

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: Аналіз методів статистичного опрацювання сигналів в медицині

Виконав: студент VI курсу, групи СНнм-61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Кузьмич О.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Никитюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Жаровський Р.О.

(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.
(прізвище та ініціали)

«25» травня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Кузьмич Олександр Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз методів статистичного опрацювання сигналів в медицині

Керівник роботи Дуда Олексій Михайлович, к.т.н., доцент кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» листопада 2023 року № 4/7-1100

2. Термін подання студентом завершеної роботи 29 травня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про методи та ситеми опрацювання сигналів в медицині. Включає збір та аналізу медичних сигналів, відомостей про системи опрацювання сигналів в медицині.

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

Вступ. 1. Аналіз літературних джерел в напрямку опрацювання біомедичних сигналів

2. Методи попереднього опрацювання сигналів.

3. Методи основного (статистичного) опрацювання сигналів в медицині. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 4.1 Джерела іонізуючого, електромагнітного та віброакустичного випромінювання. 4.2 Безпека життєдіяльності. Мета та завдання

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. Класифікація математичних моделей. 6. Класифікація методів опрацювання. 7. Стохастичні математичні моделі 8. Методи статистичного опрацювання. 8. Приклади циклічних сигналів. 9. 10. Застосування методів статистичного опрацювання.

11. 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	25.04.2024	Виконано
2.	Підбір наукових джерел по обраній тематиці	26.04.2024-28.04.2024	Виконано
	Аналіз джерел, які стосуються математичного забезпечення		
3.	Аналіз джерел, які стосуються програмного забезпечення, огляд систем Підбір даних для опрацювання по обраній темі роботи	29.04.2024-1.05.2024	Виконано
4.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної роботи	2.05.2024-4.05.2024	Виконано
5.	Оформлення розділу «Аналіз літературних джерел в напрямку опрацювання біомедичних сигналів»	5.05.2024-7.05.2024	Виконано
6.	Оформлення розділу «Методи статистичного опрацювання та математичні моделі медичних сигналів»	8.05.2024-10.05.2024	Виконано
7.	Оформлення розділу «Методи статистичного опрацювання крдіосигналів (статистичного) опрацювання сигналів в медицині»	11.05.2024-13.05.2024	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	14.05.2024-15.05.2024	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	16.05.2024-17.05.2024	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.05.2024-19.05.2024	Виконано
11.	Нормоконтроль	19.05.2024-20.05.2024	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	21.05.2024	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	24.05.2024	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	30.05.2024	

Студент

(підпис)

Кузьмич О.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Аналіз методів статистичного опрацювання сигналів в медицині // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Кузьмич Олександр Петрович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2024 // С. , рис. – , табл. – , кресл. – , додат. – , бібліогр. – .

Ключові слова: сегментація, функція ритму, період, статистична обробка, кардіосигнал, електрокардіосигнал, математична модель, стохастичні математичні моделі, циклічний випадковий процес.

Кваліфікаційна робота присв'ячена аналізу методів статистичної обробки та розробці програми для проведення статистичного опрацювання циклічних медичних сигналів.

В першому розділі проведено аналіз предметної області та сформульована актуальність теми кваліфікаційної роботи. Було проаналізовано типові циклічні сигнали в медицині. Крім цього розглянуті проблеми їх опрацювання, завади які присутні в медичних сигналах.

В другому розділі було проведено огляд математичних моделей сигналів в медицині на прикладі кардіосигналів для задачі проведення статистичного опрацювання. Запропонован використувувати дві математичні моделі, а саме стохастичний періодичний випадковий процес (враховує період повторення сигналу) та циклічний випадковий процес дозволяє врахувати як змінний ритм так і постійний (функцію ритму та період).

В третьому розділі проведено аналіз методів статистичного опрацювання на базі двох обгрунтованих математичних моделей. Порведені експерименти по статистичному опрацюванню деяких кардіосигналів. Розроблено програмне забезпечення яке дозволяє проводити статистичне опрацювання кардіосигналів.

У Четвертому розділі кваліфікаційної роботи описано основні питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Метою даної кваліфікаційної роботи є аналіз методів статистичної обробки та розробка програми для проведення статистичного опрацювання циклічних медичних сигналів.

Об'єкт дослідження – процес статистичної обробки сигналів в медицині.

Предмет дослідження – методи статистичного опрацювання сигналів в медицині.

ANNOTATION

Research of statistical processing methods of biomedical signals // Master's degree qualification work // Kuzmych Oleksandr Petrovich // Ivan Pulyj Ternopil National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Sciences, group SNnm-61 // Ternopil, 2024 // C. , fig. - , tab. - , chair. - , add. – , bibliography - .

Key words: segmentation, rhythm function, period, statistical processing, cardiac signal, electrocardiographic signal, mathematical model, stochastic mathematical models, cyclic random process..

The qualification work is dedicated to the analysis of statistical processing methods and the development of a program for statistical processing of cyclic medical signals.

In the first section, an analysis of the subject area was carried out and the relevance of the topic of the qualification work was formulated. Typical cyclic signals in medicine were analyzed. In addition, the problems of their processing, interferences that are present in medical signals are considered.

In the second chapter, an overview of mathematical models of signals in medicine was carried out using the example of cardiac signals for the task of statistical framing. It is proposed to use two mathematical models, namely stochastic periodic random process (takes into account the signal repetition period) and cyclic random process allows to take into account both variable rhythm and constant (rhythm function and period).

In the third section, an analysis of statistical processing methods is carried out on the basis of two substantiated mathematical models. Experiments on the statistical processing of some cardiac signals have been conducted. Software has been developed that allows statistical processing of cardiac signals.

The Fourth Section of the qualification work describes the main issues of labor protection and safety in emergency situations.

The purpose of this qualification work is the analysis of statistical processing methods and the development of a program for statistical processing of cyclic medical signals.

The object of research is the process of statistical processing of signals in medicine.

The subject of research is methods of statistical signal processing in medicine.

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АКГ – апекскардіограма

ЕКГ – електрокардіограма

ЕКС – електрокардіосигнал

МКГ – магнітокардіограма

СГ – сфігмограма

ССС – серцево-судинна система

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ В НАПРЯМКУ ОПРАЦЮВАННЯ МЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ЇХ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ.....	12
1.1 Циклічні сигнали в медицині	12
1.1.1 Магнітокардіосигнал (МКС).....	13
1.1.2 Сфігмокардіосигнал (СКС)	15
1.1.3 Електрокардіосигнал (ЕКС).....	15
1.1.4 Апекскардіосигнал (АПС).....	17
1.2 Проблеми, які виникають під час опрацювання сигналів в медицині	18
1.3 Завади які присутні в медичних сигналах	19
1.4 Висновок до першого розділу	20
2 МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ МЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ	21
2.1 Методи статистичного опрацювання сигналів в медицині	21
2.2 Класифікація математичних моделей	22
2.2.1 Детерміновані математичні моделі	23
2.2.2 Математична модель у вигляді періодичної функції	24
2.2.3 Математична модель у вигляді коефіцієнтів розкладу	25
2.2.4 Стохастичні математичні моделі.....	25
2.2.5 Математична модель у вигляді вектора випадкових величин	26
2.2.6 Математичні моделі (адитивна, мультиплікативна, адитивно- мультиплікативна)	26
2.2.7 Математична модель у вигляді ПКВП.....	29
2.2.8 Математична модель у вигляді стохастично-періодичного випадкового процесу	30
2.2.9 Математична модель лінійної періодичної випадкової функції	31
2.2.10 Математична модель у вигляді циклічного випадкового процесу	31
2.3 Висновок до другого розділу	34

3 МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ КРДІОСИГНАЛІВ	35
3.1 Методи статистичного опрацювання кардіосигналів.....	35
3.2 Статистична обробка з врахуванням періоду.....	38
3.3 Типові методи сегментації кардіосигналів	40
3.4 Методи статистичної обробки на базі циклічного випадкового процесу.....	42
3.5 Результати статистичного опрацювання.....	44
3.6 Висновок до третього розділу	53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	54
4.1 Джерела іонізуючого, електромагнітного та віброакустичного випромінювання.....	54
4.2 Безпека життєдіяльності. Мета та завдання	59
4.3 Висновок до четвертого розділу	62
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Методи статистичного опрацювання є ключовими для побудови ефективних діагностичних систем у багатьох галузях. Розглянемо чому саме це так:

Ефективне виявлення відмінностей: Статистичні методи дозволяють ефективно виявляти відмінності, аномалії або патологічні зміни в даних, що може бути важливим для діагностики різних захворювань або проблем.

Моделювання складних взаємодій: Статистичні моделі дозволяють врахувати складні взаємодії між різними змінними та факторами, що можуть впливати на результати діагностики. Це особливо важливо у випадках, коли є багато факторів, які впливають на стан пацієнта.

Прогнозування та ризик-оцінка: Статистичні методи можуть бути використані для прогнозування подальшого розвитку захворювання або визначення ризиків для пацієнтів на основі їх медичних даних та історії.

Оптимізація процесу прийняття рішень: Статистичні методи надають об'єктивні дані та метрики, які можна використовувати для прийняття рішень щодо діагностики, лікування та догляду за пацієнтами.

Використання в машинному навчанні та штучному інтелекті: Статистичні методи є основою для багатьох алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту, які можуть бути використані для автоматизації процесів діагностики та вирішення складних медичних завдань.

У цілому, статистичні методи грають ключову роль у розвитку сучасних діагностичних систем, допомагаючи поліпшити точність, швидкість та ефективність діагностики різних захворювань та станів здоров'я. Саме тому їх дослідження є актуальним.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є аналіз методів статистичної обробки та розробка програми для проведення статистичного опрацювання циклічних медичних сигналів. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

- Проаналізувати стан досліджень в предметній області, зокрема стохастичних математичних моделей.
- Провести огляд існуючих на даний час методів статистичної обробки сигналів.
- Обґрунтувати та застосувати методи статистичного опрацювання на базі двох моделей.
- Розробити програмне забезпечення для статистичної обробки, яке може бути використано в системах опрацювання медичних сигналів.

Об'єкт дослідження процес статистичної обробки сигналів в медицині.

Предмет дослідження. Методи статистичного опрацювання сигналів в медицині.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у тому, що був проведений аналіз методів статистичного опрацювання сигналів в медицині були обґрунтовані математичні моделі та методи які дозволяють проводити статистичну обробку. Визначені типові труднощі опрацювання кардіосигналів. На основі обґрунтованих стохастичних математичних моделях зокрема це стохастично-періодичний випадковий процес та циклічний випадковий процес запропоновані методи статистичного опрацювання які враховують як постійний так і змінний ритм. Продемонстровано що у випадку коли сигнали мають змінний ритм застосування моделей та методів на основі врахування періоду дають у результаті розмивання статистичних оцінок що є суттєвим недоліком.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено програму яка дозволяє проводити статистичне опрацювання опрацювання кардіосигналів зокрема з врахуванням як змінного так і постійного ритму. Розроблена система програм може бути застосована при побудові медичних діагностичних систем як її складова.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на XI науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» ІМСТ-2023 Тернопільського

національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2023 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у працях конференції (Див. додатки Б, В).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 41 найменувань та 3 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 87 сторінки, з них 64 сторінки основного тексту, який містить 16 рисунків та 2 таблиці.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ В НАПРЯМКУ ОПРАЦЮВАННЯ МЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ЇХ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

1.1 Циклічні сигнали в медицині

У медицині, циклічні сигнали можуть бути пов'язані з різними фізіологічними процесами та патологіями в організмі людини. Розглянемо декілька прикладів:

Коливання серцевого ритму: Серцевий ритм може мати циклічні зміни в залежності від дня, активності, стресу та інших факторів. Наприклад, ритм серця може прискорюватись під час фізичного навантаження та спадати під час відпочинку.

Циклічні зміни в гормональному рівні: У жінок циклічні зміни рівня гормонів, таких як естроген та прогестерон, відбуваються протягом менструального циклу. Ці зміни можуть впливати на фізичне та емоційне самопочуття.

Сонові цикли: Сон регулюється циклічно, проходячи через різні стадії, такі як REM-сон та неремонтний сон. Зміни в цих циклах можуть вказувати на розлади сну або інші проблеми зі здоров'ям.

Циклічні коливання температури тіла: Температура тіла може змінюватись циклічно протягом дня та ночі, а також в залежності від фаз менструального циклу.

Електрична активність мозку: Електроенцефалограма (ЕЕГ) може показати циклічні коливання електричної активності мозку під час різних стадій сну та бодрству.

Ці циклічні сигнали можуть бути важливими для діагностики різних захворювань та моніторингу стану пацієнтів у медичній практиці.

Розглянемо типові кардіосигнали.

У медицині та наукових дослідженнях використовуються різні кардіосигнали для аналізу функції серця та діагностики різних патологій. Ось деякі з найбільш поширених:

Електрокардіографія (ЕКГ або ECG): Це один з основних методів дослідження серцевої діяльності, який використовується для реєстрації електричних сигналів, що генеруються серцем під час його роботи. ЕКГ вказує на ритм, частоту, провідність та інші параметри функції серця.

Артеріальний тиск: Моніторинг артеріального тиску (кров'яного тиску) дає інформацію про стан кровообігу та роботу серця. Зміни в артеріальному тиску можуть вказувати на проблеми з серцем, судинами або інші медичні стани.

Пульс: Пульс представляє собою циклічні зміни об'єму крові у судинах, які виникають від кожного скорочення серця. Пульс може бути виміряний на шиї, зап'ясті, плечі або стегні.

Кардіоваскулярний резонанс (КВР): Це метод зображення, який використовується для отримання детальних зображень серця та судин за допомогою магнітного поля. КВР дозволяє отримати інформацію про структуру серця та його функцію.

Кардіоактивні підписи: Це аналіз сигналів, що виникають від деяких фізіологічних процесів у серці. Ці підписи можуть виявляти різні патології, такі як аритмії та ішемічна хвороба серця.

Ці кардіосигнали допомагають медичним працівникам отримувати інформацію про стан серця та вчасно виявляти можливі аномалії в його роботі. Розглянемо більш детально типи кардіосигнали.

1.1.1 Магнітокардіосигнал (МКС)

Магнітокардіограма (МКГ або MCG) - це запис магнітних полів, що генеруються серцем. Це один з нетрадиційних методів дослідження серцевої діяльності, який використовується для аналізу електромагнітних сигналів, що виникають у результаті роботи серця.

МКГ використовує магнітні сенсори для реєстрації слабких магнітних полів, які генерує серце. Ці сигнали можуть бути викликані рухами електричних струмів, що протікають через серце під час його скорочення.

Основна перевага МКГ полягає в тому, що він може бути використаний для неконтактного вимірювання серцевої активності, тобто без необхідності

прикладати електроди до тіла пацієнта, як у випадку з ЕКГ. Це може бути особливо корисним для дослідження серцевої функції у важких умовах, таких як магнітні резонанси чи інші ситуації, де контактне з'єднання неможливе або небезпечно.

Магнітокардіограма може допомагати в діагностиці різних серцевих захворювань, а також у вивченні фізіології серця та його реакції на різні стимули. Однак, через складність та вартість обладнання, МКГ залишається менш доступним методом порівняно з ЕКГ.

Магнітокардіосигнал (MCG) - це електричний сигнал, який генерується серцем і реєструється за допомогою магнітно-чутливих пристроїв. Основні особливості магнітокардіосигналу включають такі аспекти:

Сила сигналу: Магнітокардіосигнал є дуже слабким у порівнянні з електрокардіосигналом (ЕКГ). Це зв'язано з тим, що магнітні поля, які генеруються серцем, є дуже слабкими і потребують чутливих детекторів для реєстрації.

Безконтактна реєстрація: Однією з основних переваг магнітокардіосигналу є можливість безконтактної реєстрації. Це означає, що вимірювання може проводитися без прямого контакту із шкірою пацієнта.

Відображення електричної активності серця: Магнітокардіосигнал відображає електричну активність серця, яка відбувається під час роботи серця, включаючи деполяризацію та реполяризацію міокарда.

Висока просторова роздільна здатність: Магнітокардіосигнал може надати інформацію про електричну активність серця з високою просторовою роздільною здатністю, що дозволяє виявляти відмінності в електричній активності серця на різних ділянках.

Діагностичний потенціал: Магнітокардіосигнал може бути використаний для діагностики різних серцевих захворювань та аномалій, таких як аритмії, ішемічна хвороба серця, гіпертрофія міокарда тощо.

Дослідження фізіології серця: Завдяки високій просторовій та часовій роздільній здатності, магнітокардіосигнал може використовуватися для

дослідження фізіології серця та вивчення його електричної активності в реальному часі.

Інтеграція і аналіз магнітокардіосигналу дозволяє медичним фахівцям отримувати додаткову інформацію про функціонування серця та розробляти більш ефективні методи діагностики та лікування серцевих захворювань.

1.1.2 Сфігмокардіосигнал (СКС)

"Сфігмокардіосигнал" - це термін, який відноситься до сигналів, що виникають під час вимірювання артеріального тиску за допомогою сфігмоманометра, або тонометра.

Коли манжета тонометра накладається на верхню частину пацієнтової руки і повітря витісняється, це збільшує тиск в манжеті до того моменту, коли він перевищує артеріальний тиск в артерії. Після цього повітря починає випускатися з манжети, а звук з'являється в апараті - це перший тон Короткова. Подальше зниження тиску в манжеті призводить до того, що звук зникає - другий тон Короткова.

Сфігмокардіосигнали використовуються для визначення артеріального тиску та оцінки функції серця. Аналіз змін цих сигналів може допомогти в діагностиці різних захворювань серця та судин, таких як гіпертонія, атеросклероз та інші.

1.1.3 Електрокардіосигнал (ЕКС)

Електрокардіосигнал (ЕКГ або ECG) - це запис електричних імпульсів, які генерує серце під час своєї роботи. Це один з найбільш поширених методів дослідження серцевої активності, який використовується як для діагностики серцевих захворювань, так і для оцінки їх ефективності.

Під час ЕКГ електроди прикріплюються до шкіри на різних ділянках тіла, таких як груди, кінцівки та спина. Ці електроди реєструють електричні сигнали, які виникають у результаті змін потенціалів у різних частинах серця під час його скорочення.

ЕКГ надає інформацію про такі параметри, як ритм серця, частота скорочень, провідність і патологічні зміни, такі як аритмії, ішемічна хвороба серця та інші захворювання.

Цей метод є швидким, неінвазивним і безболісним, що робить його дуже популярним для рутинного моніторингу стану серця у лікарській практиці. Він також може бути використаний для вивчення фізіології серця та відслідковування ефектів лікування [1].

Сигнал артеріального тиску (АТ) представляє собою динамічний процес, що характеризує тиск крові в артеріях під час серцевого циклу. Ось деякі особливості сигналу артеріального тиску:

Ритмічність: Сигнал артеріального тиску має ритмічну природу, яка відображає серцевий цикл. Він складається з періодичних коливань, які виникають в результаті роботи серця.

Систолічний та діастолічний тиск: Сигнал артеріального тиску має дві основні компоненти - систолічний тиск (максимальний тиск в артеріях під час викиду крові зі сторони серця) та діастолічний тиск (мінімальний тиск в артеріях під час відпочинку серця).

Амплітуда: Амплітуда сигналу артеріального тиску відрізняється в залежності від різних факторів, таких як вік, стать, фізичний стан, а також наявність артеріальної гіпертензії або інших патологій.

Форма хвилі: Сигнал артеріального тиску може бути представлений у вигляді хвилі, що має певну форму. У здорових осіб форма хвилі зазвичай є схожою на синусоїду, але вона може змінюватися в залежності від різних фізіологічних та патологічних факторів.

Варіабельність: Сигнал артеріального тиску є варіабільним і може змінюватися від удару до удару, а також від особи до особи та в різних умовах.

Крива фільтрації: Під час обробки сигналу артеріального тиску часто використовується крива фільтрації, яка допомагає видалити шум та артефакти, що можуть виникати в процесі вимірювання.

Розуміння особливостей сигналу артеріального тиску є важливим для ефективного моніторингу стану серцево-судинної системи, діагностики

артеріальної гіпертензії та інших патологій, а також для розробки методів лікування та профілактики серцевих захворювань.

1.1.4 Апекскардіосигнал (АПС)

Апекс-кардіограма - це графічне зображення, яке відображає динаміку руху апекса (нижньої частини) серця під час його скорочення. Цей метод вимірюється за допомогою спеціальних сенсорів або апаратури, що дозволяє визначити точку максимального відхилення апекса серця від нормального положення під час скорочення.

Апекс-кардіограма може бути важливим діагностичним засобом для оцінки функції серця, особливо при оцінці серцевої недостатності, аритмій та інших захворювань. Вимірювання руху апекса серця може допомогти виявити аномалії, які можуть впливати на його функцію.

Хоча апекс-кардіограма є менш розповсюдженим методом порівняно з ЕКГ або магнітною резонансною томографією серця, вона може бути корисною для деяких клінічних досліджень та діагностичних процедур.

Апекскардіограма (APG) - це графічне зображення відбиття артеріального тиску в часі, яке отримується шляхом вимірювання кров'яного тиску за допомогою апекскардіографа. Ось деякі особливості апекскардіограми:

Амплітуда та частота: Апекскардіограма відображає коливання артеріального тиску в часі. Амплітуда цих коливань відповідає різниці між систолічним і діастолічним тиском, а частота коливань зазвичай відповідає частоті серцевих скорочень.

Синусоїдальна форма: У здорових осіб апекскардіограма має синусоїдальну форму, що відображає ритмічний характер серцевої діяльності. Однак форма може змінюватися в залежності від різних факторів, таких як вік, стать, фізичний стан тощо.

Пульсовий тиск: Амплітуда апекскардіограми визначає пульсовий тиск, який є різницею між систолічним та діастолічним тиском. Цей показник може бути важливим для оцінки стану серцево-судинної системи.

Висота та форма піку: Висота та форма піку апеккардіограми можуть бути використані для оцінки еластичності артерій та визначення ступеня артеріальної жорсткості.

Артеріальна волна: Апеккардіограма може відображати артеріальну волну, яка є відображенням віддаленого від серця відбиття артеріального тиску, викликаного пульсацією крові по артеріях.

Значення апеккардіограми для діагностики: Апеккардіограма може бути використана для діагностики різних серцево-судинних захворювань, таких як артеріальна гіпертензія, артеріальна гіпотензія, артеріосклероз тощо.

Розуміння особливостей апеккардіограми є важливим для моніторингу та діагностики стану серцево-судинної системи та може допомогти у виявленні патологічних змін, що відбуваються в артеріях та серці.

1.2 Проблеми, які виникають під час опрацювання сигналів в медицині

Опрацювання електрокардіосигналів може стикатися з різними проблемами, з якими доводиться вирішувати при аналізі цих даних. Розглянемо деякі з них:

Артефакти: ЕКГ може бути суттєво вплинутий різними артефактами, такими як рухи пацієнта, електромагнітні перешкоди, м'язові артефакти тощо. Це може призвести до спотворення сигналу і ускладнити його аналіз.

Шуми: Навколишні електромагнітні поля, електричні прилади та інші джерела можуть викликати шуми на електрокардіограмі, що ускладнює розрізнення справжніх сигналів від шумів.

Аритмії та зміни в ритмі: Наявність аритмій або змін у ритмі серця може ускладнити ідентифікацію типових хвиль на ЕКГ та вимагати додаткового аналізу.

Недостатня якість сигналу: Погана контактність електродів або неправильне розміщення можуть призвести до недостатньої якості сигналу, що ускладнює його аналіз.

Обробка великих обсягів даних: Збирання даних ЕКГ може призвести до великих обсягів інформації, що потребує ефективних методів обробки та аналізу даних.

Для вирішення цих проблем дослідники використовують різні методи обробки сигналів, включаючи фільтрацію, розрізнення шумів, розпізнавання шаблонів, а також розробку алгоритмів машинного навчання для автоматичного аналізу сигналів. Такі підходи дозволяють покращити точність та ефективність аналізу ЕКГ та виявлення патологій серця [2].

1.3 Завади які присутні в медичних сигналах

Медичні сигнали можуть бути підвержені різного роду завадам, які ускладнюють їх аналіз та інтерпретацію. Деякі з найпоширеніших завад у медичних сигналах включають:

Артефакти руху: Рухи пацієнта під час збирання сигналів можуть призвести до спотворення даних, особливо у випадках електрокардіосигналу або електроенцефалограми.

Електричні шуми: Електромагнітні поля від інших приладів, освітлення та електронних пристроїв можуть викликати шуми в медичних сигналах.

Медичне обладнання: Помилки апаратури, неправильне підключення датчиків або неправильна калібрування можуть призвести до неточностей у сигналах.

Артефакти дихання та м'язові артефакти: Дихання або м'язові рухи можуть впливати на деякі медичні сигнали, такі як кардіосигнали або сигнали з електроміографії.

Електромагнітні інтерференції: Електромагнітна інтерференція від різних джерел, таких як мобільні телефони, комп'ютери або електричні мережі, може спотворити медичні сигнали.

Недостатня якість сигналу: Низька якість сигналу, така як низький сигнал-шум або низька роздільна здатність, може ускладнити аналіз та інтерпретацію медичних даних.

Для подолання цих завад застосовуються різноманітні методи фільтрації сигналів, компенсації артефактів, а також розробка нових методів обробки даних та алгоритмів аналізу. Такі підходи дозволяють отримувати більш точні та надійні результати в медичному дослідженні та діагностиці.

1.4 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» описано основні циклічні сигнали які використовують для дослідження в медицині. Проведений огляд відомих та поширених кардіосигналів. Описані основні типи завад які виникають при опрацювання сигналів, які відбираються медичними системами. Враховуючи специфіку оглянутих сигналів можна стверджувати, що всі вони носять випадковий характер, а отже математичні моделі для їх дослідження повинні бути стохастичними.

2 МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ МЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ

2.1 Методи статистичного опрацювання сигналів в медицині

У медицині, статистичне опрацювання сигналів використовується для аналізу даних, отриманих з медичних приладів, таких як ЕКГ, МРТ, ЕЕГ, спектрального аналізу сигналів, а також для обробки біомедичних зображень. Ось деякі основні методи статистичного опрацювання сигналів у медицині:

Фільтрація сигналів: Використовується для видалення шуму або недоречних даних з медичних сигналів. Наприклад, фільтрація може включати в себе медіанний фільтр, фільтр Калмана або фільтр Калмана-Бюсі.

Аналіз часових рядів: Цей метод дозволяє вивчити зміни у сигналах в часі. До аналізу часових рядів в медицині входять методи, такі як аналіз спектрів часових рядів, автокореляційний аналіз, метод гармонічного аналізу тощо.

Спектральний аналіз: Цей метод дозволяє досліджувати частотні характеристики сигналів. Він може бути корисним для виявлення характерних частот або патологічних змін у сигналах. До спектрального аналізу входять методи, такі як преобразування Фур'є, вейвлет-аналіз, методи спектральної ентропії тощо.

Класифікація та розпізнавання шаблонів: Ці методи дозволяють відрізнити різні стани або патології на основі характеристик сигналів. До них входять методи машинного навчання, такі як нейронні мережі, метод опорних векторів, наївний Байєсівський класифікатор тощо.

Аналіз зображень: У медичному зображенні, статистичні методи використовуються для обробки та аналізу зображень з метою діагностики, виявлення аномалій та планування лікування. Це може включати в себе сегментацію зображень, класифікацію структур, виявлення патологій тощо.

Ці методи можуть застосовуватися окремо або у поєднанні для аналізу та інтерпретації медичних даних для діагностики, моніторингу стану пацієнтів та планування лікування. Але для того щоб була можливість їх застосувати

необхідно розглянути математичні моделі які і задають методи статистичного опрацювання.

2.2 Класифікація математичних моделей

Можна умовно поділити математичні моделі на дві категорії детерміновані та стохастичні.

Математичні моделі детерміновані та стохастичні відрізняються за рівнем випадковості, яка враховується в моделі та як вона впливає на прогнозування та аналіз. Детерміновані моделі:

Принцип: В детермінованих моделях передбачається, що всі змінні та параметри, що впливають на систему, повністю відомі та передбачувані.

Характеристики: Модель має чіткі, точні та беззмінні правила, які визначають її поведінку. Немає елементу випадковості.

Приклади: Лінійні рівняння, диференціальні рівняння, формули фізичних законів, математичні моделі простих механічних або електричних систем.

Стохастичні моделі:

Принцип: У стохастичних моделях припускається, що є елементи випадковості або невизначеності в системі.

Характеристики: Модель враховує випадковість або невизначеність у вхідних даних або процесах. Результати прогнозування можуть варіюватися залежно від випадкових факторів.

Приклади: Моделі фінансових ринків, погодні моделі, моделі випадкових блукань, моделі випадкових полягань.

Отже, детерміновані моделі надають точні, чіткі та повторювані результати без урахування випадкових факторів, тоді як стохастичні моделі враховують випадковість та невизначеність, що може бути важливим для аналізу складних систем, які піддаються випадковим впливам [9].

2.2.1 Детерміновані математичні моделі

В цих моделях вихідні результати можна передбачити точно за умови відомих початкових умов та параметрів системи.

Детерміновані моделі базуються на чітко визначених математичних законах, правилах або фізичних принципах.

Вони характеризуються структурованістю, логічністю та добре визначеними параметрами.

Ці моделі добре пристосовані для прогнозування поведінки системи в майбутньому.

Детерміновані математичні моделі - це моделі, які використовуються для опису систем, процесів або явищ, які можна передбачити або передбачити на основі знань про їх структуру, правила та параметри. У цих моделях вхідні параметри і вихідні результати можуть бути точно передбачені за умови, що відомі початкові умови та правила системи.

Основні характеристики детермінованих математичних моделей:

Чіткість і структурованість: Ці моделі часто базуються на відомих фізичних законах, принципах або емпіричних спостереженнях, що робить їх структурованими та логічно послідовними.

Стійкість до зовнішніх впливів: Детерміновані моделі зазвичай добре пристосовані до змін вхідних параметрів та умов, оскільки їхні результати залежать від математичних законів, а не від випадкових факторів.

Можливість прогнозування: Однією з основних переваг детермінованих моделей є їхня здатність передбачати поведінку системи в майбутньому на основі вхідних даних та параметрів.

Використання в різних галузях: Ці моделі можуть бути застосовані в різних галузях науки та техніки, від фізики та інженерії до біології та економіки.

Моделювання динамічних систем: Детерміновані математичні моделі часто використовуються для аналізу та прогнозування поведінки динамічних систем зі змінними параметрами у часі.

Застосування детермінованих моделей допомагає в розумінні та передбаченні складних процесів та систем, що дозволяє вирішувати різноманітні завдання в різних галузях науки та техніки.

2.2.2 Математична модель у вигляді періодичної функції

Математична модель у вигляді періодичної функції описує системи або явища, які мають циклічний характер і повторюються через певний період часу. Такі моделі зазвичай використовуються для описування процесів, що мають регулярну структуру та повторюваність через час.

Функція, яка описує періодичний процес, має вигляд синусоїди або косинусоїди, так як ці функції мають періодичність та повторюваність. Наприклад, функція $f(t) = A \sin(\omega t + \phi)$, де A - амплітуда, ω - частота, t - час, ϕ - фаза, може бути використана для опису коливань або хвильових процесів з періодичною структурою.

Періодичні математичні моделі широко застосовуються в різних галузях науки та техніки:

Електроніка: У радіотехніці, телекомунікаціях та синхронних системах часто використовуються періодичні функції для описування сигналів, які мають періодичну природу, такі як електричні коливання.

Фізика: У фізиці періодичні функції використовуються для опису коливань та хвильових процесів, наприклад, звуку, світла та інших електромагнітних хвиль.

Фінанси: У фінансовій аналітиці можуть використовуватися періодичні функції для аналізу циклічності ринкових процесів, таких як коливання цін на акції чи товари.

Біологія: У біології періодичні моделі можуть використовуватися для описування біологічних ритмів та процесів, таких як сон, дихання, серцевий ритм тощо.

Ці моделі дозволяють аналізувати та передбачати поведінку системи на основі періодичних закономірностей, що допомагає розуміти та прогнозувати різноманітні циклічні процеси у природі та технологіях.

2.2.3 Математична модель у вигляді коефіцієнтів розкладу

Математична модель у вигляді коефіцієнтів розкладу використовується для апроксимації складних функцій або сигналів за допомогою суми менш складних компонентів. Це може бути корисно, коли оригінальна функція складна або невідома, але може бути наближено представлена виглядом ряду чи суми.

Одним із найвідоміших прикладів такої математичної моделі є ряд Фур'є. Ряд Фур'є дозволяє представити будь-яку періодичну функцію як суму синусів та косинусів з різними амплітудами та частотами. Це дає можливість апроксимувати складні періодичні сигнали з високою точністю.

Інші приклади моделей у вигляді коефіцієнтів розкладу включають поліноміальні розклади, розклади за базисними функціями (наприклад, розклад за базисом Лагерра чи Чебишева), розклади за власними функціями (наприклад, розклад за власними функціями оператора) та інші.

Ці моделі часто використовуються у різних галузях науки та техніки для апроксимації та аналізу даних, а також для зменшення складності математичних обчислень. Вони дозволяють зменшити розмірність задачі та розкрити внутрішню структуру системи, що допомагає у зрозумінні та інтерпретації даних.

2.2.4 Стохастичні математичні моделі

У стохастичних моделях результати є випадковими і не можуть бути передбачені точно, навіть за відомих початкових умов.

Ці моделі включають в себе випадкові процеси або невизначеності, які впливають на поведінку системи.

Стохастичні моделі зазвичай використовуються там, де важко або неможливо врахувати всі можливі варіації або коливання у системі.

Ці моделі дозволяють оцінювати ризики та ймовірність подій, а також враховувати випадкові фактори в аналізі.

Існує також проміжний клас моделей, який називається напівстохастичними або вероятнісно-детермінованими моделями. Вони

поєднують в собі елементи випадковості та детермінованості. Такі моделі можуть використовуватися для моделювання систем, де наявні як випадкові фактори, так і визначені закономірності [16].

2.2.5 Математична модель у вигляді вектора випадкових величин

Математична модель у вигляді вектора випадкових величин використовується для опису систем, де декілька випадкових величин взаємодіють між собою. Вона може бути використана для моделювання різноманітних систем, які включають у себе багато змінних, які взаємодіють та впливають одна на одну.

Вектор випадкових величин може бути представлений у вигляді математичного вектора, де кожна компонента вектора є випадковою величиною. Наприклад, якщо ми розглядаємо систему, де кожен елемент вектора представляє результат певного випробування чи вимірювання, то вектор випадкових величин може включати в себе значення таких випробувань.

Важливим аспектом використання векторів випадкових величин є те, що вони дозволяють описати залежності між різними випадковими процесами та аналізувати їх взаємодію. Наприклад, можна використовувати кореляційні та коваріаційні матриці для вивчення статистичних зв'язків між компонентами вектора.

Ці моделі зазвичай використовуються в таких областях як фінанси, інженерія, біологія, економіка та інші, де досліджуються складні системи з багатьма взаємодіючими факторами. Вони дозволяють проводити аналіз статистичних характеристик системи та робити прогнози з використанням теорії ймовірностей та статистики.

2.2.6 Математичні моделі (адитивна, мультиплікативна, адитивно-мультиплікативна)

Математичні моделі можна класифікувати за типом взаємозв'язку між змінними у вихідній функції. Основними типами моделей є адитивні та мультиплікативні.

Адитивна модель:

В адитивній моделі вихідна змінна розглядається як сума різниць між фактичними значеннями та модельними значеннями.

Формально адитивна модель може бути записана у вигляді: $Y = f(X) + \varepsilon$, де Y - вихідна змінна, X - пояснююча змінна, $f(X)$ - функція, що апроксимує взаємозв'язок між X та Y , а ε - помилка апроксимації.

Мультиплікативна модель:

У мультиплікативній моделі вихідна змінна розглядається як добуток пояснюючих змінних.

Формально мультиплікативна модель може бути записана у вигляді: $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \cdot \varepsilon$, де Y - вихідна змінна, X_1, X_2, \dots, X_n - пояснюючі змінні, f - функція, що апроксимує взаємозв'язок між X та Y , а ε - помилка апроксимації.

Адитивні моделі - це моделі, які додають (або агрегують) вплив різних факторів для прогнозування або пояснення результату. У медицині вони використовуються в різних областях для аналізу та передбачення різних медичних явищ. Ось деякі з найпоширеніших областей застосування адитивних моделей в медицині:

Прогнозування хвороб та ризику захворювань: Адитивні моделі можуть бути використані для розрахунку ризику розвитку хвороби або виникнення певних медичних подій на основі різних клінічних факторів, генетичних даних та інших впливів.

Аналіз клінічних досліджень: Вони можуть використовуватися для аналізу результатів клінічних досліджень та визначення впливу різних лікувальних стратегій та факторів на показники ефективності.

Медичне зображення та діагностика: Адитивні моделі можуть бути застосовані для аналізу медичних зображень та діагностики різних захворювань, включаючи рак, неврологічні розлади та інші.

Лікування та реабілітація: Вони можуть допомагати в оцінці ефективності різних методів лікування та реабілітації, а також в прогнозуванні результатів лікування.

Епідеміологія та громадське здоров'я: Адитивні моделі можуть бути використані для аналізу епідеміологічних даних та визначення факторів, які впливають на поширення хвороб та здоров'я населення.

Геноміка та персоналізована медицина: Вони можуть бути використані для аналізу генетичних даних та визначення впливу генетичних факторів на розвиток захворювань та реакцію на лікування.

Адитивні моделі надають можливість комплексного аналізу медичних даних, інтегруючи різні фактори та забезпечуючи більш точні та комплексні результати. Вони є важливим інструментом для розуміння та управління медичними даними у багатьох галузях медицини.

Адитивно-мультиплікативна модель:

Ця модель поєднує як адитивні, так і мультиплікативні компоненти взаємозв'язку між змінними.

Вона може використовуватися для апроксимації складних залежностей між змінними, які можуть включати як сумарні, так і взаємодіючі ефекти.

Ці моделі використовуються в статистиці, економіці, соціології, фізиці та інших галузях для аналізу та прогнозування даних. Вибір між адитивною, мультиплікативною або адитивно-мультиплікативною моделлю залежить від природи досліджуваних змінних та їх взаємодії.

Адитивно-мультиплікативна модель - це математична модель, яка комбінує адитивний та мультиплікативний компоненти для аналізу даних. Ця модель часто використовується в медичній статистиці та епідеміології для розуміння впливу різних факторів на показники здоров'я або ризику захворювання.

У медицині адитивно-мультиплікативні моделі можуть бути застосовані для:

Прогнозування ризику захворювання: Моделі можуть використовувати адитивні компоненти для додавання ефектів різних факторів ризику, таких як вік,

стать, генетичні чинники тощо, а мультиплікативні компоненти для врахування взаємодії між цими факторами.

Аналіз клінічних досліджень: Моделі можуть допомагати аналізувати результати клінічних досліджень, враховуючи як адитивні, так і мультиплікативні ефекти різних лікувальних стратегій та факторів.

Вивчення ефектів лікування: Моделі можуть бути використані для аналізу впливу різних лікувальних методів та препаратів на здоров'я та ризик захворювання пацієнтів.

Епідеміологічні дослідження: Моделі можуть допомагати вивчати епідеміологічні зв'язки між різними факторами ризику та захворюваннями, враховуючи як адитивні, так і мультиплікативні ефекти.

Геномічні дослідження: Моделі можуть бути використані для аналізу генетичних даних та визначення впливу генетичних факторів на здоров'я, ризик захворювання та взаємодію з іншими факторами.

Адитивно-мультиплікативні моделі дозволяють враховувати як адитивний, так і мультиплікативний вплив різних факторів на медичні показники, що робить їх корисним інструментом для аналізу складних взаємодій у медичних даних.

2.2.7 Математична модель у вигляді ПКВП

Періодично корельований випадковий процес (ПКВП) - це випадковий процес, у якому кореляція між його значеннями змінюється відповідно до певного періоду. Математична модель для такого процесу може бути побудована з використанням функції автокореляції, яка визначає взаємозв'язок між значеннями процесу на різних часових відстанях [18].

Одним з можливих способів моделювання ПКВП є використання функцій синуса або косинуса для опису періодичної структури кореляції. Наприклад, однією з поширених моделей є модель ARMA (авторегресійна змішана модель автокореляції), у якій автокореляція керується комбінацією авторегресійного та ковзного середнього процесів.

Математично модель ПКВП може бути представлена як:

$$X_t = \alpha X_{t-1} + \beta Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

де X_t - поточне значення процесу, X_{t-1} - попереднє значення процесу, Y_{t-1} - попереднє значення іншого процесу або шуму, α та β - параметри, що визначають вплив попередніх значень на поточне значення, а ε_t - випадковий шум.

Ця модель дозволяє врахувати періодичну структуру кореляції шляхом включення відповідних параметрів α та β , які можуть змінюватися в залежності від періодичності випадкового процесу.

2.2.8 Математична модель у вигляді стохастично-періодичного випадкового процесу

Стосунно стохастично періодичного випадкового процесу, такий процес можна описати математично за допомогою моделі, яка включає елементи випадковості та періодичності. Це може бути деяка модифікація звичайних стохастичних процесів, що додає періодичність.

Одним з підходів до моделювання стохастично періодичного випадкового процесу є використання комбінації періодичної функції та випадкового процесу. Наприклад, модель ARIMA (авторегресійна інтегрована модель з ковзним середнім) може бути розширена для включення періодичних ефектів.

Математично така модель може бути представлена у вигляді:

$$Y_t = \mu + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \sin(2\pi f_j t) + \varepsilon_t$$

де: Y_t - значення процесу в момент часу t , μ - середнє значення процесу, ϕ_i та θ_i - параметри моделі AR та MA, ε_t - шумовий процес (білий шум), β_j - параметри амплітуди для періодичних компонент, f_j - частота періодичних компонент, m - кількість періодичних компонент.

Ця модель дозволяє врахувати як стохастичні, так і періодичні ефекти в залежності від значень параметрів ϕ_i , θ_i , β_j та f_j . Це може бути корисно для аналізу стохастичних процесів, що демонструють періодичні коливання.

2.2.9 Математична модель лінійної періодичної випадкової функції

Математична модель лінійної періодичної випадкової функції може бути використана для опису процесів, що демонструють періодичність та випадковість одночасно. Одним із підходів до моделювання таких процесів є використання лінійного комбінування періодичних компонент та випадкових змінних.

Одна з можливих математичних моделей лінійної періодичної випадкової функції може мати наступний вигляд:

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k \cdot \sin(2\pi f_k t + \phi_k) + \varepsilon_t$$

де: Y_t - значення процесу в момент часу t , β_0 - початкове значення або середнє значення процесу, β_k - параметри амплітуд для кожної періодичної компоненти, f_k - частота періодичної компоненти, ϕ_k - фазовий зсув для кожної періодичної компоненти, K - кількість періодичних компонент, ε_t - випадковий шум або помилка моделі.

Ця модель може бути використана для апроксимації процесів, які демонструють періодичність, наприклад, сигнали або часові ряди з періодичними коливаннями, але також мають деяку випадкову складову. Параметри моделі β_k , f_k і ϕ_k можуть бути оцінені за допомогою методів аналізу даних, таких як метод найменших квадратів.

2.2.10 Математична модель у вигляді циклічного випадкового процесу

Розглянемо математичну модель подану нижче [16, 27, 28]

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

де C – кількість сегментів-циклів циклічного сигналу; \mathbf{W} – область визначення циклічного сигналу, а область його значень, для випадку стохастичного підходу – Гільбертовим простором випадкових величин, що задані на одному ймовірнісному просторі ($\xi(\omega, t) \in \Psi = L_2(\Omega, \mathbf{P})$). У конструкції (2.1) сегменти-цикли циклічного сигналу визначаємо через індикаторні функції,

тобто $\xi_i(\omega, t) = \xi(\omega, t) \cdot I_{\mathbf{W}_i}(t)$, $i = \overline{1, C}$, $t \in \mathbf{W}$. При цьому індикаторні функції, які виділяють сегменти-цикли, визначаємо так: $I_{\mathbf{W}_i}(t) = \begin{cases} 1, & t \in \mathbf{W}_i, \\ 0, & t \notin \mathbf{W}_i. \end{cases}$, де \mathbf{W}_i – область визначення індикаторної функції, яка у випадку неперервного циклічного сигналу, є множиною дійсних чисел, тобто $\mathbf{W} = \mathbf{R}$, дорівнює півінтервалу

$$\mathbf{W}_i = [t_i, t_{i+1}), \quad i = \overline{1, C}, \quad (2.2)$$

а у випадку дискретного сигналу, є зліченою множиною, тобто $\mathbf{W} = \mathbf{D}$, дорівнює дискретній множині відліків

$$\mathbf{W}_i = \{t_{i,l}, l = \overline{1, L}\}, \quad i = \overline{1, C}, \quad (2.3)$$

де L – кількість дискретних відліків на i -му циклі, $L = const$.

Сегментна циклічна структура враховується множиною відліків часу $\{t_i\}$ або $\{t_{i,l}, l = \overline{1, L}\}$, $i = \overline{1, C}$. У такій конструкції математичної моделі (2.1) враховано ритм циклічного сигналу через неперервну функцію ритму $T(t, n)$, а саме, $I_{\mathbf{W}_i}(t) = I_{\mathbf{W}_{i+n}}(t + T(t, n))$, $i = \overline{1, C}$, $n \in \mathbf{Z}$, $t \in \mathbf{W}$, де n – величина, яка вказує на кількість циклів, через які віддалені однофазні значення досліджуваного сигналу [30-31].

Для прикладу в таблиці 2.1 наведені математичні моделі та описані їх основні властивості. У подальших кроках дослідження будемо використовувати дві математичні моделі які враховують стохастичну природу циклічних сигналів та дозволяють провести статистичне опрацювання з врахуванням змінного та постійного ритму, зокрема, це математична модель у вигляді стохастично-періодичного випадкового процесу та математична модель у вигляді циклічного випадкового процесу.

Дозволяє проводити імітаційне моделювання ЕКС	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2.3 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи проведений огляд математичних моделей карідосигналів. Наведена класифікація математичних моделей для двох підходів детермінованого та стохастичного. Обґрунтоване використання двох математичних моделей які враховують стохастичну природу циклічних сигналів та дозволяють провести статистичне опрацювання з врахуванням змінного та постійного ритму, зокрема, це математична модель у вигляді стосастично-періодичного випадкового процесу та математична модель у вигляді циклічного випадкового процесу.

3 МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ КРДІОСИГНАЛІВ

3.1 Методи статистичного опрацювання кардіосигналів

Опрацювання циклічних сигналів в статистиці включає в себе різні методи та техніки для аналізу, визначення статистичних властивостей та прогнозування таких сигналів. Розглянемо найпоширеніші методи статистичного опрацювання циклічних сигналів:

Аналіз гармонік: Включає в себе розкладання циклічного сигналу на суму синусів та косинусів (наприклад, розклад Фур'є) для визначення основних гармонік та їх амплітуд.

Кореляційний аналіз: Дозволяє встановити залежність між циклічним сигналом та іншими змінними, або ж між різними частинами циклічного сигналу.

Сезонний аналіз: Включає в себе визначення сезонних ефектів у циклічних даних, таких як місяці, квартали або роки, і відповідне моделювання цих ефектів.

Фазовий аналіз: Визначає фазові зміщення та часові затримки між різними компонентами циклічного сигналу.

Прогнозування: Використовує методи прогнозування, такі як моделі ARIMA, для передбачення майбутніх значень циклічних сигналів на основі минулих даних.

Амплітудний та фазовий сплайнінг: Використовується для плавного апроксимації амплітуд та фаз циклічного сигналу.

Методи нелінійного аналізу часових рядів: Включають у себе методи, такі як аналіз рекурентних мереж та фрактальний аналіз, для виявлення складної структури циклічних сигналів.

Ці методи можуть бути застосовані як окремо, так і в поєднанні один з одним для отримання більш повного розуміння та аналізу циклічних сигналів.

Використання статистичної обробки даних може викликати різні труднощі, зокрема:

Підготовка даних: Це один з найважчих етапів. Часто дані можуть бути неповними, містити відсутні значення, викиди, помилки або інші аномалії. Перед тим, як розпочати аналіз, потрібно витратити час на очистку та підготовку даних для подальшої обробки.

Вибір правильного методу: У статистичному аналізі існує велика кількість різних методів, і вибір правильного може бути важливим. Невірний вибір методу може призвести до неточних результатів або неправильних висновків.

Інтерпретація результатів: Отримані результати можуть бути складними для інтерпретації, особливо якщо вони стосуються складних статистичних моделей або включають в себе багатовимірні дані.

Управління ризиками впливу зовнішніх факторів: Деякі зовнішні фактори можуть впливати на результати статистичного аналізу, і їх необхідно враховувати або контролювати.

Необхідність великої кількості даних: Деякі статистичні методи вимагають великої кількості даних для точних результатів. У випадках обмежених даних це може бути проблемою.

Складність розуміння статистичних понять: Статистика може мати велику кількість термінів та понять, які можуть бути складними для розуміння для тих, хто не має фахової підготовки в цій області.

Розуміння цих труднощів і вміння їх вирішувати може допомогти забезпечити успішне використання статистичної обробки в дослідженнях або прийнятті рішень. Також важливо мати доступ до підтримки від фахівців у сфері статистики або консультуватися з ними для вирішення складних питань.

Властивості	Відомі методи обробки кардіосигналів											
	Методи на базі нейронних мереж	Методи на базі хвильового перетворення	Частотні методи	Часові методи								
				Метричні методи					Структурні методи		Метод визначення зони часової структури електрокардіосигналу (з врахуванням періоду)	Методи визначення сегментної структури (з оцінкою ритму, період чи функція ритму)
				Метод аналізу амплітудних характеристик сигналу	Метод рівнявцевої функції 1-го порядку	Метод рівнявцевої функції 2-го порядку	Метод „Енергетичної функції”	Метод еталонів	Структурно-лінгвістичний метод	Структурно-статистичний метод		
Дозволяє проводити виділення діагностичних зон	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Дозволяє проводити розпізнавання діагностичних зон	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Дозволяє адаптуватись під сигнал	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+
Стійкий до присутності шуму в корисному сигналі	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+
Стійкий до дрейфу ізопотенціальної лінії	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+

Із оглянутих методів цікавими для нашого дослідження є методи на базві двох моделей які враховують стохастичну природу циклічних сигналів та дозволяють провести статистичне опрацювання зз врахуванням періоду та фнції ритму, зокрема, це математична модель у вигляді стосастично-періодичного випадкового процесу (враховує період) та математична модель у вигляді циклічного випадкового процесу (враховує функцію ритму).

3.2 Статистична обробка з врахуванням періоду

Статистична обробка сигналів в медицині - це важлива галузь, яка дозволяє аналізувати та інтерпретувати медичні дані, отримані з різних джерел, таких як медичні зображення, сигнали з медичних приладів (наприклад, ЕКГ, ЕЕГ, ЕМГ) та інші біомедичні сигнали. Основна мета статистичної обробки сигналів у медицині - це отримання корисної інформації для діагностики, прогнозування та лікування різних захворювань.

Ця обробка може включати в себе такі завдання, як фільтрація сигналів для позбавлення шуму, витягнення характеристик сигналу для подальшого аналізу, класифікація сигналів для розрізнення між різними станами здоров'я або захворюваннями, а також прогнозування подальшого розвитку захворювання на основі аналізу динаміки сигналу в часі.

Для вирішення цих завдань застосовуються різноманітні методи статистичного аналізу, машинного навчання та обробки сигналів, такі як фур'є-аналіз, хвильові перетворення, методи глибинного навчання та багато інших. Ці методи дозволяють виявляти складні взаємозв'язки між сигналами та медичними даними, що допомагає лікарям у точній діагностиці та прийнятті рішень про лікування.

У медичній сфері методи визначення періоду можуть бути використані для аналізу різноманітних біологічних процесів, таких як серцевий ритм, дихальний ритм, ритм сну-будильник та інші. Деякі з популярних методів визначення періоду включають:

Періодограма: Це графічний метод для визначення домінуючих періодів у сигналі. Використовується, наприклад, для визначення ділянок найвищої активності в ЕЕГ сигналах.

Автокореляційна функція: Цей метод вимірює ступінь кореляції між сигналом і його затримкою. Пік у автокореляційній функції вказує на періодичність сигналу.

Фур'є-аналіз: Цей метод перетворює сигнал із часової області в частотну область. Домінуючі частоти в частотному спектрі вказують на періодичні компоненти сигналу.

Вейвлет-аналіз: Цей метод дозволяє аналізувати сигнали на різних масштабах та часових інтервалах, що дозволяє виявляти періодичні зміни у різних частинах сигналу.

Методи машинного навчання: Методи навчання з вчителем та без нього можуть бути використані для виявлення та прогнозування періодичних зразків у сигналі на основі його вхідних характеристик.

Ці методи можуть бути застосовані для аналізу різних медичних сигналів з метою виявлення та характеристики періодичних процесів, що допомагає в діагностиці та лікуванні різних захворювань.

Статистична обробка з врахуванням періоду полягає у використанні методів аналізу даних, які враховують періодичність в досліджуваних змінних. Це особливо важливо для даних, що мають циклічний характер, наприклад, дані про час, сезонні коливання, циклічні процеси тощо. Ось деякі методи статистичної обробки з врахуванням періоду:

Розклад Фур'є: Розкладання Фур'є дозволяє розкласти складний сигнал на суму синусів та косинусів з різними частотами. Цей метод широко використовується для аналізу періодичних сигналів та виявлення характерних частот.

Гармонічний аналіз: Використовується для оцінки параметрів періодичних сигналів, таких як амплітуда, фаза та частота.

Сезонна регресія: Метод регресії, що враховує сезонні зміни в даних. Включає в себе додавання додаткових факторів у модель, що відображають сезонні зміни, такі як місяці, квартали, дні тижня тощо.

Авторегресійні моделі зі сезонними компонентами: Моделі ARIMA можуть бути розширені для включення сезонних ефектів, що дозволяє аналізувати та прогнозувати дані з періодичними змінами.

Спектральний аналіз: Це широкий клас методів для аналізу частотних властивостей сигналів, включаючи періодичність. Використовується для

визначення потужності сигналу на різних частотах та ідентифікації домінантних періодів.

Методи фазового аналізу: Дозволяють аналізувати фазові відносини між різними компонентами сигналу та визначати їх взаємодію в часі.

Використання цих методів дозволяє зрозуміти та виявити характерні властивості періодичних даних, а також використовувати їх для прогнозування та прийняття рішень.

3.3 Типові методи сегментації кардіосигналів

Сегментація кардіосигналів - це процес розділення кардіального сигналу на окремі частини або сегменти для подальшого аналізу та обробки. Цей процес є важливим у багатьох додатках, таких як виявлення відмінностей у серцевому ритмі, діагностика аритмій, визначення параметрів серцевої діяльності та багато інших. Розглянемо поширені методи сегментації кардіосигналів [26-31]:

Поріговий метод: Сегментація заснована на використанні порогів для визначення моментів початку та кінця кожного сегменту. Зазвичай використовуються амплітудні пороги або перехідні пороги (наприклад, перехід через нуль) для визначення моментів вибірок, що відповідають кардіальним циклам.

Методи на основі вейвлет-трансформації: Вейвлет-трансформація може бути використана для виділення періодичних компонентів кардіосигналу, що допомагає визначити моменти початку та кінця кардіальних циклів.

Методи на основі штучних нейронних мереж (НМ): НМ можуть бути навчені автоматично розпізнавати кардіальні цикли на основі характерних особливостей в сигналі, таких як пікові амплітуди та моменти часу.

Методи на основі алгоритмів кластеризації: Використання алгоритмів кластеризації дозволяє групувати сигнали за подібністю, що може бути корисним для виділення кардіальних циклів.

Методи на основі прихованих моделей Маркова (НММ): НММ можуть бути використані для моделювання динаміки кардіального сигналу та визначення внутрішніх станів, таких як фази серцевого циклу.

Ці методи можуть використовуватися окремо або в комбінації для досягнення кращої точності та надійності при сегментації кардіосигналів. Вибір методу залежить від конкретного застосування, характеристик сигналу та вимог до точності сегментації.

Сегментація кардіосигналу - це процес розділення сигналу, отриманого з електрокардіографії (ЕКГ), на окремі фізіологічно значущі фрагменти. Цей процес є важливим етапом при аналізі ЕКГ сигналів, оскільки дозволяє виділити різні фази кардіоциклу (наприклад, QRS комплекс, ST сегмент, Т хвиля) та інші важливі події.

Основні методи сегментації кардіосигналів включають:

Поріговий метод: Цей метод використовує порогові значення амплітуди сигналу для виділення різних фаз кардіоциклу. Наприклад, QRS комплекс може бути визначений як фрагмент сигналу, де амплітуда перевищує певний поріг.

Методи базовані на вищій функції автокореляції: Ці методи використовують автокореляцію сигналу для виділення періодичних структур, таких як QRS комплекси.

Методи машинного навчання: Використання класифікаторів (наприклад, нейронних мереж) для автоматичного розпізнавання різних фаз кардіоциклу.

Вейвлет-аналіз: Використання вейвлет-трансформації для виділення різних структур у сигналі, таких як QRS комплекси та інші.

Активні моделі контурів: Використання активних моделей для пошуку і контурів структур у сигналі, наприклад, для визначення границь QRS комплексів.

Ці методи можуть бути використані окремо або комбіновано для ефективної сегментації кардіосигналів, що допомагає у відокремленні різних фаз кардіоциклу та аналізі їх характеристик для діагностики та моніторингу серцевих захворювань.

Для наших задач ми використовуємо методи описані в роботах [35-40]

3.4 Методи статистичної обробки на базі циклічного випадкового процесу

Застосувавши методи сегментації для опрацювання кардіосигналів [26-30] та оцінивши функцію ритму за допомогою методів [31-34].

Ми можемо перейти до статистичного опрацювання зокрема нас цікавлять статистичні оцінки математичного сподівання та дисперсії, використаємо відомі методи [35-40].

Статистична обробка на базі циклічного випадкового процесу використовується для аналізу даних, які мають циклічну структуру або піддаються впливу циклічних факторів. Це може включати в себе часові ряди, де деякі феномени повторюються в межах певного періоду, або дані, які відображають циклічні варіації у часі або просторі.

Основні методи статистичної обробки циклічних даних включають:

Аналіз гармонік: Використання тригонометричних функцій для опису циклічних коливань у даних. Це може включати в себе розкладання на гармоніки за допомогою фур'є-аналізу або вейвлет-аналізу для виявлення і аналізу циклічних змін.

Кругова статистика: Це спеціалізована галузь статистики, яка вивчає циклічні дані. Вона включає в себе розробку методів для аналізу та інтерпретації кутових даних, таких як напрямки вітру, фази місяця, час доби тощо.

Кореляційний аналіз зі зсувом: Використання кореляції між циклічними даними з врахуванням можливих зсувів або затримок між ними.

Авторегресійні моделі зі сезонними компонентами: Використання моделей авторегресії для опису та прогнозування циклічних змін, які мають явно виражену сезонність.

Кластерний аналіз: Використання методів кластерного аналізу для групування даних на основі їх схожості у циклічних шаблонах або трендах.

Ці методи дозволяють виявляти, аналізувати та прогнозувати циклічні зміни у даних та розкривати їх структуру та взаємозв'язки з іншими факторами. Це може бути корисно в таких галузях, як економіка (аналіз сезонності), кліматологія, метеорологія, біологія (циклічні процеси у фізіології) та інші.

Оцінка математичного сподівання:

$$\hat{m}_\xi(t) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \xi_\omega(t + T(t, n)), t \in \mathbf{W}_1 = [t_1, t_2], \quad (3.1)$$

де $t_1 \neq 0$ - в загальному випадку.

Оцінка дисперсії:

$$\hat{d}_\xi(t) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{n=1}^M [\xi_\omega(t + T(t, n)) - \hat{m}_\xi(t + T(t, n))]^2, t \in \mathbf{W}_1 = [t_1, t_2]. \quad (3.2)$$

Оцінка початкової моментної функції k -го порядку:

$$\hat{m}_\xi^k(t) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{n=1}^M \xi_\omega^k(t + T(t, n)), t \in \mathbf{W}_1 = [t_1, t_2]. \quad (3.3)$$

Оцінка центральної моментної функції k -го порядку:

$$\hat{d}_\xi^k(t) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{n=1}^M [\xi_\omega(t + T(t, n)) - \hat{m}_\xi(t + T(t, n))]^k, t \in \mathbf{W}_1 = [t_1, t_2]. \quad (4.4)$$

Оцінка змішаної початкової моментної функції порядку $k = \sum_{l=1}^p R_l$:

$$\begin{aligned} & \hat{c}_k(t_1, \dots, t_p) = \\ & = \frac{1}{M} \cdot \sum_{n=1}^M [\xi_\omega^{R_1}(t_1 + T(t_1, n)) \cdot \dots \cdot \xi_\omega^{R_p}(t_p + T(t_p, n))] , t_1 \in \mathbf{W}_1, t_2, \dots, t_p \in \mathbf{R}. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Оцінка змішаних центральних моментних функцій порядку $k = \sum_{l=1}^p R_l$:

$$\begin{aligned} \hat{r}_k(t_1, \dots, t_p) = \\ = \sum_{n=1}^M \left[\left(\xi_{\omega}(t_1 + T(t_1, n)) - \hat{m}_{\xi}(t_1 + T(t_1, n)) \right)^{R_1} \cdot \dots \cdot \left(\xi_{\omega}(t_p + T(t_p, n)) - \hat{m}_{\xi}(t_p + T(t_p, n)) \right)^{R_p} \right] \\ t_1 \in \mathbf{W}_1, t_2, \dots, t_p \in \mathbf{R}. \end{aligned}$$

Зазначимо, що отримані статистичні оцінки, які записано для неперервного кардіосигналу $\{\xi(\omega, t), \omega \in \mathbf{\Omega}, t \in \mathbf{R}\}$, можуть бути легко адаптовані для статистичного оцінювання продискретизованого та оцифрованого кардіосигналу $\{\xi(\omega, t_{ml}), \omega \in \mathbf{\Omega}, t_{ml} \in \mathbf{D}\}$, який можна розглядати як вкладений в неперервний, якщо припустити, що область визначення кардіосигналу є дискретна область $\mathbf{D} = \{t_{ml}, m \in \mathbf{Z}, l = \overline{1, L}\}$, а функція ритму також є дискретною, тобто $T(t_{ml}, n), n, m \in \mathbf{Z}, l = \overline{1, L}$. В такому разі, областю визначення m -го циклу дискретного кардіосигналу буде область $\mathbf{w}_m = \{t_{ml}, l = \overline{1, L}\}$ [39]. Тобто, замість оцінювання імовірнісних характеристик на всій дійсній множині \mathbf{R} його визначення, як це було для неперервного випадку, достатньо провести таке оцінювання лише на дискретній множині $\mathbf{D} = \{t_{ml}, m \in \mathbf{Z}, l = \overline{1, L}\}$, що є частинним випадком розглянутих вище методів статистичного оцінювання.

3.5 Результати статистичного опрацювання

На рисунку 3.1, подано декілька циклів реалізації електрокардіосигналу, а на рисунку 3.2 – оцінку функції ритму електрокардіосигналу.

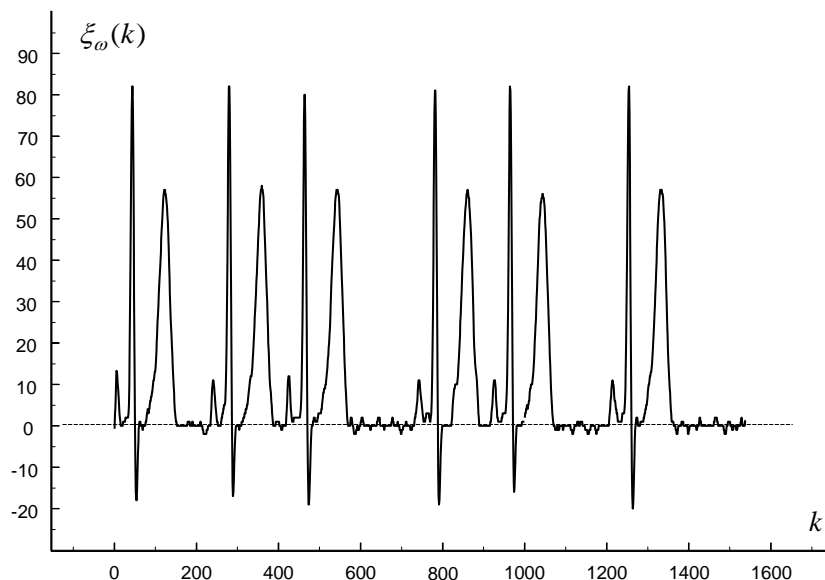


Рисунок 3.1. – Реалізація ЕКС

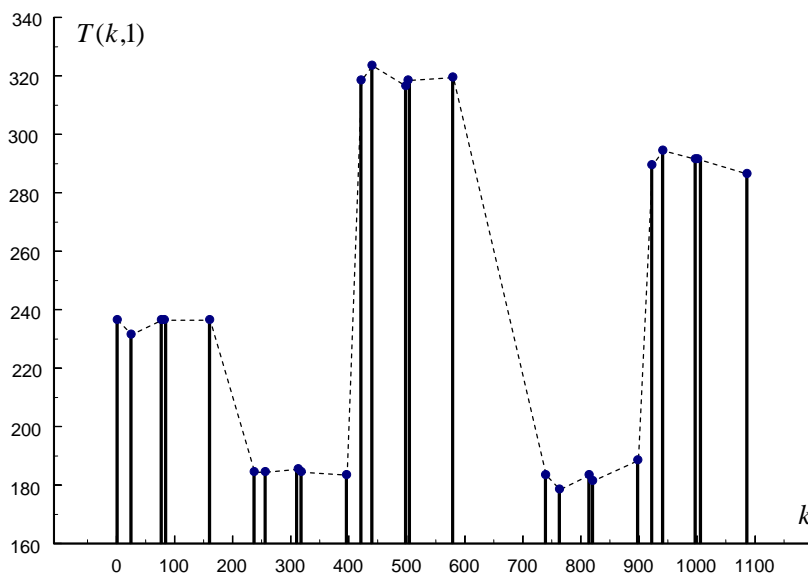


Рисунок 3.2. – Оцінка функції ритму електрокардіосигналу

На рисунку 3.3, 3.4 подано графіки оцінок математичного сподівання та дисперсії електрокардіосигналу при його обробці на основі моделі стохастично періодичного процесу. З рисунку видно що відбувається „розмивання” статистичних оцінок, що зумовлене неврахуванням зміни ритму кардіосигналу в його моделі стохастично періодичного процесу.

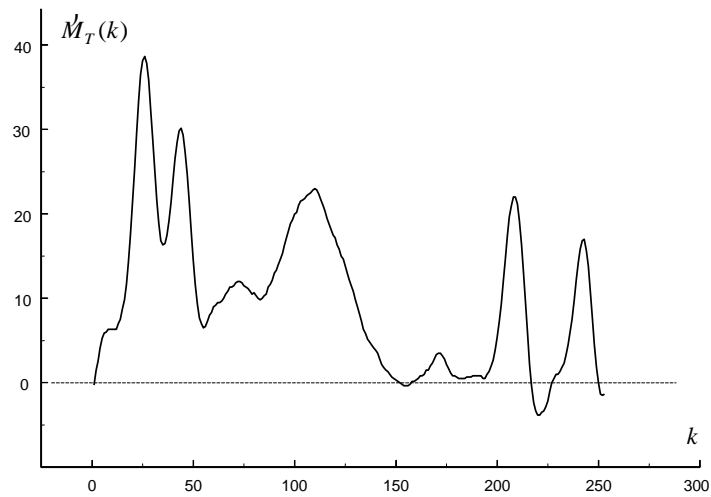


Рисунок 3.3 – Оцінка математичного сподівання електрокардіосигналу при його обробці на основі моделі стохастично періодичного процесу

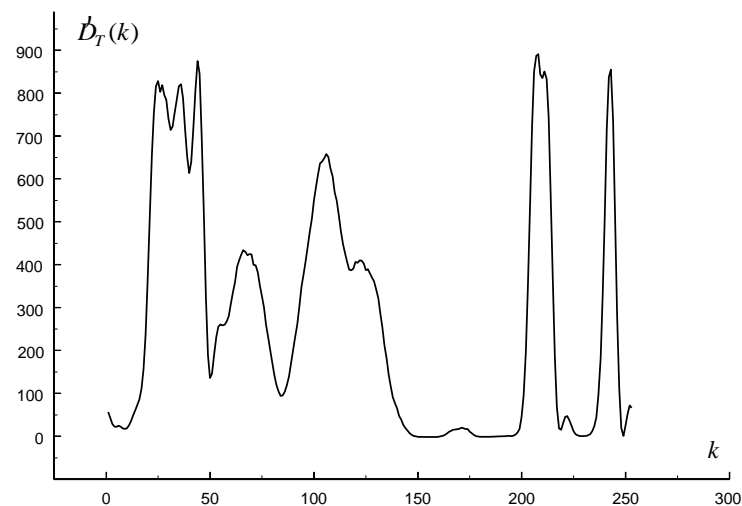


Рисунок 3.4 – Оцінка дисперсії електрокардіосигналу при його обробці на основі моделі стохастично періодичного процесу

На рисунку 3.5, 3.6 подано оцінки математичного сподівання та дисперсії електрокардіосигналу при його обробці на основі математичної моделі у вигляді циклічного випадкового процесу. З цих рисунків, видно що методи статистичної обробки суттєво усувають явище „розмивання” статистичних оцінок, оскільки вони враховують змінний ритм кардіосигналу. Зокрема, величина дисперсії кардіосигналу, яка може служити критерієм точності його статистичної обробки, для даного методу є значно меншою у порівнянні із відомим.

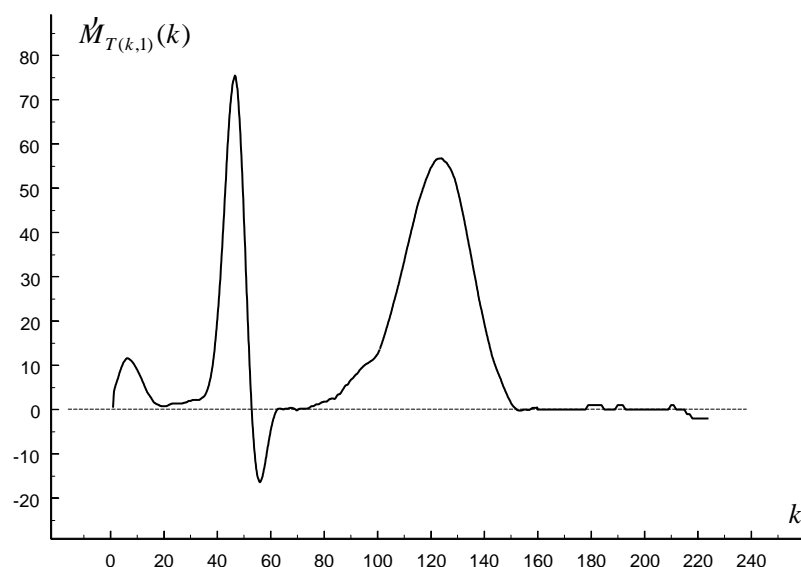


Рисунок 3.5. – Оцінка математичного сподівання електрокардіосигналу при його обробці на основі моделі циклічного випадкового процесу

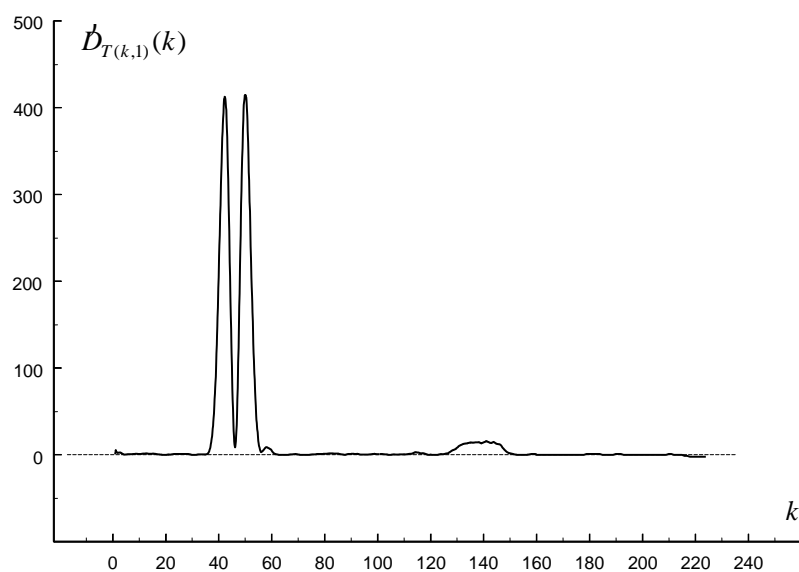


Рисунок 3.6. – Оцінка дисперсії електрокардіосигналу при його обробці на основі моделі циклічного випадкового процесу

На рисунку 3.7, 3.8 подано реалізації сфигмокардіосигналу та магнітокардіосигналу.

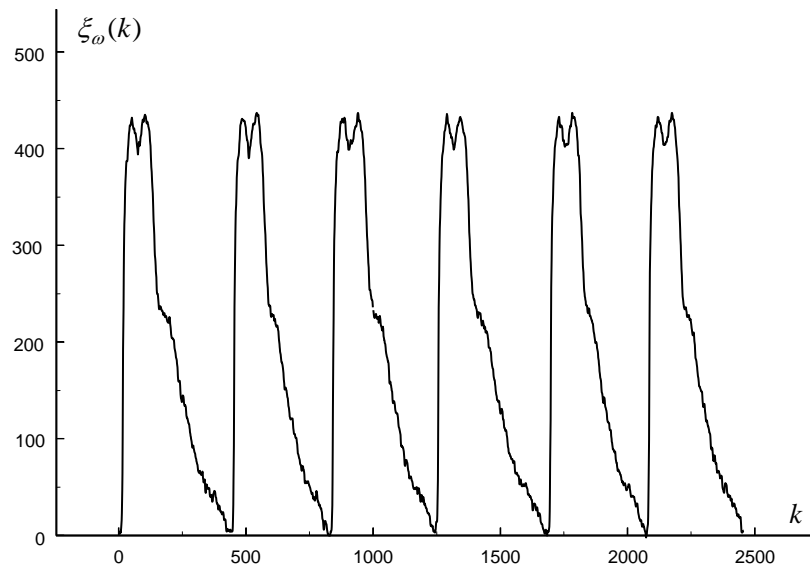


Рисунок 3.7 – Реалізація сфигмокардіосигналу

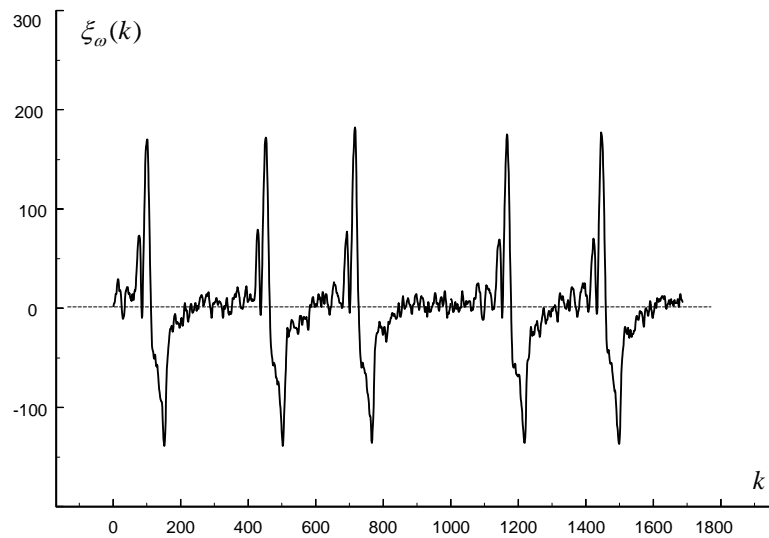


Рисунок 3.8 – Реалізація магнітокардіосигналу

А на рисунках 3.9-3.16 подано результати статистичного оцінювання математичного сподівання та дисперсії вказаних кардіосигналів двома методами: на основі моделі у вигляді циклічного випадкового процесу та на базі моделі у вигляді стохастично періодичного процесу.

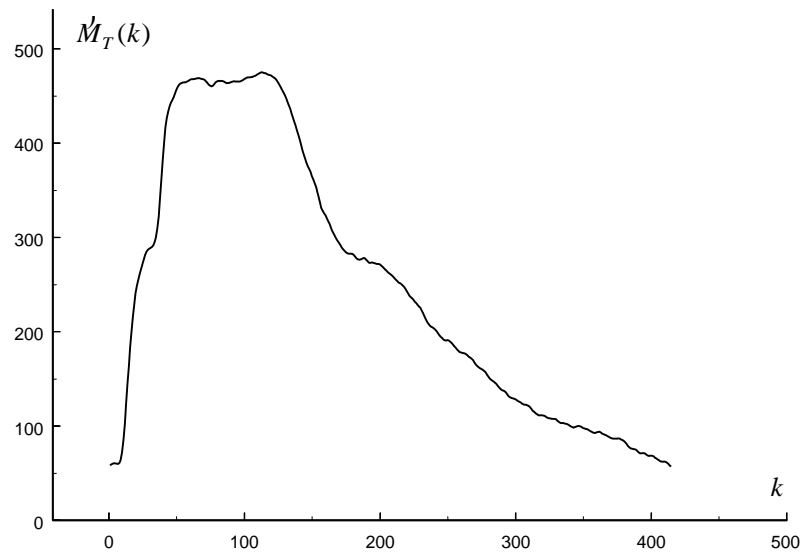


Рисунок 3.9 – Оцінка математичного сподівання сфигмокардіосигналу при його обробці на при його обробці на основі моделі стохастично періодичного процесу

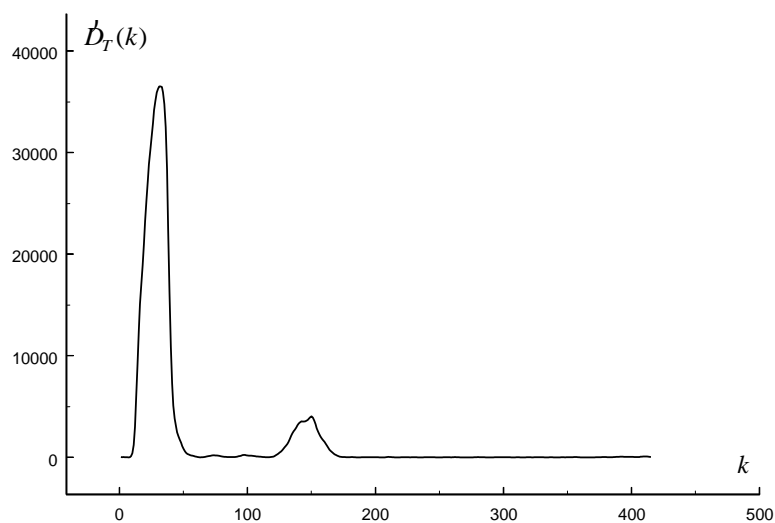


Рисунок 3.10 – Оцінка дисперсії сфигмокардіосигналу при його обробці на при його обробці на основі моделі стохастично періодичного процесу

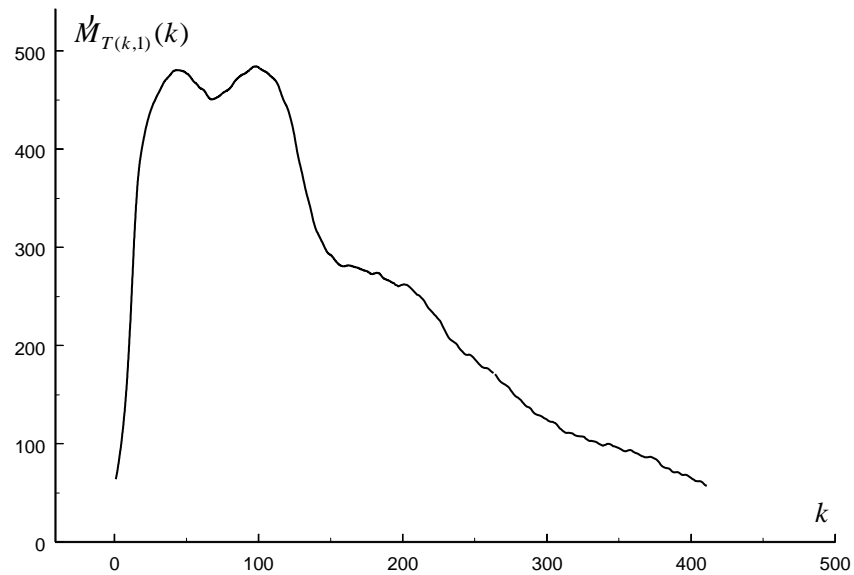


Рисунок 3.11 – Оцінка математичного сподівання сфигмокардіосигналу при його обробці основі циклічного випадкового процесу

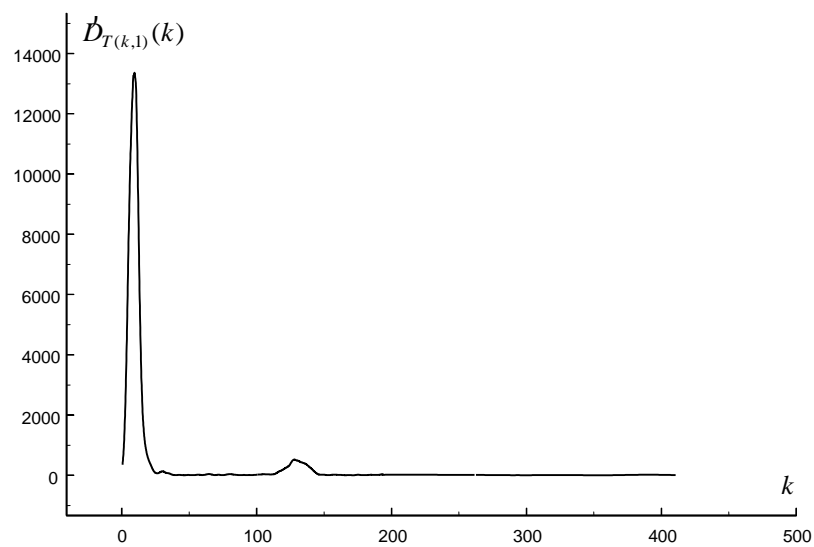


Рисунок 3.12 – Оцінка дисперсії сфигмокардіосигналу при його обробці основі циклічного випадкового процесу

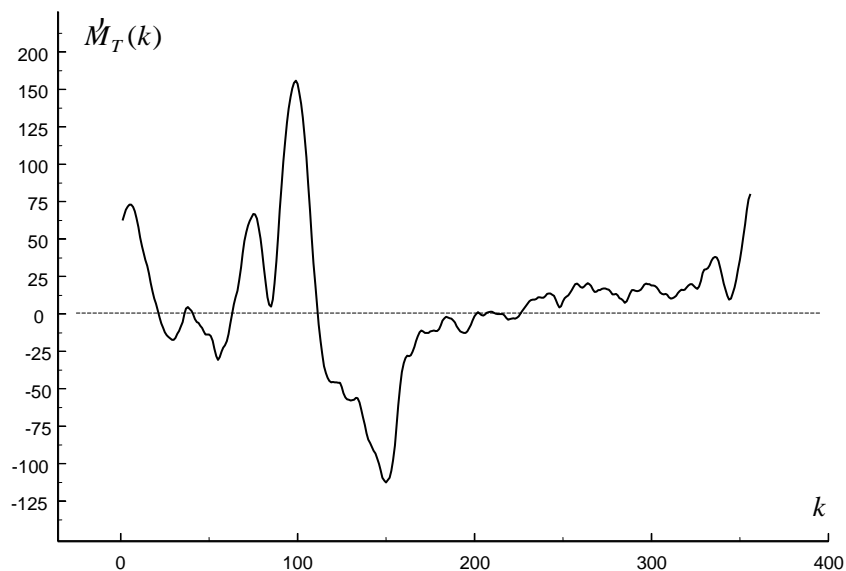


Рисунок 3.13 – Оцінка математичного сподівання магнітокардіосигналу при його обробці на основі моделі стохастично періодичного процес

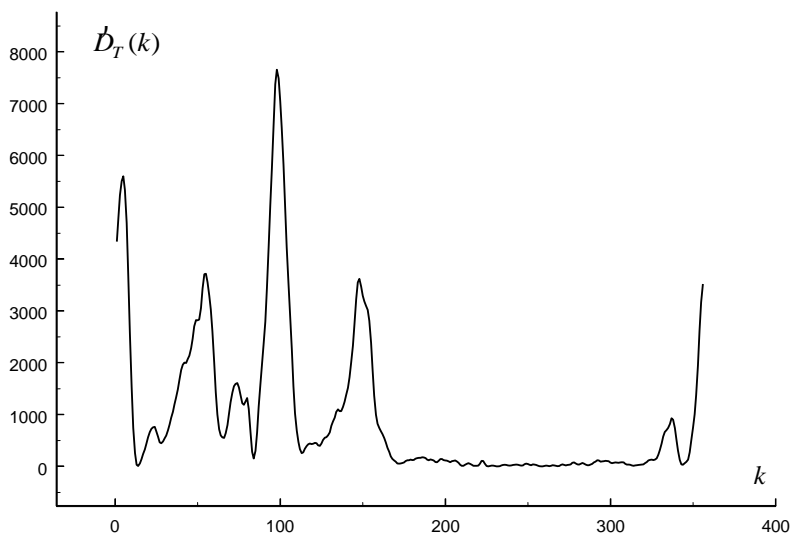


Рисунок 3.14 – Оцінка дисперсії магнітокардіосигналу при його обробці на основі моделі стохастично періодичного процес

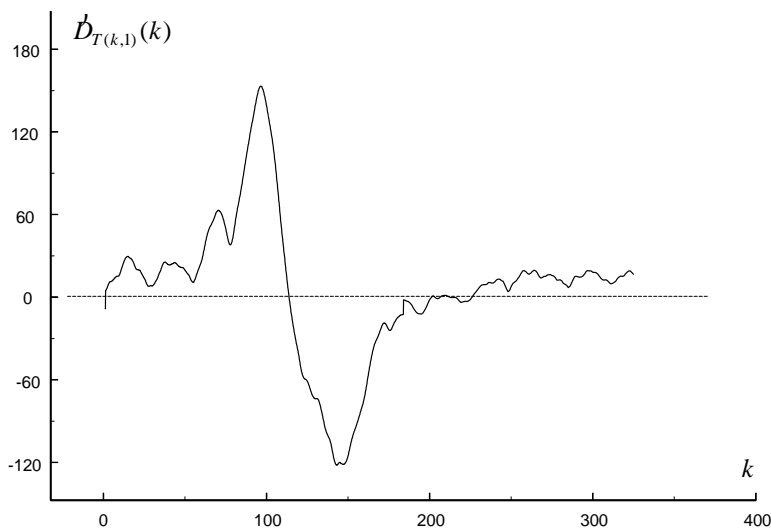


Рисунок 3.15. – Оцінка математичного сподівання магнітокардіосигналу при його обробці на основі моделі циклічного випадкового процесу

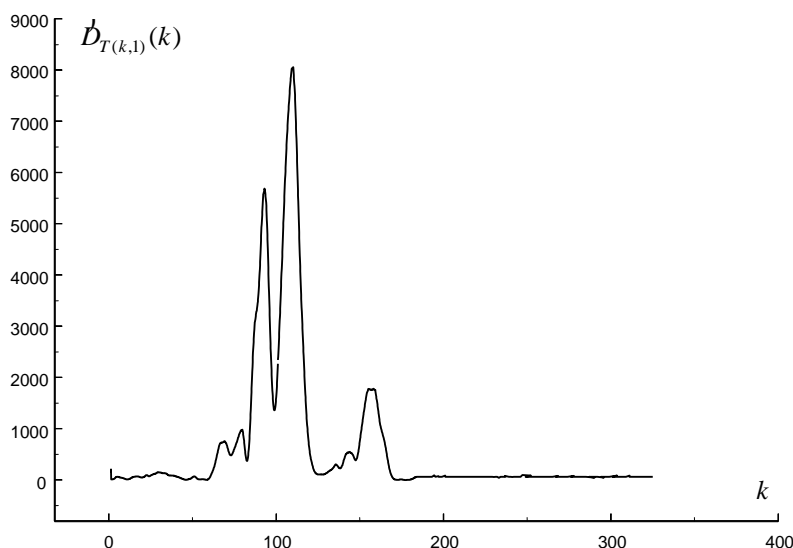


Рисунок 3.16. – Оцінка дисперсії магнітокардіосигналу при його обробці на основі моделі циклічного випадкового процесу

Зрисунків 3.9-3.16, видно результати статистичної обробки кардіосигналів на базі моделі у вигляді циклічного випадкового процесу є суттєво кращими у порівнянні із обробкою на базі стохастично періодичного випадкового процесу, що особливо проявляється, коли серцевий ритм є змінним.

Порівняльний аналіз результатів обробки циклічних кардіосигналів показав, що математична модель кардіосигналу у вигляді циклічного

випадкового процесу є кращою, а методи статистичного аналізу сигналів серця дозволяють суттєво усунути негативний ефект „розмивання” статистичних оцінок. Це проявляється у випадку обробки на основі стохастично періодичного випадкового процесу.

3.6 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано методи статистичного опрацювання з врахування математичних моделей стохастично-періодичного випадкового процесу та циклічного випадкового процесу. Проведені експерименти по статистичному опрацюванню кардіосигналів на базі розробленої програми. Написана у даній роботі програма може бути використана як складова частина діагностичних систем при опрацюванні циклічних сигналів в медицині враховуючи стохастичний підхід.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Джерела іонізуючого, електромагнітного та віброакустичного випромінювання

Електромагнітні випромінювання розрізняють за частотою коливань або довжиною хвилі. Найдовші хвилі – це коливання промислової або іншої звукової частоти, а також ультразвукові. Вони мають довжину хвилі понад 10 км (або частоту менш як 30 кГц), довгі і середні радіохвилі (від 10 км до 100 м або до 3 МГц) застосовують не тільки в радіотехніці, а й для плавлення металу, гартування деталей, сушіння деревини та ін. У промисловій електротермії для нагрівання діелектриків використовують також короткі радіохвилі (завдовжки 100—10 м або до 30 МГц), що, як і ультракороткі (10–1 м або до 300 МГц), належать до коливань ультрависокої частоти (УВЧ).

При промисловій частоті спеціальні заходи захисту від дії електричних полів доводиться застосовувати тільки під час обслуговування електроустановок напругою 330—500 кВ і вище. Тоді використовують спеціальні костюми і взуття, які дають можливість навідним зарядам стікати в землю без неприємних для людини відчуттів, а також екрануючі металеві козирки над робочими місцями (приводами роз'єднувачів та ін.). Використовувати ці козирки і костюми (так звані індивідуальні екрануючі комплекти) обов'язково тільки в розподільних пристроях напругою 750 кВ, під час робіт на опорах ЛЕП – 330–750 кВ або ж при напругах понад 5 кВ/м, коли перебування у такому електричному полі повинно тривати більше за гігієнічно допустимий час (понад 3 год при 5–10 кВ/м, 1,5 год при 10–15 кВ/м, 10 хв при 15–20 кВ/м і 5 хв при 20–25 кВ/м).

Тривале перебування на землі під ЛЕП теж шкідливе. Під крайньою фазою в середині прольоту на ЛЕП напругою 330 кВ напруга становить 6 кВ/м, а на ЛЕП-500 – 14 кВ/м. Тому під час польових робіт під ЛЕП напругою 330 кВ і вище треба враховувати цю обставину і краще використовувати трактори та інші машини з металевою кабіною або з встановленими зверху і з боків екранами, які виготовлені з металевої сітки.

Автомашини і трактори на пневматичних шинах заряджаються в електричному полі ЛЕП зарядами хоч і малого значення, але напругою, що становить кілька кіловольт. Дотик до них людини, яка стоїть на землі, не смертельний, але спричиняє болісний удар розрядним струмом, що може призвести до мимовільних рухів, а отже, і до механічних травм від дотику до рухомих частин та ін. Тому бажано не залишати машину під ЛЕП, якщо треба зупинитися, то до виходу з кабіни заземлити машину спеціальним заземлювачем (у вигляді гирі з штирем), прикріпленим до машини гнучким проводом. Заземлення може бути постійним у вигляді диска або сошника. Електроогорожі під ЛЕП 330–750 кВ краще взагалі не робити, бо в протяжних металевих частинах наводяться такі електрорушійні сили (ерс), що, наприклад, електроогорожа завдовжки 300 м навіть під ЛЕП напругою 220 кВ може при замиканні на опір 1000 Ом (людина) створити струм 10 мА, а на опір 500 Ом (корова) – 30 мА. Провід для виноградників, оскільки він не ізолюється спеціально від землі, порівняно безпечний, особливо при розташуванні перпендикулярно до траси ЛЕП і заземленні на кінцях.

Для захисту робітників від випромінювання високої частоти (ВЧ) і УВЧ застосовують екранування листовим металом високої електропровідності завтовшки не менш як 0,5 мм. Отвори в екрані для штурвалів і кнопок екранують металевою сіткою з вічками не більш як 4 x 4 мм. Екрани заземлюють. Максимально допустима напруженість електромагнітного поля випромінювання ВЧ і УВЧ на робочих місцях, згідно з ГОСТ 12.1.006-76, для частот 60 кГц дорівнює 50 В/м – 3 МГц, 20 В/м для частот 3–30 МГц, 10 В/м для частот 30–50 МГц і 5 В/м для частот 50–300 МГц. Тільки для індукційних плавильних печей і нагрівальних індикаторів тимчасово допускають 10 В/м через технічні труднощі повного екранування їх.

Напруженість магнітного поля не має перевищувати 5 А/м для частот 60 кГц – 1,5 МГц і 0,3 А/м для 30–50 МГц.

Тривалий вплив електромагнітних полів ВЧ і УВЧ з напругою, більшою за допустиму, призводить до функціональних змін у печінці, селезінці та особливо в центральній нервовій системі, які виявляються в головному болі, підвищеній

втомлюваності, порушенні сну, дратівливості, в уповільненні пульсу, зниженні кров'яного тиску. При дії випромінювань УВЧ також підвищується температура тіла. Коливання, які мають довжину хвилі від 1 м до 1 мм (частотою до 300 тис МГц), називаються надвисокочастотними (НВЧ), їх використовують у радіолокації і для деяких приладів. Розроблявся, наприклад, прилад для вимірювання жирності молока, який використовував НВЧ випромінювання. Гігієнічні норми НВЧ випромінювань визначаються в одиницях густини потоку потужності (вектора Пойнтінга) і залежить від тривалості впливу на людину: 0,1 Вт/м² при опроміненні протягом усього робочого дня; 10 Вт/м² при опроміненні протягом 20 хв. на день. Але при цьому треба працювати в захисних окулярах, які зроблені з мідної сітки та екранують очі. Без цих окулярів уражується кришталик ока (утворюється катаракта).

Екрануванням захищаються і від інфрачервоних (теплових) променів (з довжиною хвилі 100–0,76 мкм).

Видиме світло має довжину хвилі від 0,76–0,38 мкм, а ультрафіолетове проміння – від 0,38 до 0,005 мкм, тобто до 5 нм. Ці промені виникають, наприклад, при електрозварюванні і можуть уражати очі (електроофтальмія) або спричинити запалення шкіри відкритих частин тіла. Для захисту очей і шкіри обличчя застосовують щитки зі світлофільтрами, а для захисту шкіри рук – рукавиці.

Рентгенівські промені (від 5 до 0,004 нм) використовують в установках промислової рентгеноскопії. Вони випромінюються і під час випробування кабелів та електроустаткування випрямленим струмом високої напруги. Застосований тут високовольтний кенотрон є джерелом м'якого рентгенівського випромінювання (тобто довжина хвилі понад 0,01 нм) і має бути екранований. Для екрана досить мати залізний лист завтовшки 0,5–1 мм. У промисловій рентгеноскопії застосовують також фартухи, рукавиці, шапочки з просвинцьованої гуми. Дозу рентгенівського або будь-якого іншого іонізуючого випромінювання, поглинутого тканинами опроміненого тіла, вимірюють кількістю поглинутої тілом енергії в джоулях на 1 кг речовини. Вживають також поняття: величина дози рентгенівського випромінювання (А/кг). Наприклад, при

36-годинному робочому тижні в осіб, зайнятих випробуванням електроустановок з використанням кенотронів, величина дози рентгенівського випромінювання у будь-якій точці на відстані 5–10 см від захисного кожуха кенотрона або всього випробувального пристрою не має перевищувати $20,6 \cdot 10^{12}$ А/кг. Останнім часом почали застосовувати замість кенотронів високовольтні напівпровідникові випрямлячі, які усувають появу рентгенівського випромінювання.

Порушення санітарно-гігієнічних норм призводить до зміни складу крові і функціональних порушень центральної нервової системи, які виявляються в дратівливості, сонливості або безсонні, пітливісті, головних болях, ослабленні пам'яті, загальній слабості. Порушується робота серцево-судинної системи. При великих дозах може виникнути променева хвороба, тобто порушення нормального кровотворення, розлад нервової системи, травлення, що супроводжуються загальною слабкістю, болями і зниженням опірності проти інфекції. М'яке рентгенівське випромінювання призводить насамперед до місцевого впливу на опромінені ділянки тіла; може мутніти кришталік ока (катаракта), випадати волосся.

Гамма-промені випромінюються радіоактивною речовиною. Вони мають довжину хвилі від 4 до 0,1 нм. Як і два інших види ядерних випромінювань (альфа- і бета-випромінювання, які є вже не потоком електромагнітних хвиль, а потоком заряджених частинок), гамма-випромінювання дедалі ширше застосовують у науці і техніці, зокрема в гамма-дефектоскопії та в автоматичній. Гамма-випромінювання використовують також і для передпосівного опромінювання насіння, знищення комах-шкідників, опромінювання харчових продуктів, щоб подовжити строки зберігання та для знешкодження сільськогосподарської сировини.

Альфа-випромінювання мають дуже малу проникну здатність і при зовнішньому опромінюванні затримуються зовнішнім шаром шкіри без помітної шкідливої дії. Проте потрапляння альфа-частинок всередину організму з повітрям або їжею дуже небезпечно.

Бета-промені мають невелику проникну здатність, але шкідливо діють на шкіру й очі. Проникна здатність гамма-променів набагато більша. Це випромінювання може спричинити променеву хворобу. Однак додержуючись санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючих випромінювань, можна тривалий час працювати без шкоди для здоров'я.

Нижче наведено максимально допустимі поглинуті тілом дози рентгенівського, гамма- і бета-випромінювань. Для альфа-випромінювань вони в 10 разів вищі. Норми різні для персоналу, що обслуговує установки і апарати, які створюють випромінювання, і для окремих осіб, що не зв'язані з обслуговуванням цих установок, але зазнають дії випромінювання. Для першої групи тканин (червоний кістковий мозок, статеві залози або взагалі усе тіло) допускається для персоналу не більш як 30 мДж/кг на 13 тижнів (квартал) і не більш як 50 мДж/кг на рік, а для інших осіб – 5 мДж/кг на рік; для другої групи тканин і органів (це будь-який орган тіла, крім зазначених в інших групах) – 80 мДж/кг на квартал і 150 мДж/кг на рік для персоналу або 15 мДж/кг для інших осіб; для третьої групи тканин (щитовидна залоза, кісткова тканина і шкіра, крім частин тіла, які належать до зазначених у наступній групі) – 150 мДж/кг на квартал і 300 мДж/кг на рік для персоналу або 30 мДж/кг для інших осіб віком старше 16 років (для тих, хто ще не досяг 16 років – 15 мДж/кг на рік); для четвертої групи органів (повністю кисті, передпліччя, кісточки і ступні) – 400 мДж/кг на квартал і 750 мДж/кг на рік для персоналу або 75 мДж/кг для інших осіб. Сумарна доза опромінення за ряд років органів першої групи у персоналу, що обслуговує установки і апарати, які створюють іонізуюче випромінювання, не має перевищувати $B = 50 (M - 18)$, де N – вік (років).

Захист від радіоактивних випромінювань полягає в застосуванні захисних кожухів або екранів, спецодягу, індивідуальних захисних засобів. Важливу роль відіграє також дозиметричний і лікарський контроль.

4.2 Безпека життєдіяльності. Мета та завдання

Вся сукупність видів людської активності утворює поняття діяльності. Якраз діяльність і вирізняє людину від інших живих істот, вона є специфічно людською формою активності, необхідною умовою існування людського суспільства. Форми діяльності різноманітні. Вони охоплюють практичні, інтелектуальні і духовні процеси, які протікають в побуті, громадській, культурній, виробничій, науковій та інших сферах життя.

Діяльністю займаються всі – діти, дорослі, люди похилого віку, тому безпека діяльності має відношення до всіх людей. Небезпеки підстерігають людей не тільки на виробництві, тому вивчення лише виробничого травматизму в системі загальної безпеки життєдіяльності не висвітлює проблеми.

Безпека – це стан діяльності, при якому з певною ймовірністю виключається прояв небезпек. Безпека – це мета, а безпека життєдіяльності – засоби, шляхи, методи її досягнення.

Актуальність дисципліни ще більше зростає у зв'язку з існуванням аксіоми про потенційну небезпеку діяльності: в жодному виді діяльності неможливо досягнути абсолютної безпеки, будь-яка діяльність потенційно небезпечна.

Завдання БЖД є розробка методів прогнозування, вивчення та ідентифікації шкідливих факторів, їх впливу на людину і довкілля.

Курс БЖД призначений:

- сприяти усвідомленню, що в центрі уваги повинна бути людина, як головна цінність суспільства, та виховати в людині гуманне, свідоме ставлення до питань особистої безпеки та безпеки оточуючих в усіх сферах відносин;
- виробити навички ідентифікації небезпечних та шкідливих факторів і створення сприятливих умов життєдіяльності людей на певній території;
- тримати на контролі проектування нової техніки і технологічних процесів згідно з сучасними вимогами екології і з урахуванням стійкості функціонування господарських об'єктів та технічних систем;

- прогнозувати можливу обстановку і приймати грамотні рішення в умовах надзвичайних ситуацій щодо захисту населення та персоналу об'єктів від можливих негативних наслідків;

- забезпечити якісне засвоєння нового стереотипу поведінки людини з метою виживання в нових природних та антропогенних умовах.

Безпека життєдіяльності базується на досягненнях таких дисциплін, як інженерна психологія, фізіологія людини, охорона праці, екологія, ергономіка, економіка тощо. Вона була і є в центрі уваги людей. З древніх часів до наших днів людина прагнула забезпечити свою безпеку. З розвитком промисловості це потребує спеціальних знань. БЖД особливо актуальна зараз, в добу науково-технічного прогресу. Вона покликана відіграти важливу роль в стабілізації людського суспільства.

Завдання курсу “Безпека життєдіяльності” (БЖД) полягає у чіткому розумінні небезпечних чинників у ситуаціях, що виникають як у середовищі проживання людини, так і у середовищі навчання і праці.

БЖД – це ступінь захисту людини від надзвичайної небезпеки, де під терміном “небезпека” мається на увазі вплив на людину факторів, які можуть викликати відхилення стану її здоров'я від нормального. Природа цих факторів може бути пов'язана як з причинами природного або соціально-економічного характеру (екологічними катастрофами, низьким економічним рівнем життя та ін.), так і з причинами техногенного характеру (з рівнем забруднення навколишнього середовища як наслідком виробничої діяльності людини, аваріями, катастрофами на підприємстві, транспорті, війнами та ін.).

Викладання дисципліни має на меті:

- вивчення структури, змісту і взаємозв'язку життєдіяльності людини із середовищем праці й проживання;

- визначення чинників, причин і параметрів, що сприяють виникненню надзвичайних ситуацій;

- визначення принципів і способів захисту людей в умовах повсякденного життя, а також в умовах надзвичайних ситуацій.

Відповідно до ДСТУ 2938-94 "Системи обробки інформації. Основні поняття. Терміни та визначення" комп'ютер — це функційний пристрій, що складається з одного чи кількох взаємопов'язаних центральних процесорів і периферійних пристроїв і може виконувати обчислення без участі людини

Основними функціями комп'ютера є введення та виведення інформації, її зберігання та обробка. В якості пристроїв введення часто використовуються клавіатура та сканер, який забезпечує більшу швидкодію. Інформацію також можна вводити шляхом її зчитування з магнітних, оптичних та оптико-магнітних носіїв. Комп'ютер може отримувати інформацію і з комп'ютерної мережі.

Введена в системний блок інформація впорядковується або опрацьовується відповідно до програми („програмне забезпечення”), яке визначає логічні кроки процесу опрацювання. Цей процес повністю автоматизований і здійснюється без зовнішнього впливу.

Пристроями виведення можуть бути дисплеї, друкувальні (принтер) та графопобудовуючі (плотер) пристрої. Інформація може також виводитись на магнітні або оптико-магнітні носії, які потім, в свою чергу, можуть використовуватись для введення інформації.

Для зберігання програм та інформації застосовують, головним чином магнітні, оптико-магнітні та оптичні диски, які дають можливість довільного доступу до даних і забезпечують високу швидкодію.

У зв'язку з бурхливим розвитком комп'ютерної техніки щороку зростає спектр їх різновидів. За призначенням комп'ютери можна умовно поділити на:

- побутові комп'ютери — власне ПК, що призначені для індивідуальної роботи в домашніх умовах;

- навчальні комп'ютери — призначені для використання в системі освіти, як вищої так і середньої. Основні вимоги таких комп'ютерів — надійність, достатня потужність та невисока ціна (можливість придбання більшої кількості однотипних комп'ютерів закладами освіти). Користувачі — учні, студенти, викладачі та ін.;

- професійні комп'ютери — робочі станції для роботи на виробництві, в офісах установ, які, як правило, об'єднані в локальну комп'ютерну мережу. Від

„побутових” відрізняються більш високими показниками за всіма параметрами — продуктивністю, функціональними можливостями, якістю зображення на дисплеї та ін. Користувачі — службовці, оператори ВДТ;

– сервери — потужні комп'ютери, призначені для локальних та глобальних мереж. Вони виконують функції керування робочими станціями, зберігання значних масивів інформації та ін. Користувачі — менеджери, і адміністратори локальних комп'ютерних мереж, системні та прикладні програмісти для підтримки програмного забезпечення тощо;

– графічні станції — використовуються для роботи з графічними зображеннями, відео та анімацією. Володіють надзвичайно високими ресурсами за всіма основними параметрами.

– На сьогодні найбільш розповсюдженими є персональні комп'ютери (рис 7.1). В мінімальний базовий комплект ПК входять наступні блоки чи компоненти:

– системний блок, в якому зосереджені життєво важливі елементи комп'ютера;

– дисплей (монітор), який призначений для виведення (відображення) інформації;

– клавіатура, яка призначена для введення інформації в комп'ютер;

– графічний маніпулятор „миша”, який слугує для керування роботою програм шляхом вибору різних пунктів меню, виділення та „перетягування” об'єктів.

При такому апаратному комплектуванні та при наявності відповідного програмного забезпечення вже можна повноцінно працювати за комп'ютером. Саме в такому комплектуванні комп'ютери, як правило, надходять у продаж.

4.3 Висновок до четвертого розділу

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи описано в підрозділі лхорони праці джерела іонізуючого, електромагнітного та віброакустичного

випромінювання. Крім цього описані питання які стосуються безпеки у надзвичайних ситуаціях безпека життєдіяльності описані її мета та завдання.

ВИСНОВКИ

В результаті написання кваліфікаційної роботи магістра було розроблено програму для статистичного опрацювання циклічних сигналів з врахуванням двох математичних моделей стохастично- періодичного випадкового процесу та циклічного випадкового процесу.

Створена програма дозволяє проводити статистичне опрацювання враховуючи дві математичні моделі та методи статистичної обробки з врахуванням періоду та функції ритму.

- В роботі був проведений огляд циклічних сигналів в медицині описані їх особливості.
- Проведено огляд математичних моделей та методів опрацювання циклічних сигналів в медицині.
- Обгрунтовано використання двох математичних моделей та методів опрацювання з врахуванням періоду та функції ритму.
- Реалізовано програмне забезпечення для здійснення статистичного опрацювання використовуючи два підходи, а саме з врахуванням періоду та функції ритму.
- Написана у даній роботі програма може бути використана як складова частина діагностичних систем при опрацюванні циклічних сигналів в медицині враховуючи стохастичний підхід.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Burch G.E. De Pasquale V.A History of electrocardiolgraphy, Year Book Medical publ. Chicago, 1964.
2. Р.Р. Вербіцький, О.П. Кузьмич, Я.В. Литвиненко. Методи опрацювання біомедичних сигналів в задачах телемедицини. // Тези доповідей XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології». 2023. – С. 25.
3. Марченко Б.Г. Лінійні періодичні процеси // Пр. Ін.-ту електродинаміки НАН України. Електротехніка, 1999.-165-182с.
4. Бабак В.П., Хандецький В.С., Шрюфер Е. Обробка сигналів: Підручник. - К.: Либідь, 1996.-392 с.
5. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры: Пер. с англ. / Под ред. А.М. Трахтмана.- М.: Сов. Радио, 1980.-224с.
6. Д.Б. Гезеловиц. К теории электрокардиограммы. ТИИЭР, №6, 1989.-34-56с.
7. Макфи, Бол. Исследования в области электрокардиографии и магнитокардиографии. ТИИЭР, №3, 1971.-53-97с.
8. Абакумов В. Г., Геранін В. О., Рибін О. І., Сватош Й. Синєкоп Ю. С. Біомедичні сигнали та їх обробка. – К.: ТОО “ВЕК+”, 1997. –349с.
9. 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.
10. 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.
11. Осухівська Г.М. Обґрунтування вибору фільтру для статистичного аналізу тональних сигналів. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 1997. Т. 2, № 2. С. 57-62.
12. 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.
13. 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.
 14. 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.
 15. 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.
 16. 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.
 17. Долобчян З. Л. Основы клинической электрофизиологии и биофизики сердца. Введение к клинической электромеханокардиологии. – М.: Медицина, 1968. – 475с.
 18. Драган Я. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. – Львів.: Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. – XVI+33с.
 19. Бендат Дж., Пирсал А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989.-540с.
 20. Харин Ю. С., Степанова М. Д. Практикум на ЭВМ по математической статистике. –Минск: Изд-во Минск. ун-та, 1987. –304с.
 21. Xue Q., Hu Y.H., Tompkins W.J. Neural-network-based adaptive matched

- filtering for QRS detection. IEEE Trans. Biomed. Eng., 1992. Vol. 39(4). pp. 317-329.
22. Xunde Dong, Cong Wang, Wenjie Si. ECG beat classification via deterministic learning, Neurocomputing, Vol. 240, 2017. P. 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.02.056>.
 23. Yakovlev V.G., Vorob'yov S.A. Estimation of model parameters of random processes with instantly changing properties. Preprints of the Second IFAC Symposium on Stochastic control. Vilnius, USSR, 1986. Part 2. P. 224-228.
 24. Zahn C.T. Graph-theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters. IEEE Trans. Comput. 1971. Vol. 20. P. 68-86.
 25. Zakyntinaki M.S., Stirling J.R., Stochastic optimization for modeling physiological time series: application to the heart rate response to exercise, Computer Physics Communications, Vol. 176, Issue 2, 2007. P. 98-108, <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2006.08.005>.
 26. 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.
 27. 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.
 28. 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.
 29. 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.
30. 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.
 31. 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.
 32. 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.
 33. 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).
 34. 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
 35. 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.
36. 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., Shelestovsky, B. CEUR Workshop Proceedings, 2021, 2864, pp. 194–205
 37. Modeling and Methods of Statistical Processing of a Vector Rhythmocardiogram I Lytvynenko, S Lupenko, P Onyskiv, A Zozulia The Open Bioinformatics Journal 14 (1) 73-86
 38. 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.
 39. 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
 40. Approaches to statistical processing of rhythmocardiogram with increased resolution Lytvynenko, I., Lupenko, S., Kharchenko, V., Horkunenko, A., Zozulya, A. CEUR Workshop Proceedings, 2020, 2711, pp. 121-136

ДОДАТКИ

Приклад програми статистичного опрацювання

```
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;  
  N1: TMenuItem;  
  Exit1: TMenuItem;  
  PageControl1: TPageControl;  
  TabSheet1: TTabSheet;  
  TabSheet3: TTabSheet;  
  TabSheet4: TTabSheet;  
  OpenFr1: TMenuItem;  
  ProgressBar1: TProgressBar;  
  OpenDialog1: TOpenDialog;  
  Chart1: TChart;  
  Series1: TLineSeries;  
  Help1: TMenuItem;  
  About1: TMenuItem;  
  GroupBox3: TGroupBox;  
  StringGrid1: TStringGrid;  
  GroupBox4: TGroupBox;  
  StringGrid2: TStringGrid;  
  GroupBox5: TGroupBox;  
  Label3: TLabel;  
  Label4: TLabel;  
  GroupBox6: TGroupBox;  
  BitBtn7: TBitBtn;  
  Edit2: TEdit;  
  Label1: TLabel;  
  GroupBox8: TGroupBox;  
  CheckBox1: TCheckBox;  
  BitBtn9: TBitBtn;  
  GroupBox9: TGroupBox;
```

BitBtn8: TBitBtn;
TabSheet5: TTabSheet;
GroupBox1: TGroupBox;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Edit1: TEdit;
BitBtn1: TBitBtn;
BitBtn2: TBitBtn;
BitBtn3: TBitBtn;
BitBtn10: TBitBtn;
BitBtn11: TBitBtn;
StringGrid4: TStringGrid;
TabSheet6: TTabSheet;
StringGrid7: TStringGrid;
TabSheet2: TTabSheet;
GroupBox2: TGroupBox;
Label13: TLabel;
Label2: TLabel;
Edit5: TEdit;
Edit3: TEdit;
StringGrid9: TStringGrid;
StringGrid5: TStringGrid;
StringGrid8: TStringGrid;
StringGrid3: TStringGrid;
StringGrid6: TStringGrid;
BitBtn14: TBitBtn;
BitBtn4: TBitBtn;
BitBtn15: TBitBtn;
BitBtn18: TBitBtn;
Label9: TLabel;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
BitBtn5: TBitBtn;
BitBtn16: TBitBtn;
BitBtn17: TBitBtn;
BitBtn6: TBitBtn;
StringGrid10: TStringGrid;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
SaveDialog1: TSaveDialog;
PageControl2: TPageControl;
BitBtn22: TBitBtn;
TabSheet7: TTabSheet;
StringGrid11: TStringGrid;
BitBtn23: TBitBtn;

BitBtn24: TBitBtn;
Label17: TLabel;
StringGrid12: TStringGrid;
Label18: TLabel;
BitBtn25: TBitBtn;
BitBtn28: TBitBtn;
BitBtn26: TBitBtn;
Label12: TLabel;
Edit4: TEdit;
BitBtn27: TBitBtn;
TabSheet8: TTabSheet;
PageControl3: TPageControl;
TabSheet9: TTabSheet;
TabSheet10: TTabSheet;
GroupBox7: TGroupBox;
Label16: TLabel;
Label19: TLabel;
Edit6: TEdit;
Edit7: TEdit;
GroupBox10: TGroupBox;
StringGrid13: TStringGrid;
BitBtn30: TBitBtn;
GroupBox12: TGroupBox;
StringGrid14: TStringGrid;
GroupBox11: TGroupBox;
Chart2: TChart;
Series2: TFastLineSeries;
BitBtn32: TBitBtn;
TabSheet11: TTabSheet;
BitBtn33: TBitBtn;
TabSheet12: TTabSheet;
XPManifest1: TXPManifest;
GroupBox13: TGroupBox;
BitBtn21: TBitBtn;
BitBtn34: TBitBtn;
BitBtn35: TBitBtn;
GroupBox14: TGroupBox;
BitBtn36: TBitBtn;
BitBtn37: TBitBtn;
BitBtn38: TBitBtn;
Edit9: TEdit;
PageControl4: TPageControl;
TabSheet13: TTabSheet;
TabSheet14: TTabSheet;
GroupBox15: TGroupBox;
Label21: TLabel;
StringGrid16: TStringGrid;

StringGrid17: TStringGrid;
Label22: TLabel;
Label23: TLabel;
StringGrid19: TStringGrid;
Label24: TLabel;
StringGrid18: TStringGrid;
BitBtn40: TBitBtn;
BitBtn41: TBitBtn;
BitBtn42: TBitBtn;
BitBtn43: TBitBtn;
N2: TMenuItem;
N3: TMenuItem;
N21: TMenuItem;
N11: TMenuItem;
N22: TMenuItem;
BitBtn44: TBitBtn;
Label26: TLabel;
Label27: TLabel;
Label28: TLabel;
Label29: TLabel;
GroupBox16: TGroupBox;
Edit11: TEdit;
Label32: TLabel;
BitBtn45: TBitBtn;
Label31: TLabel;
BitBtn46: TBitBtn;
BitBtn29: TBitBtn;
GroupBox17: TGroupBox;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
Edit8: TEdit;
Label34: TLabel;
UpDown1: TUpDown;
GroupBox18: TGroupBox;
BitBtn31: TBitBtn;
UpDown2: TUpDown;
BitBtn48: TBitBtn;
Label33: TLabel;
GroupBox19: TGroupBox;
BitBtn47: TBitBtn;
StringGrid15: TStringGrid;
GroupBox20: TGroupBox;
StringGrid21: TStringGrid;
GroupBox21: TGroupBox;
StringGrid20: TStringGrid;
BitBtn20: TBitBtn;
Label30: TLabel;

Edit10: TEdit;
BitBtn39: TBitBtn;
Label20: TLabel;
Edit14: TEdit;
GroupBox22: TGroupBox;
Label38: TLabel;
Label37: TLabel;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
BitBtn13: TBitBtn;

procedure Open1Click(Sender: TObject);
procedure OpenFr1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn8Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn9Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn10Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn11Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn7Click(Sender: TObject);
procedure About1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn14Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn15Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn12Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn18Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn5Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn6Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn16Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn17Click(Sender: TObject);

procedure BitBtn22Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn23Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn24Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn25Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn26Click(Sender: TObject);

procedure BitBtn28Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn20Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn21Click(Sender: TObject);

procedure Exit1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn29Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn30Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn31Click(Sender: TObject);

```

procedure BitBtn32Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn34Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn35Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn19Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn13Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn36Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn37Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn38Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn44Click(Sender: TObject);
procedure N2Click(Sender: TObject);
procedure N21Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn40Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn42Click(Sender: TObject);
procedure N11Click(Sender: TObject);
procedure N22Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn41Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn43Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn39Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn45Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn46Click(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;
  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;
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
//===== 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);
            if (sSp=' ')or(sSp=' ') then nStat:=2
          end;
        inc(p);
      end;
    finally
      CloseFile(f);
    end;
//=====
  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);
if (sSp=' ')or(sSp=' ') then nStat:=2
end;
inc(p);
end;
finally
CloseFile(f);

```

```

end;
//=====
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;
PageControl1.ActivePageIndex:=0;
end;
(*=====*)
(*===== MC =====*)
procedure TMainForm.BitBtn1Click(Sender: TObject);
var nJ,nI:integer;
rSum1:real;
iPeriod,iPeriodiv:integer;
begin
If StringGrid1.Cells[2,1]<>" then
begin
//===== очистка =====
for nJ:=0 to 2 do //к.-сть стовбців = 3 шт.
StringGrid4.Cols[nJ].Clear;
StringGrid4.RowCount:=2;
//=====
StringGrid4.Cells[0,0]:='Відлік';

```

```

StringGrid4.Cells[1,0]:='Мат. спод.';
StringGrid4.Cells[2,0]:='Дисперсія';
//=====
iPeriod:=StrToInt(Edit1.Text);
iPeriodiv:=round((iKolZnachenRE)/iPeriod);
if iKolZnachenRE>=iPeriod*iPeriodiv then //перевірка на кратність періодів
begin
  MessageDlg('Тривалість реалізації кратна періоду', mtInformation,
    [mbOk], 0);
end
else
begin
  MessageDlg('Тривалість реалізації НЕ кратна періоду (можна зменшити
період),'+#13+
    'враховувати значення реалізації кратно кількості періодів -1 ',
mtInformation,
    [mbOk], 0);
  iPeriodiv:=iPeriodiv-1;
end;
ProgressBar1.Max:=iPeriod;
for nJ:=1 to iPeriod do
begin
  rSum1:=0;
  for nI:=0 to iPeriodiv-1 do //-1 бо від 0
  begin
    rSum1:=rSum1+strtofloat(StringGrid1.Cells[2,nJ+nI*iPeriod]);
  end;
  StringGrid4.Cells[1,nJ]:=floattostr(rSum1/(iPeriodiv));// не -1 бо це МС
  StringGrid4.Cells[0,nJ]:=inttostr(nJ); //відлік
  StringGrid4.RowCount:=StringGrid4.RowCount+1;
  ProgressBar1.Position:=nJ;
end;
end
else
begin
  MessageDlg(' Немає даних ', mtInformation,
    [mbOk], 0);
  PageControl1.SetFocus;
end;
StringGrid4.RowCount:=StringGrid4.RowCount-1;
ProgressBar1.Position:=0;
end;
(*=====*)
(*===== ДС =====*)
procedure TMainForm.BitBtn2Click(Sender: TObject);
var  nJ,nI:integer;
rSum1:real;

```

```

iPeriod, iPeriodiv:integer;
begin
If StringGrid1.Cells[2,1]<>" then //чи є значення
begin
If StringGrid4.Cells[1,1]<>" then //чи є МС
begin
iPeriod:=StrToInt(Edit1.Text);
iPeriodiv:=round((iKolZnachenRE)/iPeriod);
if iKolZnachenRE>=iPeriod*iPeriodiv then //перевірка на кратність
періодів
begin
MessageDlg('Тривалість реалізації кратна періоду', mtInformation,
[mbOk], 0);
end
else
begin
MessageDlg('Тривалість реалізації НЕ кратна періоду (можна зменшити
період),'+#13+
'враховувати значення реалізації кратно кількості періодів -1 ',
mtInformation,
[mbOk], 0);
iPeriodiv:=iPeriodiv-1;
end;
ProgressBar1.Max:=iPeriod;
for nJ:=1 to iPeriod do
begin
rSum1:=0;
for nI:=0 to iPeriodiv-1 do //-1 бо від 0
begin
rSum1:=rSum1+sqr(strtfloat(StringGrid1.Cells[2,nJ+nI*iPeriod])
-strtfloat(StringGrid4.Cells[1,nJ]));
end;
StringGrid4.Cells[2,nJ]:=floattostr(rSum1/iPeriodiv-1);//-1 бо D= ... 1/(N-
1)
ProgressBar1.Position:=nJ;
end;
end //чи є МС
else
begin
MessageDlg('Визначіть математичне сподівання!', mtWarning,
[mbOk], 0);
end;
end
else
begin
MessageDlg(' Немає даних ', mtInformation,
[mbOk], 0);

```

```
PageControl1.SetFocus;  
end;  
ProgressBar1.Position:=0;  
end;  
(*=====*)
```

Скріншот опублікованих тез конференції

УДК 681.518.3

Р.Р. Вербіцький, О.П. Кузьмич, д.т.н., проф., Я.В. Литвиненко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ

R.R. Verbitskyi, O.P. Kuzmych, Dr., Prof., Ia.V. Lytvynenko

METHODS OF PROCESSING BIOMEDICAL SIGNALS IN THE PROBLEMS OF TELEMEDIC

Існує багато різних біомедичних сигналів які отримуються з різних біологічних систем. Це можуть бути сигнали, такі як: електрокардіограма (ЕКГ), електроенцефалограма (ЕЕГ), електроміограма (ЕМГ) сигнали із зображень, таких як рентгенівські та магнітно-резонансні знімки, а також інші біомедичні сигнали. Для їх аналізу та опрацювання застосовують різні методи та техніку.

Цікавим та актуальним напрямком сучасних досліджень є розробка та побудова телемедичних систем. Телемедична система - це система з використанням інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ), що дозволяє здійснювати віддалене надання медичних послуг, консультацій та моніторингу за допомогою електронних засобів зв'язку. Такі системи можуть включати в себе різноманітні медичні та технічні рішення для забезпечення високоякісного медичного обслуговування, навіть коли пацієнт та лікар знаходяться на великій відстані один від одного.

Доповідь присвячена аналізу методів які можуть бути застосовані в телемедичних системах.

До основних методів опрацювання біомедичних сигналів належать:

- методи попередньої фільтрації;
- методи які умовно можна назвати узагальнюючою назвою «Амплітудна та фазова обробка»;
- методи спектрального аналізу (частотна область);
- методи аналіз в часовій області.

Окремо можна виділити методи на основі машинного навчання та методи аналізу зображень.

Методи які побудовані із застосуванням машинного навчання використовуються для класифікації та розпізнавання біомедичних образів. Зокрема такі методи добре працюють в задачах автоматизованого аналізу біомедичних сигналів та виявлення/класифікації патологій.

В залежності від поставлених завдань проаналізовані методи можуть застосовуватися окремо чи в комбінації, а також в залежності від характеру досліджуваних біомедичних сигналів. Тому розробка та вдосконалення нових методів опрацювання біомедичних сигналів є важливою галуззю досліджень у біомедичному інжинірингу.

Література

1. Литвиненко Я.В. Методи ідентифікації сегментної та ритмічної структур циклічних сигналів в системах цифрової обробки даних: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 01.05.02. Тернопіль, 2019. 44 с.

Скріншот опублікованих тез конференції

УДК 681.518.3

О.П. Кузьмич, д.т.н., проф.; Я.В. Литвиненко

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ МЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ

O.P. Kuzmych, Dr., Prof.; Ia.V. Lytvynenko

METHODS OF STATISTICAL PROCESSING OF MEDICAL SIGNALS

Відомі два підходи до побудови математичних моделей детермінованих та стохастичних. Стохастичні математичні моделі дозволяють краще описати медичні сигнали оскільки враховують їх випадковий характер. Для опрацювання таких сигналів застосовують статистичні методи.

Дана теза стосується огляду методів статистичного опрацювання медичних сигналів.

Статистичне опрацювання медичних сигналів важливо для аналізу та винесення діагностичних висновків. Це може включати в себе обробку, аналіз та інтерпретацію інформації отриманої з медичних сигналів. Оглянемо відомі методи статистичного опрацювання медичних сигналів які визначають певні статистичні показники.

Математичне сподівання та дисперсія: Визначення математичного сподівання - середньо арифметичного значення сигналу, що дозволяє оцінити його загальну інтенсивність. Дисперсія та стандартне відхилення: Міри варіабельності сигналу, які дозволяють оцінити його розкид або рівень невизначеності. Гістограма та функція щільності ймовірності (PDF): Гістограма дозволяє оцінити, візуалізувати розподіл значень сигналу. PDF: Функція, яка визначає ймовірність того, що значення сигналу прийме певне значення. Кумулятивна функція розподілу (CDF): CDF - функція, яка визначає ймовірність того, що значення сигналу буде меншим або рівним певному порогу. Кореляція та коваріація: Кореляція дозволяє оцінити ступінь взаємозв'язку між двома сигналами. Коваріація: Міра спільної змінності двох сигналів. Автокореляція: Міра кореляції між сигналом і його «затриманою» копією. Спектральний аналіз: Вивчення структури сигналу в частотному просторі. Частотний аналіз: Визначення домінуючих частот та ширини спектра. Тестування гіпотез та інтервальна оцінка: t-тест та аналіз дисперсії застосовується для порівняння математичних сподівань (середніх значень) між різними групами. Інтервальна оцінка: Визначення діапазону можливих значень для параметрів сигналу. Аналіз амплітуд та частот: Амплітудний аналіз дозволяє аналізувати амплітудні характеристики сигналу. Методи класифікації: Аналіз класів та категорій: Для класифікації сигналів на основі їхніх характеристик. Методи машинного навчання використовуються для автоматизованої класифікації та розпізнавання паттернів в медичних сигналах. Фрактальний аналіз застосовують під час визначення фрактальної структури сигналу.

Ці методи використовуються для різноманітних медичних сигналів, таких як ЕКГ, ЕЕГ, сигнали біомедичних образів із зображень, таких як рентгенівські та магнітно-резонансні знімки (MRI, CT), а також інші діагностичні сигнали. Розуміння статистичних аспектів цих сигналів допомагає лікарям та дослідникам отримати інформацію та винести об'єктивні висновки про стан здоров'я пацієнта.