okrugl Function =====*)
function Okrugl(rTmp:real):real;
begin
    Result:=round(rTmp*100)/100;    //10 чи 100 залежить до "чого" заокруглюємо
                                   // від частоти дискретизації
end;
(*=====*)
(*===== About =====*)
procedure TMainForm.About1Click(Sender: TObject);
begin
    AboutForm.Show;
end;
(*=====*)
(*===== Exit =====*)
procedure TMainForm.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
    Application.Terminate;
end;
(*=====*)
(*===== Open File =====*)
procedure TMainForm.Open1Click(Sender: TObject);
var yD,xD:double;
sS,sSp:string;
nStat,nJ:integer;
begin
    i:=1;
    p:=1;
    nStat:=0;
    //===== очистка =====
    for nJ:=0 to 2 do //к.-сть стовбців
        StringGrid1.Cols[nJ].Clear;
    StringGrid1.RowCount:=2;
    //=====
    GroupBox3.Caption:=' Вхідний сигнал ';
    StringGrid1.Cells[0,0]:='№';
    StringGrid1.Cells[1,0]:='Відлік';
    StringGrid1.Cells[2,0]:='Значення';
    if OpenFileDialog1.Execute then
        begin
            try
                Application.ProcessMessages;
            //----- ???
                AssignFile(f,OpenDialog1.FileName);
                Reset(f);
                Label3.Caption:='Вхідний сигнал: '+OpenDialog1.FileName;
            try
            //==== попередне читання =====
                while Not Eof(f) do
                    begin
                        readln(f,sS);
                        nStat:=1;
                        for nJ:=1 to length(sS) do
                            begin
                                sSp:=copy(sS,nJ,1);
                                //showmessage('вирізаєм =' +sSp+'[');
                                if (sSp=' ')or(sSp=' ') then nStat:=2 //-- шість пробелів є в деяких файлах
                            end;
                            inc(p);
                        end;
                    finally
                        CloseFile(f);
                    end;
                //showmessage('к.-сть колонок = '+inttostr(nStat));
            //=====

```

```

Reset(f);
n:=p-1;  //-1 бо інкремент +1
iKolZnachenRE:=n;
ProgressBar1.Max:=iKolZnachenRE;
Repeat
  case nStat of
    1: begin
      readln(f,xD);
      StringGrid1.Cells[1,i]:= inttostr(i);
      StringGrid1.Cells[2,i]:= floattostr(xD);
    end;
    2: begin
      readln(f,xD,yD);
      StringGrid1.Cells[1,i]:= floattostr(xD);
      StringGrid1.Cells[2,i]:= floattostr(yD);
    end;
  end;
  StringGrid1.Cells[0,i]:= inttostr(i);
  inc(i);
  StringGrid1.RowCount:=StringGrid1.RowCount+1;
  ProgressBar1.Position:=i;
until Eof(f);
StringGrid1.RowCount:=StringGrid1.RowCount-1;
finally
  CloseFile(f);
end;
end;
ProgressBar1.Position:=0;
PageControl1.ActivePageIndex:=0;
end;
(*=====*)
(*===== Open File FR =====*)
procedure TMainForm.OpenFr1Click(Sender: TObject);
var yD,xD:double;
sS,sSp:string;
nStat,nJ:integer;
begin
  i:=1;
  p:=1;
  n:=0;//глобальна змінна
  nStat:=0;
  //===== очистка =====
  for nJ:=0 to 2 do //к.-сть стовбців
    StringGrid2.Cols[nJ].Clear;
  StringGrid2.RowCount:=2;
  //=====
  GroupBox4.Caption:=' Функція ритму ';
  StringGrid2.Cells[0,0]:='№';
  StringGrid2.Cells[1,0]:='Відлік';
  StringGrid2.Cells[2,0]:='Значення';
  if OpenFileDialog1.Execute then
    begin
      try
        Application.ProcessMessages;
        //----- ???
        AssignFile(f,OpenDialog1.FileName);
        Reset(f);
        Label4.Caption:='Функція ритму: '+OpenDialog1.FileName;
      try
        //==== попереднє читання =====
        while Not Eof(f) do
          begin
            readln(f,sS);
            nStat:=1;
            for nJ:=1 to length(sS) do
              begin

```

```

        sSp:=copy(sS,nJ,1);
//showmessage('випізаєм =' +sSp+' ');
if (sSp=' ')or(sSp=' ') then nStat:=2 //-- шість пробелів є в деяких файлах
end;
inc(p);
end;
finally
    CloseFile(f);
end;
//showmessage('к.-сть колонок = '+inttostr(nStat));
//=====
Reset(f);
n:=p-1; //-1 бо інкремент +1
iKolZnachenFR:=n;
ProgressBar1.Max:=iKolZnachenFR;
Repeat
    case nStat of
        1: begin
            readln(f,xD);
            StringGrid2.Cells[1,i]:= inttostr(i);
            StringGrid2.Cells[2,i]:= floattostr(xD);
            end;
        2: begin
            readln(f,xD,yD);
            StringGrid2.Cells[1,i]:= floattostr(xD);
            StringGrid2.Cells[2,i]:= floattostr(yD);
            end;
    end;
    StringGrid2.Cells[0,i]:= inttostr(i);
    inc(i);
    StringGrid2.RowCount:=StringGrid2.RowCount+1;
    ProgressBar1.Position:=i;
until Eof(f);
StringGrid2.RowCount:=StringGrid2.RowCount-1;
finally
    CloseFile(f);
end;
end;
ProgressBar1.Position:=0;
PageControll1.ActivePageIndex:=0;
end;
(*=====*)
(*===== VISUAL SIGNAL =====*)
procedure TMainForm.BitBtn8Click(Sender: TObject);
var nJ:integer;
MySeries1:TLineSeries;
begin
//===== чистка =====
//== чистить навіть коли вкл/викл графік
Chart1.SeriesList.Clear;
MySeries1:=TLineSeries.Create( Self );
MySeries1.ParentChart:=Chart1;
//=====
if StringGrid1.Cells[2,1]<>' ' then
begin
    MySeries1:=TLineSeries.Create( Self );
    ProgressBar1.Max:=iKolZnachenRE;
    for nJ:=1 to iKolZnachenRE do
        begin
            MySeries1.AddXY(nJ,strtofloat(StringGrid1.Cells[2,nJ]));
            ProgressBar1.Position:=nJ;
        end;
    MySeries1.ParentChart:=Chart1;
    ProgressBar1.Position:=0;
    PageControll1.ActivePageIndex:=1;
end

```

```

else
begin
    MessageDlg(' Немає даних ', mtInformation, [mbOk], 0);
    PageControll1.SetFocus;
    PageControll1.ActivePageIndex:=0;
end;
end;
(*=====*)
(*===== VISUAL FR =====*)
procedure TMainForm.BitBtn9Click(Sender: TObject);
var nJ:integer;
MySeries1:TLineSeries;
begin
    //===== чистка =====
    //== чистить навіть коли вкл/викл графік
    Chart1.SeriesList.Clear;
    MySeries1:=TLineSeries.Create( Self );
    MySeries1.ParentChart:=Chart1;
    //=====
    if StringGrid2.Cells[2,1]<>' ' then
    begin
        MySeries1:=TLineSeries.Create( Self );
        ProgressBar1.Max:=iKolZnachenFR;
        for nJ:=1 to iKolZnachenFR do
        begin
            if CheckBox1.Checked then
                MySeries1.AddXY(nJ,strtfloat(StringGrid2.Cells[2,nJ]))
            else
                MySeries1.AddXY(strtfloat(StringGrid2.Cells[1,nJ]),strtfloat(StringGrid2.Cells
                [2,nJ]));
            ProgressBar1.Position:=nJ;
        end;
        MySeries1.ParentChart:=Chart1;
        ProgressBar1.Position:=0;
        PageControll1.ActivePageIndex:=1;
    end
    else
    begin
        MessageDlg(' Немає даних ', mtInformation, [mbOk], 0);
        PageControll1.SetFocus;
        PageControll1.ActivePageIndex:=0;
    end;
end;
(*=====*)
(*===== Clera Graph =====*)
procedure TMainForm.BitBtn28Click(Sender: TObject);
var MySeries1:TLineSeries;
begin
    //===== чистка =====
    //== чистить навіть коли вкл/викл графік
    Chart1.SeriesList.Clear;
    MySeries1:=TLineSeries.Create( Self );
    MySeries1.ParentChart:=Chart1;
    //=====
    PageControll1.ActivePageIndex:=1;
end;
(*=====*)
(*===== VISUAL Signal & FR =====*)
procedure TMainForm.BitBtn7Click(Sender: TObject);
var nJ:integer;
MySeries1:TLineSeries;
begin
    //----- dvichi pishe nenmae dannih bo fr i signal - oK haq byde
    MainForm.BitBtn8Click(Sender); //Будуємо сигнал
    if StringGrid2.Cells[2,1]<>' ' then //чи є значення Ф.Р.
        begin

```

```

MySeries1:=TLineSeries.Create( Self );
ProgressBar1.Max:=iKolZnachenFR;
for nJ:=1 to iKolZnachenFR do
begin
    MySeries1.AddXY(strtfloat(StringGrid2.Cells[1,nJ]),0);
    MySeries1.AddXY(strtfloat(StringGrid2.Cells[1,nJ]),-strtoint(Edit2.Text));
MySeries1.AddXY(strtfloat(StringGrid2.Cells[1,nJ]),strtoint(Edit2.Text));
    MySeries1.AddXY(strtfloat(StringGrid2.Cells[1,nJ]),0);
    MySeries1.AddXY(strtfloat(StringGrid2.Cells[2,nJ]),0);
    ProgressBar1.Position:=nJ;
end;
MySeries1.ParentChart:=Chart1;
ProgressBar1.Position:=0;
PageControll1.ActivePageIndex:=1;
end
else
begin
    MessageDlg(' Немає даних ', mtInformation,
        [mbOk], 0);
    PageControll1.SetFocus;
    PageControll1.ActivePageIndex:=0;
end;
end;
(*=====*)
(*===== VISUAL Corelation =====*)
procedure TMainForm.BitBtn12Click(Sender: TObject);
begin
    showmessage('На стадії розробки');
end;
(*=====*)
(*===== Моделювання Сигналу =====*)
procedure TMainForm.BitBtn29Click(Sender: TObject);
var nJ,nI,{nTmp},nTmp3,nTmp1,nTmp2:integer;
nL,t,i,nTmp4:integer;
begin
    //----pervirka na dani vhid ciclu
    if (StringGrid1.Cells[2,1]<>'') and (StringGrid2.Cells[2,1]<>'') then //значення
сигнала
        begin
            //===== очистка =====
            for nJ:=0 to 2 do //к.-сть стовбців
                StringGrid13.Cols[nJ].Clear;
            StringGrid13.RowCount:=2;
            //=====
            StringGrid13.Cells[0,0]:='№';
            StringGrid13.Cells[1,0]:='Відлік';
            StringGrid13.Cells[2,0]:='Значення';
        //-----progres bar
            i:=1;
            MainForm.ProgressBar1.Max:=strtoint(Edit7.Text);
            for nI:=1 to strtoint(Edit7.Text) do //Cicli    //-- =0  -1 ?????
                begin
                    for nJ:=1 to strtoint(Edit6.Text) do //Зони            NE -1 ?????
                        begin
                            nTmp1:=strtoint(StringGrid2.Cells[1,nJ]); //znach zoni1      1-cycl
                            nTmp2:=strtoint(StringGrid2.Cells[1,nJ+1]); //znach zoni 2    1-cycl
                            nTmp3:=nTmp2-nTmp1;//Tmc
                        //showmessage('1 ntmp1= '+inttostr(ntmp1)+' 1 ntmp2= '+inttostr(ntmp2));
                            nTmp1:=strtoint(StringGrid2.Cells[1,nJ+(nI-1)*(strtoint(Edit6.Text))]);
                        //znach zoni1
                            if nJ+(nI-
1)*(strtoint(Edit6.Text))<>strtoint(Edit6.Text)*strtoint(Edit7.Text) then
                                nTmp2:=strtoint(StringGrid2.Cells[1,nJ+1+(nI-
1)*(strtoint(Edit6.Text))])//znach zoni 2
                            else nTmp2:=strtoint(StringGrid2.Cells[1,nJ+(nI-
1)*(strtoint(Edit6.Text))])//znach zoni 2

```

```

//----- ostanne znachenna 26 bere nemaє brati
// showmessage('== 2 ntmp1= '+inttostr(ntmp1)+'== 2 ntmp2= '+inttostr(ntmp2));
// showmessage('=== '+inttostr(nJ+1+nI*(strtoint(Edit6.Text))));
    nTmp4:=nTmp2-nTmp1;//Ti
//showmessage('Cycl= '+inttostr(nI)+' Zone= '+inttostr(nJ)+'=Ti =
'+inttostr(nTmp4));
    MainForm.ProgressBar1.Position:=nI;
    for nL:=1 to nTmp4 do
        begin
            t:=round(nL*nTmp3/nTmp4); //==== масштабе зони !
            StringGrid13.RowCount:=StringGrid13.RowCount+1;
            StringGrid13.Cells[0,i]:=floattostr(i);
            StringGrid13.Cells[1,i]:=floattostr(i);//відлік
            if t=0 then t:=t+1; //---?
            StringGrid13.Cells[2,i]:=StringGrid14.Cells[nJ,t{+1}]; //znach byvae
bere t=0 ne mae byti t=0 Row=0 #zone
//showmessage('t= '+inttostr(t));
            i:=i+1;
        end;
    end;
    MainForm.ProgressBar1.Position:=0;
    StringGrid13.RowCount:=StringGrid13.RowCount-1;
end
else
begin
    MessageDlg(' Немає даних ', mtInformation,
        [mbOk], 0);
    PageControl1.SetFocus;
    PageControl1.ActivePageIndex:=0;
end;
end;
(*=====*)
(*===== VISUAL ZMODELOVANI =====*)
procedure TMainForm.BitBtn30Click(Sender: TObject);
var nJ:integer;
MySeries1:TLineSeries;
begin
{ //===== чистка =====
//== чистить навіть коли вкл/викл графік
Chart1.SeriesList.Clear;
MySeries1:=TLineSeries.Create( Self );
MySeries1.ParentChart:=Chart1;
//=====}
if StringGrid13.Cells[2,1]<>' ' then
begin
    MySeries1:=TLineSeries.Create( Self );
    ProgressBar1.Max:=StringGrid13.RowCount-1; //має бути
    for nJ:=1 to StringGrid13.RowCount-1 do
        begin
            if StringGrid13.Cells[2,nJ]<>' ' then
MySeries1.AddXY(nJ,strtofloat(StringGrid13.Cells[2,nJ]));
            ProgressBar1.Position:=nJ;
        end;
    MySeries1.ParentChart:=Chart1;
    ProgressBar1.Position:=0;
    PageControl1.ActivePageIndex:=1;
end
else
begin
    MessageDlg(' Немає даних ', mtInformation,[mbOk], 0);
    PageControl1.SetFocus;
    PageControl1.ActivePageIndex:=2;
end;
end;
end;
(*=====*)

```


Тези конференції

УДК 519.6

Т. С. Срогий; д.т.н., проф. Я. В. Литвиненко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЕКОНОМІЦІ

UDC 519.6

T. S. Srogy; Dr., Prof. I. V. Lytvynenko

REVIEW OF MATHEMATICAL MODELS FOR SIMULATING CYCLICAL SIGNALS IN THE ECONOMY

Математичні моделі циклічних сигналів в економіці використовуються для аналізу, прогнозування та управління коливаннями в економічних системах. Такі сигнали в економіці відображають повторювані зміни ключових показників, таких як ВВП, зайнятість, ціни або інвестиції.

Дана теза присвячена огляду математичних моделей циклічних сигналів в економіці. Розглянемо основні математичні моделі:

1. Класичні моделі економічних циклів:
 - Модель Гаррода-Домара. Ця модель базується на співвідношенні між заощадженнями, інвестиціями та економічним зростанням;
 - Модель Самуельсона-Хікса. Заснована на концепції мультиплікатора-акселератора. Вона описує регулярні коливання економічної активності.
 2. Стохастичні моделі економічних циклів:
 - ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average). Це стохастична модель аналізу часових рядів, яка враховує автокореляцію між попередніми значеннями;
 - Моделі випадкових процесів (наприклад, Браунівський рух). Економічний сигнал описується як комбінація тренду та стохастичних варіацій (адитивна модель).
 3. Нелінійні динамічні моделі:
 - Модель Гудвіна (хижак-жертва). Відображає взаємодію між зарплатами та зайнятістю;
 - Рівняння Лотки-Вольтерри. Описує циклічну динаміку між різними економічними факторами;
 - Модель Кальдора. Це нелінійна модель інвестиційних циклів.
 4. Фрактальні та хаотичні моделі:
 - Фрактальні моделі (Hurst exponent) Використовують для аналізу економічних часових рядів для виявлення довгострокової залежності;
 - Теорія детермінованого хаосу. Використовують для аналізу складних економічних систем через аттрактори та чутливість до початкових умов.
 5. Спектральний аналіз циклічності:
 - Перетворення Фур'є. Використовується для аналізу частотних компонент економічних циклів. Представлення економічного сигналу у вигляді гармонік дозволяє виділяти домінуючі цикли;
 - Вейвлет-аналіз. Дозволяє аналізувати цикли, які змінюють свою амплітуду чи частоту у часі.
 6. Мережеві та агентно-орієнтовані моделі:
 - Моделі взаємодії агентів. Економічні агенти моделюються як вузли мережі, між якими виникають циклічні процеси;
 - Системна динаміка. Моделюються причинно-наслідкові зв'язки, які викликають економічні цикли (наприклад, підйоми та спади через попит та пропозицію).
- Математичні моделі циклічних сигналів в економіці охоплюють як детерміновані, так і стохастичні підходи. Проте вибір моделі залежить від даних, наявності в них шуму, а також залежать від мети аналізу (прогнозування, оптимізація чи опис закономірностей).