Національний університет
водного господарства
та природокористування

Метод визначення зміщень P, Q, R, S, T піків електрокардіограми на основі вейвлет - перетворення

Виконав:
студент 6 курсу
Групи КІз-71м
Радовенчик Олександр Миколайович
Керівник роботи:
к.т.н., доц. Соломко Михайло Тимофійович

Рівне 2021

Структура дипломної роботи

- ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІЩЕНЬ PQRST-ПІКІВ ЕКГ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ
- ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІЩЕНЬ PQRST-ПІКІВ ЕКГ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ
- ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ І АНАЛІЗ ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Мета та завдання дослідження

Метою дослідження *є розробка методу виявлення PQRST піків ЕКС, що має більш високу точність знаходження в порівнянні з існуючими методиками і як наслідок - вищою прогностичною значимістю*

Завдання дослідження:

- *Визначення теоретичних основ і практичних застосувань вейвлет- перетворень.*
- *Дослідження загальної структури процесу ЕКГ-діагностики на етапах збору, обробки та аналізу інформації з метою виявлення існуючих проблем при автоматичному аналізі ЕКС.*
- *Визначення характеристичних особливостей сигнала ЕКГ, використовуваних при діагностики захворювань.*
- *Встановити адекватність використання розробленого методу для визначення зміщень PQRST піків ЕКГ.*
- *Встановити доцільність використання інструментарію MATLAB для роботи з вейвлет-перетвореннями та реалізації методу зміщень PQRST піків.*
- *Побудова методу для автоматизованого визначення зміщень PQRST піків ЕКГ.*
- *Створити програмний засіб для визначення зміщень PQRST піків та встановлення діагнозу по цих зміщень.*

Складові дослідження

Об'єктом дослідження *є процес дослідження вхідного MIT-BIH сигналу створеним методом на основі вейвлет - перетворення.*

Предметом дослідження *є алгоритми, методи та засоби реалізації отриманих результатів для визначення PQRST піків в ЕКГ.*

Практичне значення:

- *Запропонований метод може бути реалізований апаратно для здійснення безперервного контролю серцевої активності в режимі реального часу в системах холтерівського (добового) моніторингу.*
- *Проведене порівняльне експериментальне дослідження існуючих типів аналізу ЕКГ, дозволило розробити найбільш ефективний метод виявлення PQRST, що істотно розширює платформу для подальших досліджень з цифрової обробки електрокардіографічних сигналів.*
- *Розроблений метод виявлення PQRST-піків із застосуванням теорії вейвлет-перетворення може бути застосований не тільки для виявлення процесів шлуночкової активності, але і для подальшої ідентифікації та класифікації можливих функціональних змін та патологій у роботі серця.*

Актуальність

В даний час в електрокардіографії велике значення приділяється аналізу шлункової активності серця. Зокрема - найбільш значущим з точки зору діагностики є так званий QRS-комплекс ЕКГ-сигналу, що відображає процеси скорочення правого та лівого шлуночків. Не відкидаючи значущості аналізу Фур'є, застосовуваного нині найчастіше для аналізу електрокардіографічних сигналів (ЕКГ-сигналів), вейвлет-методи успішно доповнюють, інколи ж здатні й повністю замінити обробку даних традиційними методами. Існуючі методи та стандарти аналізу ЕКГ-сигналів, що базуються на Фур'є-перетворенні та частотному аналізі, виявляються не цілком придатними для точного виявлення QRS-комплексів, оскільки , не враховують нестаціонарну та негармонічну природу кардіосигналів. Також більшість досліджень зосереджені лише на виявленні лише комплексу QRS, оскільки зубці P і T важко виявити.

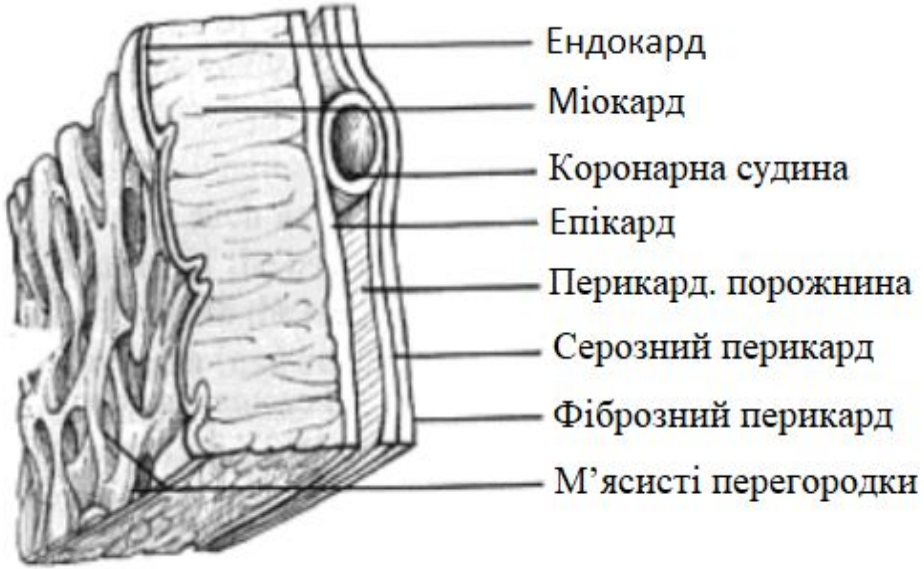
Національний університет водного господарства та природокористування

Розділ 1. Теоретичні передумови методу визначення зміщень PQRST-піків ЕКГ на основі вейвлет перетворення

- 1.1. Серце та серцевий ритм
- 1.2. Біоелектрична природа ЕКС
- 1.3. Види електрокардіографічних відведень
- 1.4. Фізіологія серцевого імпульсу та особливості ЕКС
- 1.5. Загальна структура процесу аналізу ЕКС
- 1.6. Теоретичний аналіз і класифікація ЕКС

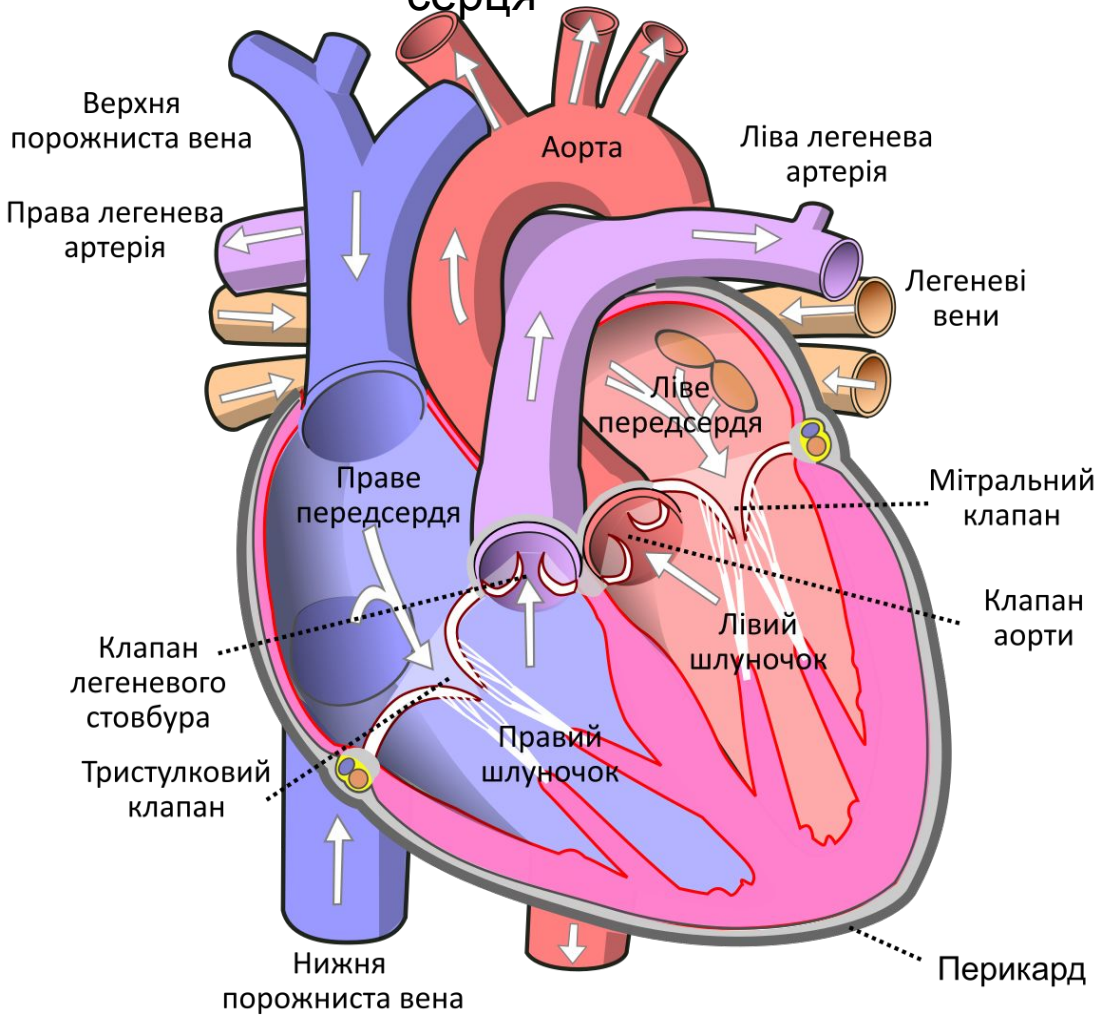
Національний університет водного господарства та природокористування

1.1. Серце та серцевий ритм



Серцевий м'яз

Структура серця

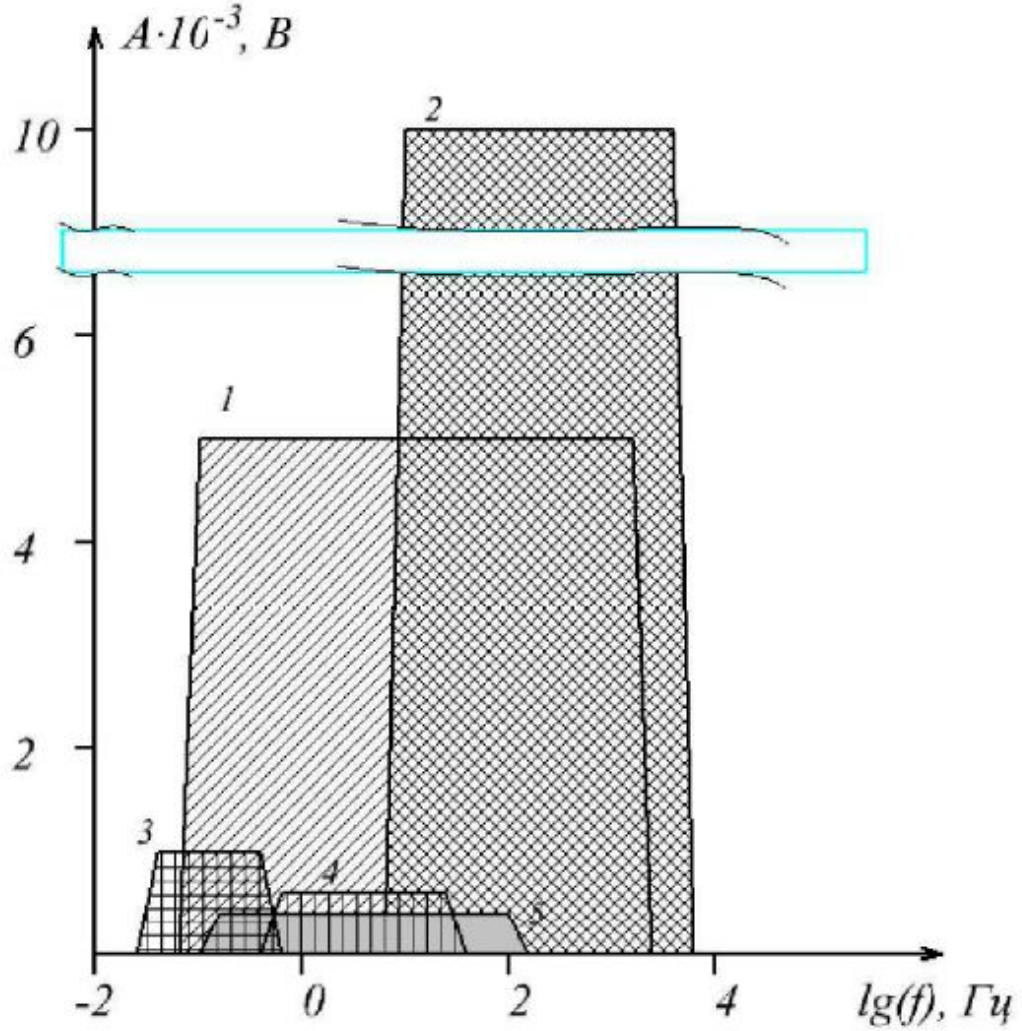


Національний університет водного господарства та природокористування

1.2. Біоелектрична природа

Серце представляється у вигляді диполя, еквівалентного сумі електричних зарядів збуджених клітин. Таке уявлення дозволяє визначити величину та значення електрорушійних сил серця.

У результаті дипольне уявлення про ЕРС серця - це перше наближення складніших електричних процесів у ньому і єдина можлива нині теорія вираження основного змісту ЕКГ.



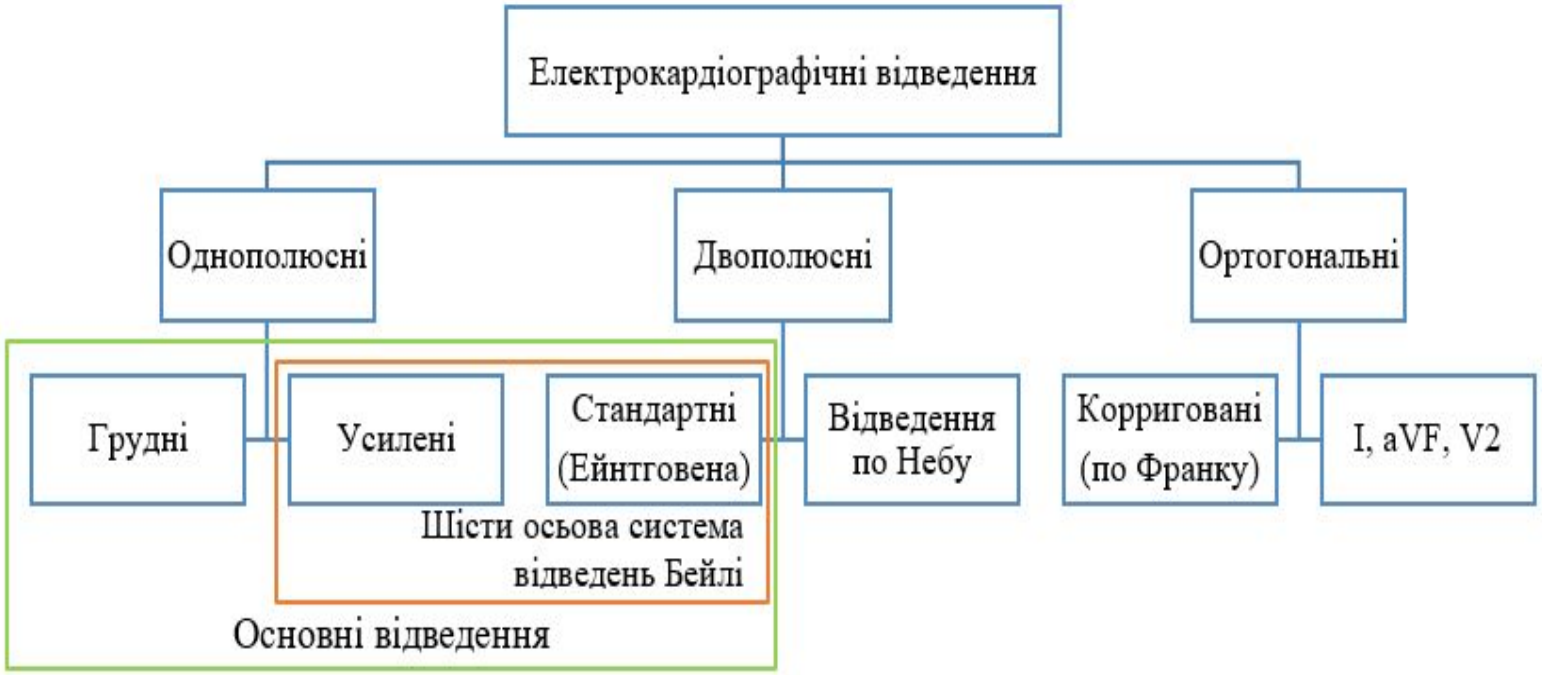
1 – серце, 2 – м’язи тіла. 3 - шлунок; 4 - очні м’язи; 5 - головний мозок.

Параметри амплітудно-частотних характеристик біопотенціалів тіла людини

Національний університет водного господарства та природокористування

1.3. Види електрокардіографічних відведень

Форма ЕКГ, що знімається, сильно залежитиме від місця розташування електродів на тілі людини, так званих електрокардіографічними відведеннями.



Основні види відведень з електродами які лежать на поверхні тіла

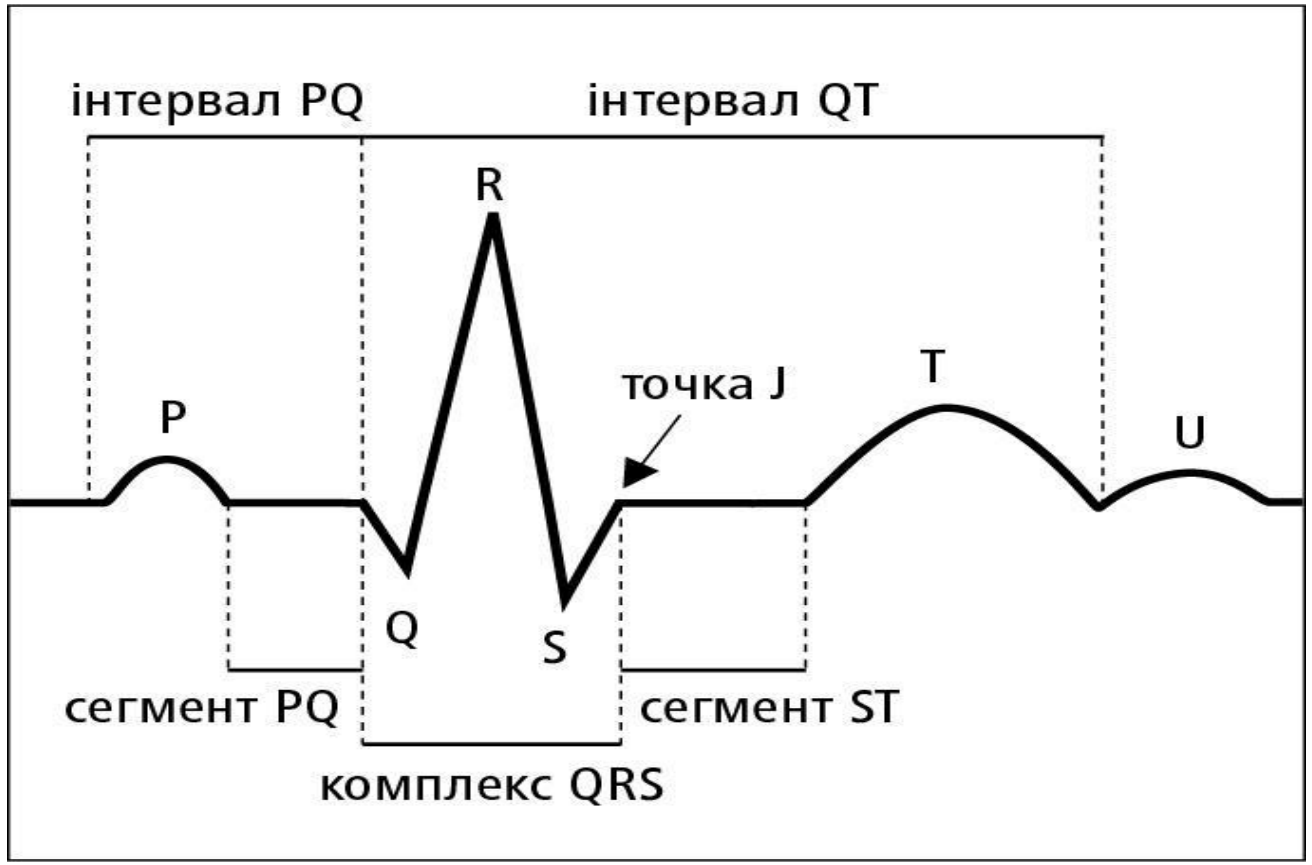
Національний університет водного господарства та природокористування

1.4. Фізіологія серцевого імпульсу та особливості ЕКС

Відзначаючи форму, консистенцію та час між цими формами хвиль, можна дізнатися більше про пошкоджені ділянки та ділянки, які не отримують достатньо кисню.

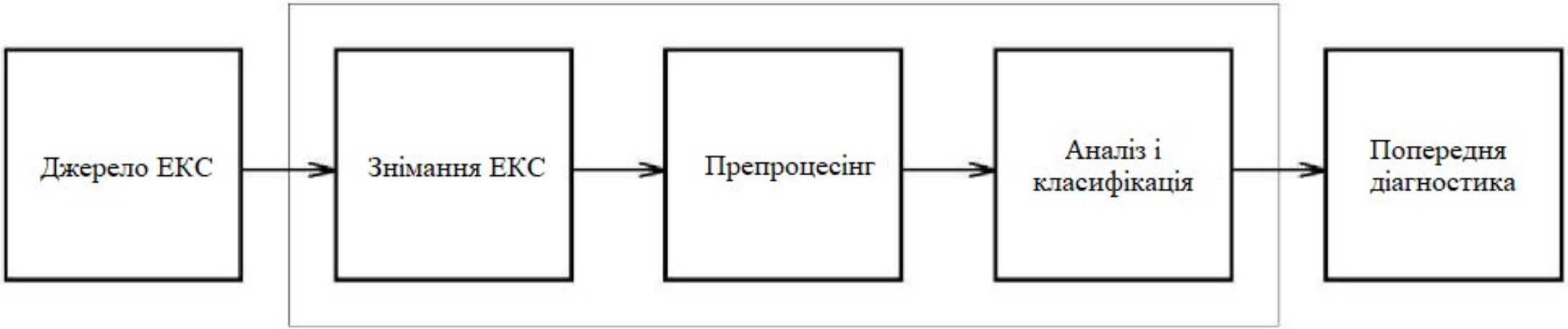
Аритмія серця:

- синусові ритми;
- ектопічні ритми;
- передсердні ритми.



Зубці, сегменти та інтервали ЕКГ

1.5. Загальна структура процесу ЕКС

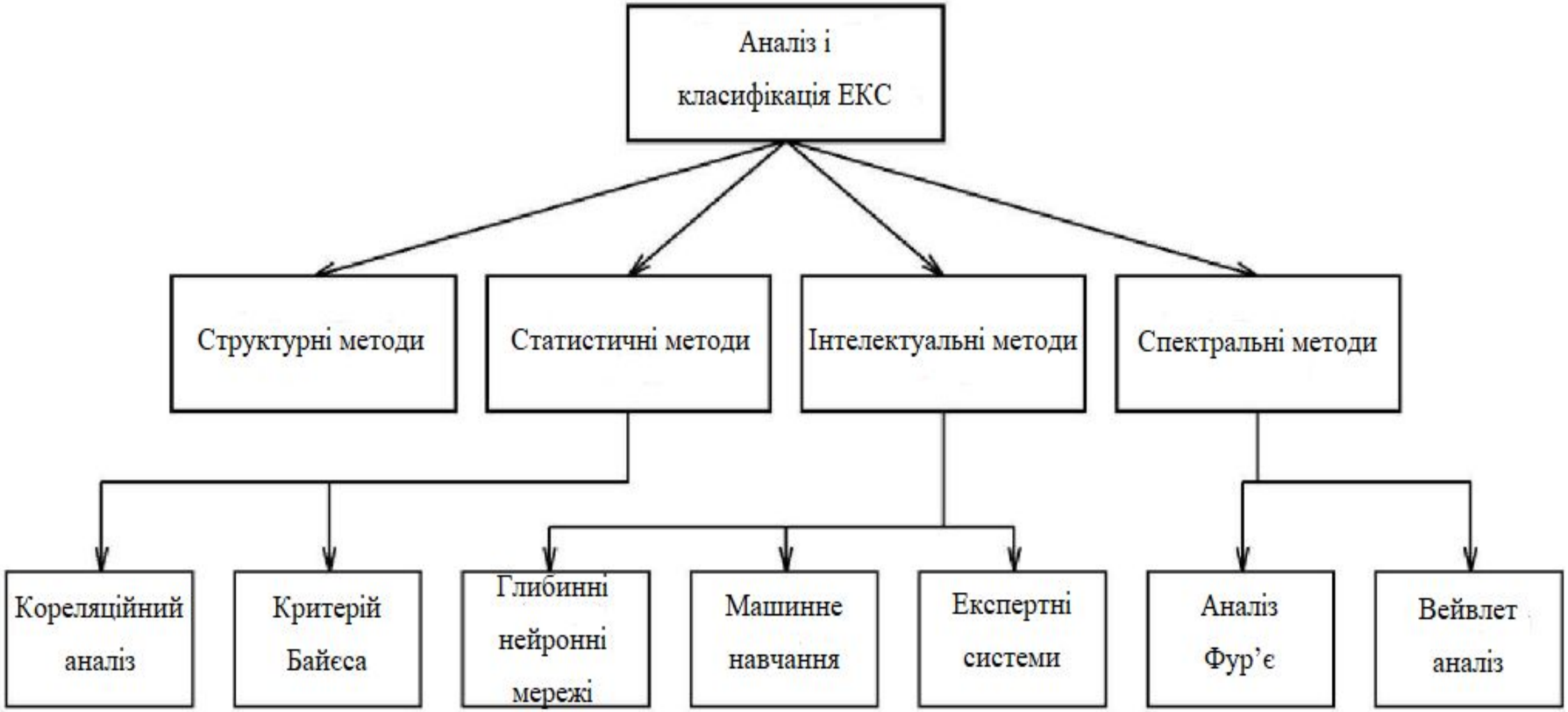


Структура процесу аналізу ЕКС

Електрокардіографічні вимірювання можна розділити на три основні групи:

- стандартне ЕКГ-дослідження;
- ЕКГ-моніторинг;
- ЕКГ високої роздільної здатності.

1.6. Теоретичний аналіз і класифікація ЕКС



Методи аналіза і класифікації ЕКС

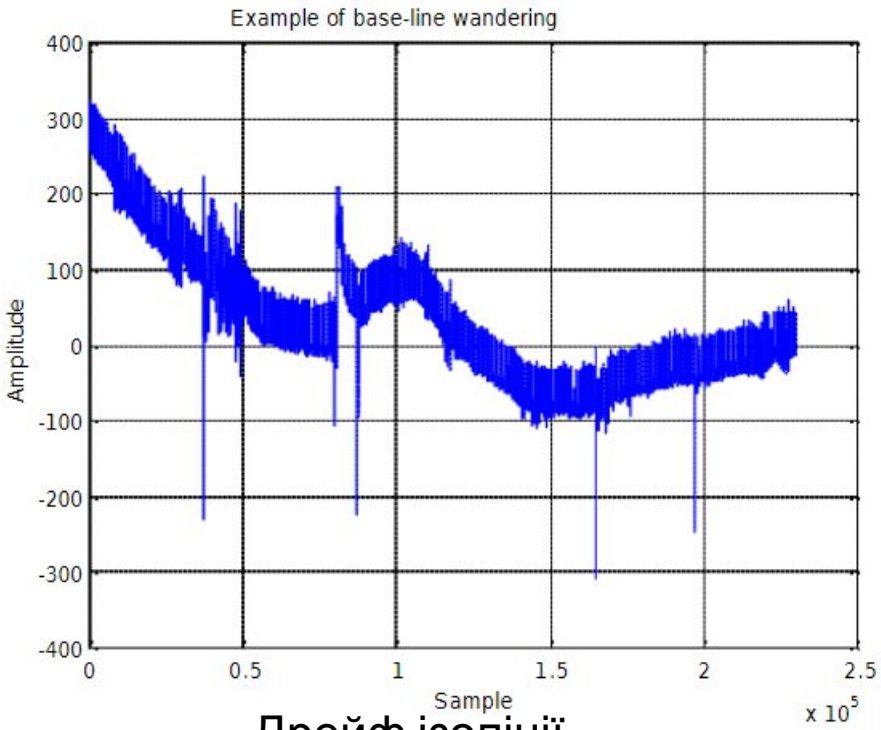
Національний університет
водного господарства
та природокористування

Розділ 2. Визначення зміщень PQRST- піків ЕКГ на основі вейвлет перетворення

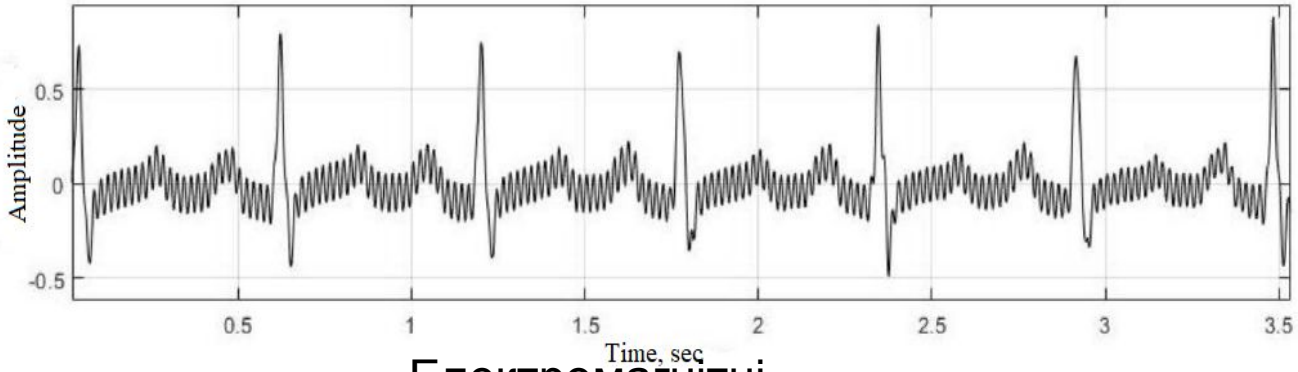
- 2.1. Попередня обробка сигналу ЕКГ
- 2.2. Вейвлет-аналіз
- 2.3. Методологія

Національний університет водного господарства та природокористування

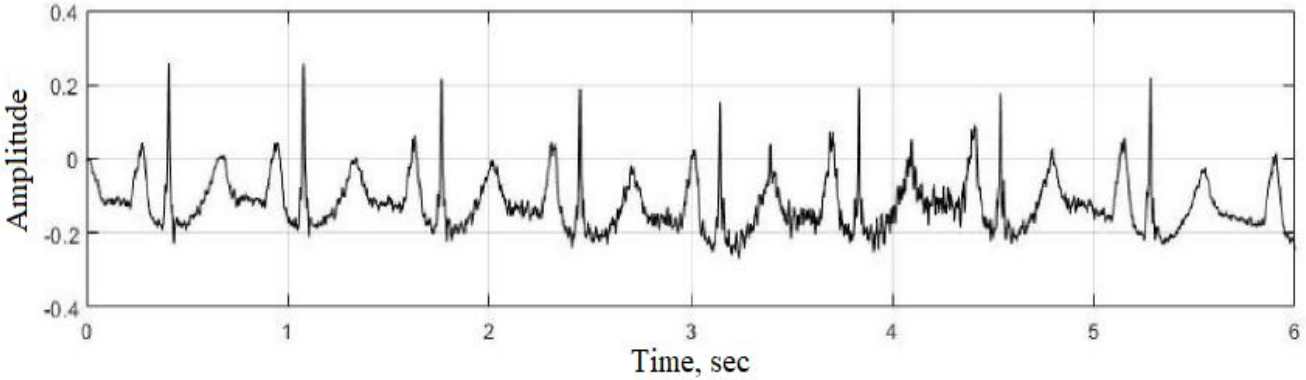
2.1. Попередня обробка сигналу ЕКГ



Дрейф ізолінії ЕКГ



Електромагнітні шуми



Електрофізіологічні шуми

Сферу попередньої обробки сигналу ЕКГ можна розділити на три великі етапи:

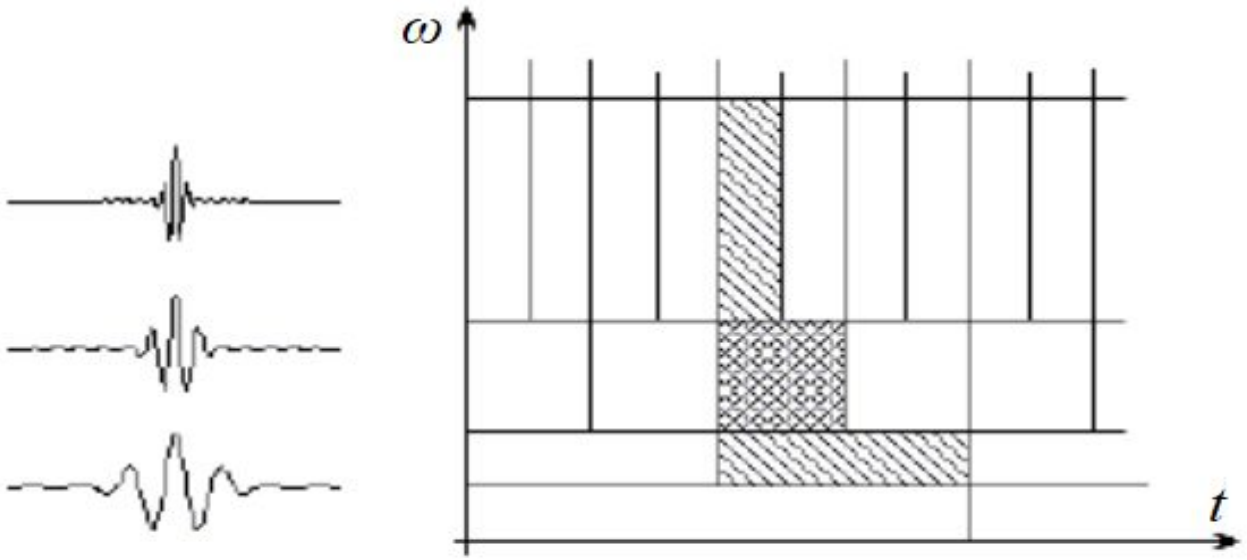
- усунення дрейфу ізолінії;
- усунення шумів;
- виявлення ЕКГ сигналів.

2.2. Вейвлет-аналіз

Вейвлети *(wavelet) – це деякі хвильові функції, які здатні виконати перетворення Фур'є не повсій часовій осі, а локально – на місці свого положення.*

Властивості:

- володіють можливістю зсуву в часі;
- мають вигляд коротких, локалізованих у часі чи просторі хвильових пакетів з нульовим значенням інтегралу;
- мають обмежений частотний спектр.



Вейвлет-перетворення в площині час-частота, при різних масштабах

Національний університет водного господарства та природокористування

2.3. Методологія

Попередня обробка

1) Фільтрація:

Смуговий фільтр Баттерворта 4-го порядку

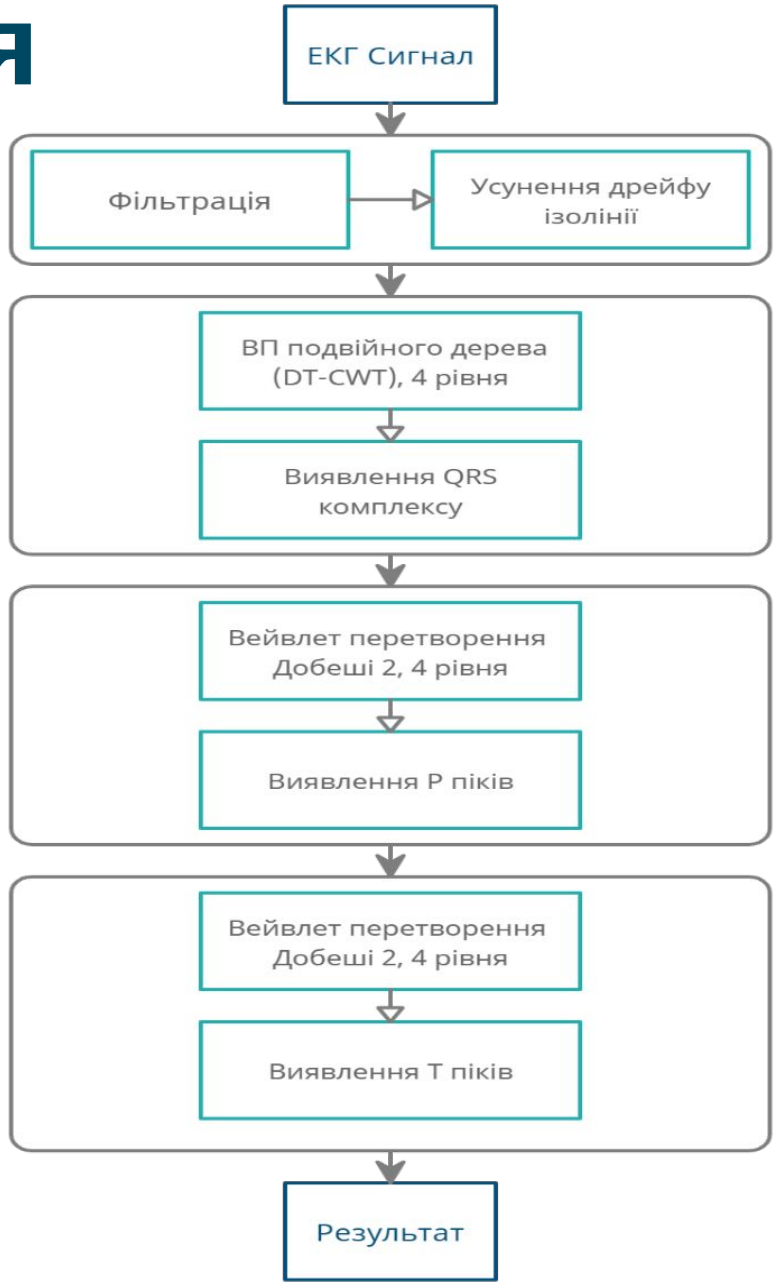
$$G^2(\omega) = |H(j\omega)|^2 = \frac{G_0^2}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}}$$

2) Усунення дрейфу ізолінії:

У цьому методі видалення дрейфу ізолінії ЕКГ проводиться шляхом віднімання лінії регресії, у вікні розміру, що дорівнює 50% частоти вибірки;

Вхідні дані:

- база даних аритмії MIT-BIH;
- база даних LBNP.

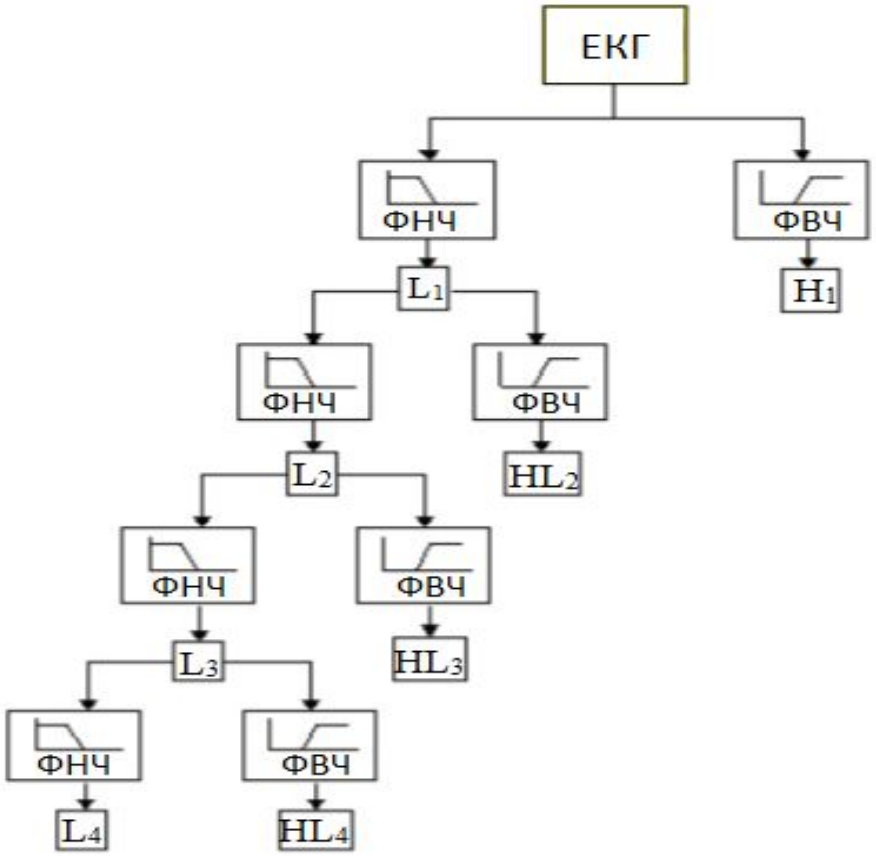


Принципова схема аналізу

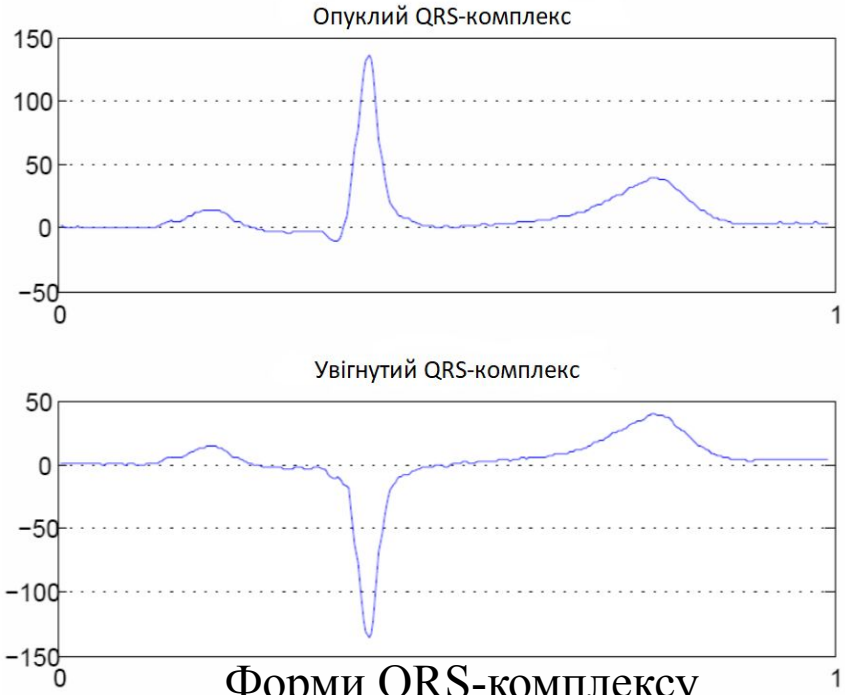
Національний університет водного господарства та природокористування

2.3. Методологія

Виявлення



Розкладання сигналу за допомогою каскадного розподілу



Форми QRS-комплексу

Полярність визначається:

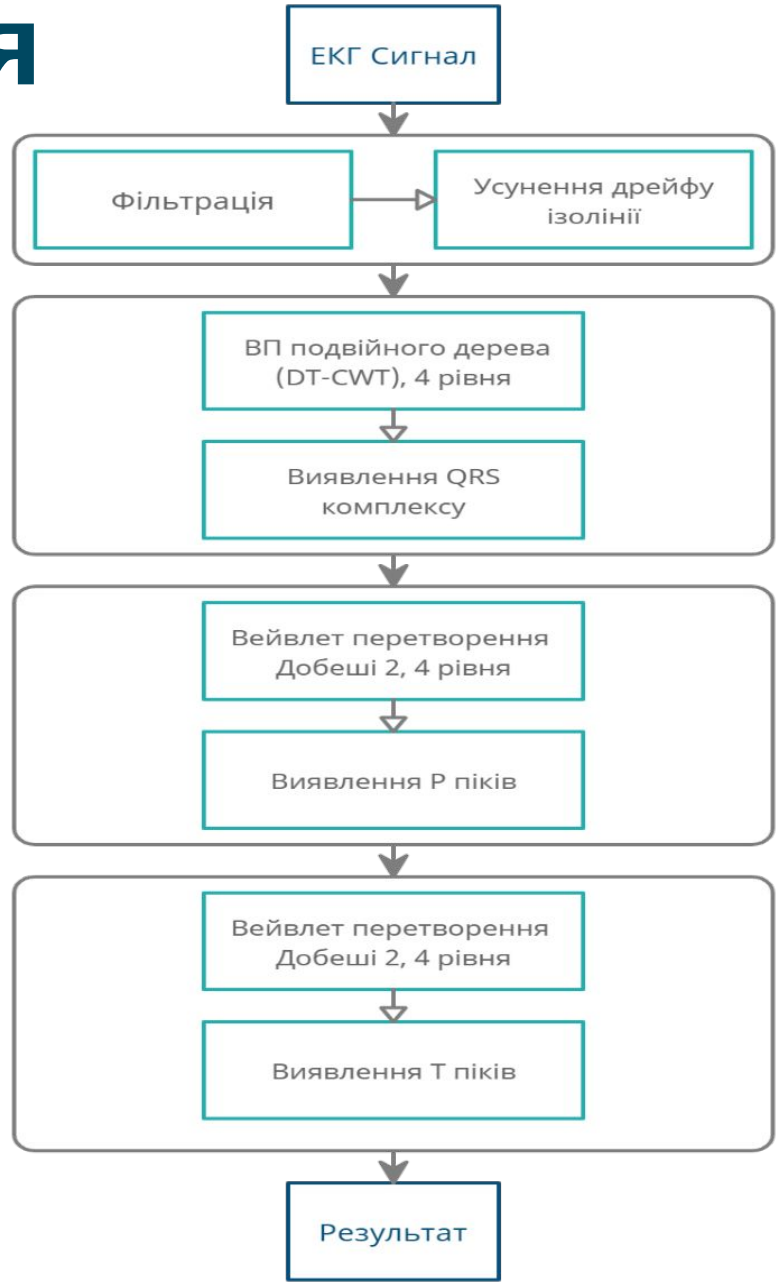
if $|M| > |m|$ **then**

$L(R_i) \leftarrow i$

else

$L(R_i) \leftarrow j$

end if



Принципова схема аналізу

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Розділ 3. Практичне застосування розробленого методу і аналіз його ефективності

- 3.1. Опис експериментів по делінеації сигналу ЕКГ
- 3.2. Середовище розробки та розроблена програма з методом

3.1. Опис експериментів по делінеації сигналу ЕКГ

Загальноприйнятим способом оцінювання якості та точності методу делінеації сигналу ЕКГ є порівняння результатів його роботи з анотаціями, виконаними кваліфікованими кардіологами. Результати в анотаціях приймаються за 100% достовірні, тому на основі їх порівняння з результатами роботи алгоритму і визначається ефективність алгоритму.

*Для оцінювання якості роботи методу виявлення використовувалися два показники: чутливість (**Se**) і прогностичність позитивного результату (P^+).*

*Дослідженню піддавалися записи цифрових сигналів ЕКГ бази даних **MIT-BIH** та **LBNP**.*

$$Se = \frac{TP}{TP + FN} \cdot 100\%.$$

$$P^+ = \frac{TP}{TP + FP} \cdot 100\%.$$

Національний університет водного господарства та природокористування

3.1. Опис експериментів по делінеації сигналу ЕКГ

Оцінка ефективності реалізованого методу виявлення ЕКГ при виявленні зубця P для набору даних LBNP

Стадія	Цикли	TP	FP	FN	Error	%Se	%P⁺
1	32224	32192	34	32	0,2	99,90	99,89
2	27407	27388	29	19	0,175	99,93	99,89
3	29710	29681	15	29	0,148	99,90	99,94
4	32531	32503	23	28	0,157	99,91	99,93
5	27872	27831	42	41	0,297	99,85	99,84
6	15711	15692	24	19	0,273	99,88	99,85
7	6501	6481	19	20	0,599	99,69	99,71
8	1582	1568	13	14	1,7	99,12	99,18
Середнє					**0,4436**	**99,77**	**99,78**

Оцінка ефективності реалізованого методу виявлення ЕКГ при виявленні зубця T для набору даних LBNP

Стадія	Цикли	TP	FP	FN	Error	%Se	%P⁺
1	32224	32190	34	34	0,2	99,89	99,89
2	27407	27386	29	21	0,18	99,92	99,89
3	29710	29680	15	30	0,15	99,89	99,95
4	32531	32500	23	31	0,16	99,90	99,93
5	27872	27829	42	43	0,3	99,85	99,84
6	15711	15694	24	17	0,26	99,89	99,85
7	6501	6477	19	24	0,66	99,63	99,71
8	1582	1565	13	17	1,89	98,93	99,17
Середнє					**0,475**	**99,74**	**99,78**

Оцінка ефективності реалізованого методу виявлення ЕКГ при виявленні хвилі QRS-комплексу для набору даних LBNP

Стадія	Цикли	TP	FP	FN	Error	%Se	%P⁺
1	32224	32206	17	18	0,1	99,95	99,94
2	27407	27391	19	16	0,12	99,94	99,93
3	29710	29695	13	15	0,09	99,95	99,95
4	32531	32514	23	17	0,12	99,94	99,92
5	27872	27855	16	17	0,11	99,93	99,94
6	15711	15698	14	13	0,17	99,91	99,91
7	6501	6490	16	11	0,04	99,83	99,75
8	1582	1579	8	3	0,07	99,81	99,50
Середнє					**0,103**	**99,91**	**99,86**

$$P^{+} = \frac{TP}{TP + FP} \cdot 100\%. \qquad Se = \frac{TP}{TP + FN} \cdot 100\%.$$

Національний університет водного господарства та природокористування

3.1. Опис експериментів по делінеації сигналу ЕКГ

Як зазначалося раніше, література зосереджена в основному на виявленні QRS-комплексу, оскільки його легко виявити через його високу амплітуду, порівняну з оточуючими хвилями. Тому порівняння проводяться між точністю виявлення QRS за допомогою розробленого алгоритму, та між іншими широко використовуваними методами у літературі.

Порівняння виявлення QRS-комплексу між реалізованим методом виявлення QRS та іншими важливими методами для набору даних MIT-BIH

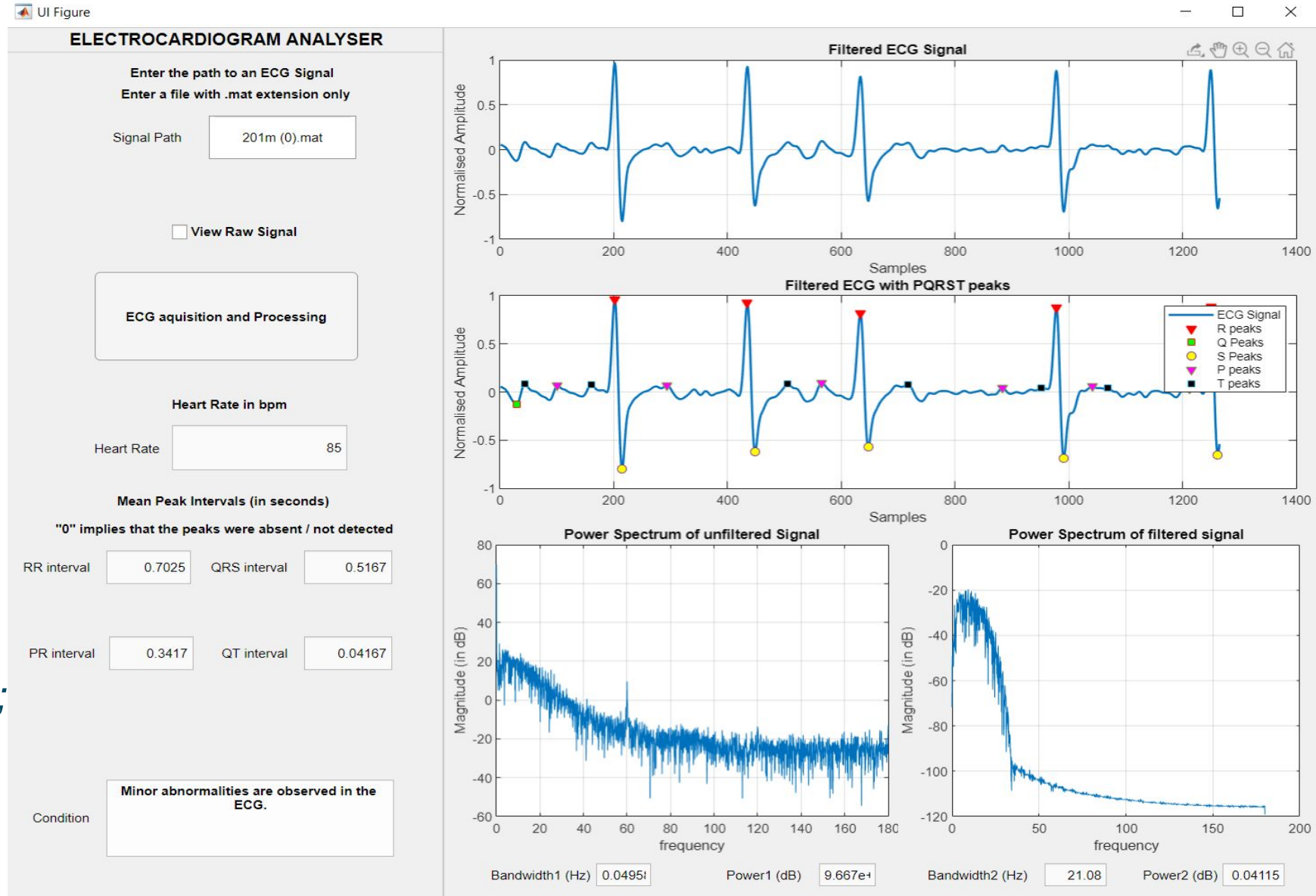
Метод	FP	FN	Error	%Se	%P□
Ця робота	31	39	0,07	99,96	99,97
Martenz та ін.[29]	153	220	0,34	99,80	99,86
Pan та ін.[31]	507	277	0,71	99,75	99,54
Li та ін.[28]	65	112	0,17	99,89	99,94
Botter та ін.[30]	204	213	0,38	99,81	99,80
Ghatol та ін.[26]	160	213	0,39	99,80	99,85

3.2. Середовище розробки та розроблена програма з методом

Національний університет водного господарства та природокористування

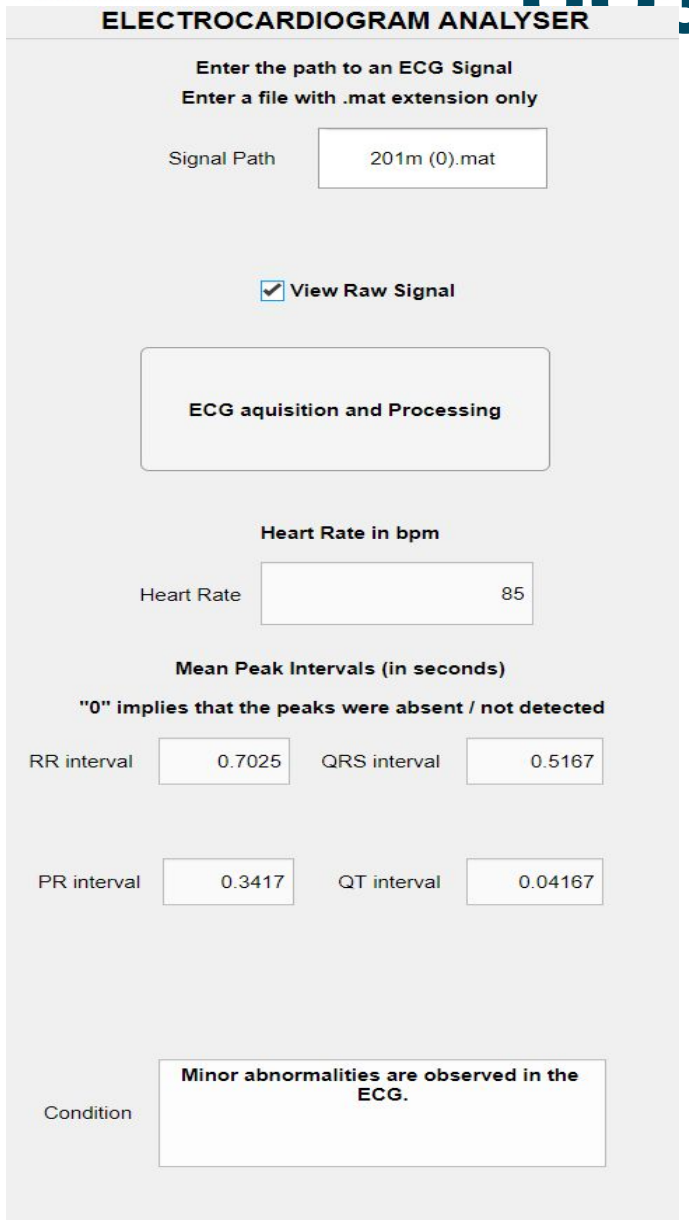
Доцільності використання інструментарію MATLAB для роботи з вейвлет-перетворенням та реалізацією методу зміщень PQRST піків досягається з областів застосування системи MATLAB:

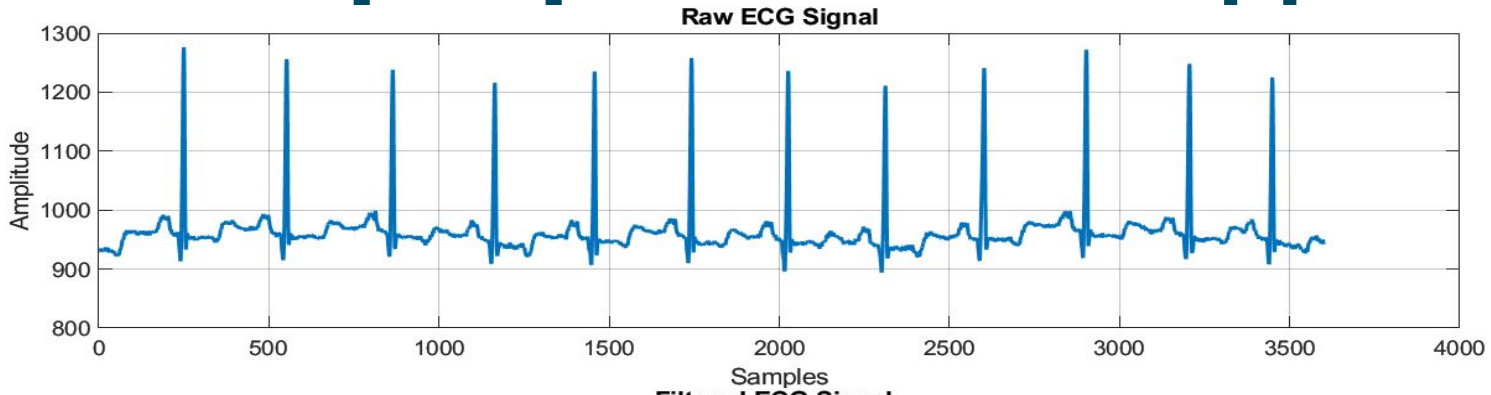
- *математика та обчислення;*
- *розробка алгоритмів;*
- *обчислювальний експеримент, імітаційне моделювання;*
- *аналіз даних, дослідження та візуалізація результатів;*
- *наукова та інженерна графіка;*
- *розробка додатків, включаючи графічний*

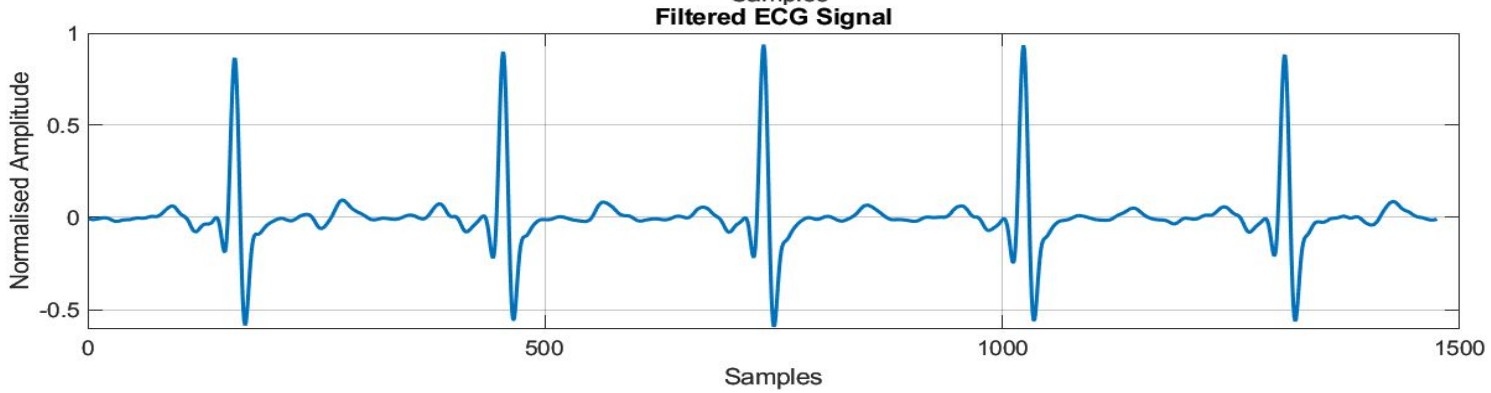


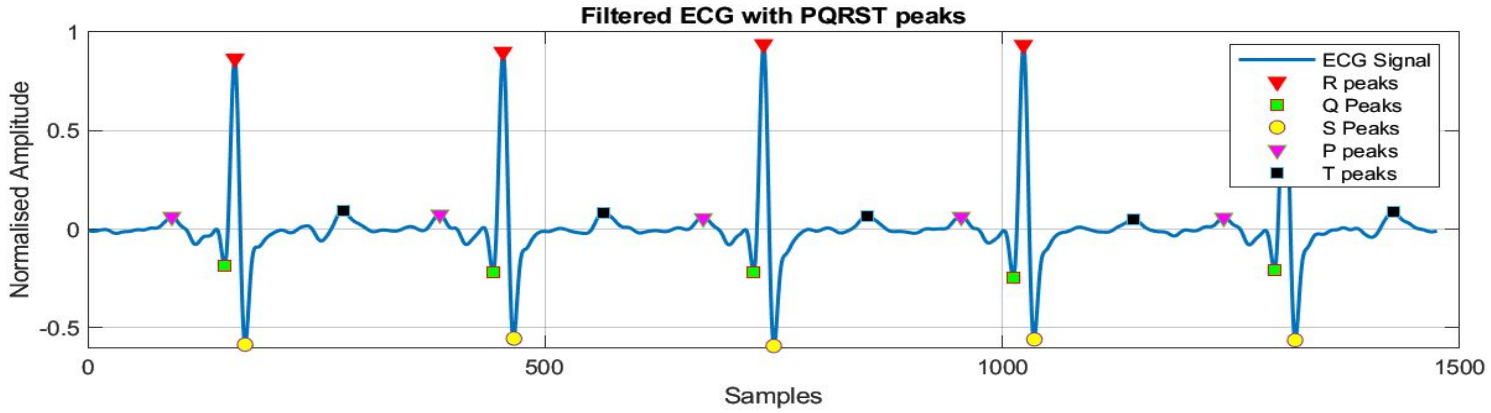
3.2. Середовище розробки та розроблена програма з методом

Національний університет водного господарства та природокористування









Висновки

У цій роботі представлено аналіз ЕКГ на основі створеного методу для компонентів P, QRS і T. Оскільки комплексна хвиля QRS, а зубці P і T мають різну форму, для виявлення використовувалися два різних материнських вейвлета. Алгоритм використовував Комплексне ВП подвійного дерева (DT-CWT) на 4 рівні перетворення, як материнського вейвлета для виявлення QRS-комплексу, а Добеші 2-го порядку (db2) для виявлення зубців P і T.

Розкладання ЕКГ-сигналу здійснювалося за допомогою банку фільтрів на 4 рівні. Згідно з даними делінеації сигналу, виявляється, що запропонований метод досягає не тільки високу точністю визначення компонентів ЕКГ, але й є простим і легким у реалізації. Також на основі запропонованого методу можна легко виміряти інші важливі характеристики сигналів ЕКГ, такі як тривалість PR, PQ, RR і сегмент ST, що були виявленні в створеній програмі. Крім того, було виявлено, що запропонований метод виявлення хвилі ЕКГ є надійним у широкому

Дякую за увагу!