

Національний авіаційний університет
Навчально-науковий інститут інформаційно-діагностичних систем
Кафедра біокібернетики та аерокосмічної медицини

Дипломна робота

на тему:

**«Автоматизація процесу ідентифікації артефактів
електроенцефалографічного сигналу»**

Виконала: студентка групи БМ – 662

Драч Олена Анатоліївна

Керівник:

д.т.н., проф., Кузовик В'ячеслав Данилович

Проблема: артефакти, які присутні в електроенцефалограмі перешкоджають встановленню коректного діагнозу, що в подальшому призводить до невірної лікування. Враховуючи, що сучасне програмне забезпечення для ідентифікації артефактів розпізнає тільки 60% з усіх наявних артефактів на електроенцефалограмі, програмне забезпечення для ідентифікації артефактів потребує вдосконалення.

Мета: розробити програмне забезпечення для нейрофізіолога, яке завдяки ідентифікації фізіологічних артефактів морганія в електроенцефалографічних сигналах дозволить зменшити встановлення некоректного діагнозу досліджуваному.

Для досягнення поставленої мети сформовано такі задачі:

1. Дослідження особливостей інформаційного поля електроенцефалографічного сигналу ;
2. Дослідження методів обробки та аналізу електроенцефалограм;
3. Розробка методу ідентифікації артефактів електроенцефалографічного сигналу;
4. Планування та реалізація експерименту;
5. Обробка результатів експериментальних досліджень;
6. Розробка програмного забезпечення для ідентифікації артефактів електроенцефалографічного сигналу.

Об'єкт дослідження: процес обробки електроенцефалографічних досліджень

Предмет дослідження: ідентифікація артефактів електроенцефалографічних досліджень.

Актуальність

До найпоширеніших хвороб в Україні належать неврологічні, поширеність яких, на жаль, значно зросла в останні роки, що є однією з основних причин інвалідизації та смертності населення України. У 2016 році в Україні зареєстровано понад 10 млн. осіб з неврологічними захворюваннями, тобто понад 20% населення України.

Основним методом дослідження і діагностики стану роботи центральної нервової системи є метод аналізу біоелектричної активності мозку.

Ця проблема є нагальною і потребує вирішення тому що, сучасне програмне забезпечення для ідентифікації артефактів розпізнає тільки близько 60% з усіх наявних на електроенцефалограмі, а деякі різновиди фізіологічних артефактів, наприклад, артефакт моргання не ідентифікує без додаткового знімання електроокулограми.



Характеристика електроенцефалографічного сигналу

	Частота	Стан людини
Альфа-ритм	8-13 Гц	Найбільшу амплітуду альфа-ритм має в стані спокою, розслаблення, неспання, особливо при закритих очах.
Бета-ритм	14-35 (в нормі не більше 15) Гц	Бета-ритм часто пов'язаний з неспокійними і метушливими роздумами і активною концентрацією уваги.
Тета-ритм	4-8 Гц	Проявляється в період засинання.
Дельта-ритм	0,5-4 Гц	Присутній у фазі повільного сну.

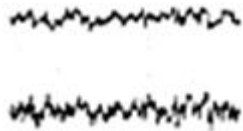

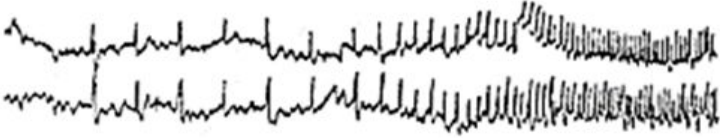
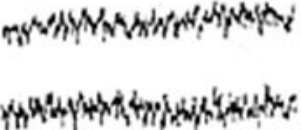
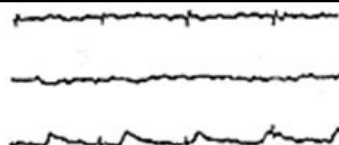

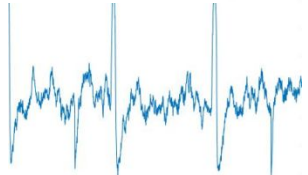
Додатково до основного потиличному альфа-ритму в нормі присутні ще кілька його нормальних варіантів: мю-ритм (μ -ритм) і скроневі ритми - каппа і тау-ритми (κ і τ -ритми). Альфа-ритми можуть виникати і в патологічних ситуаціях.

Артефакти при електроенцефалографічних дослідженнях

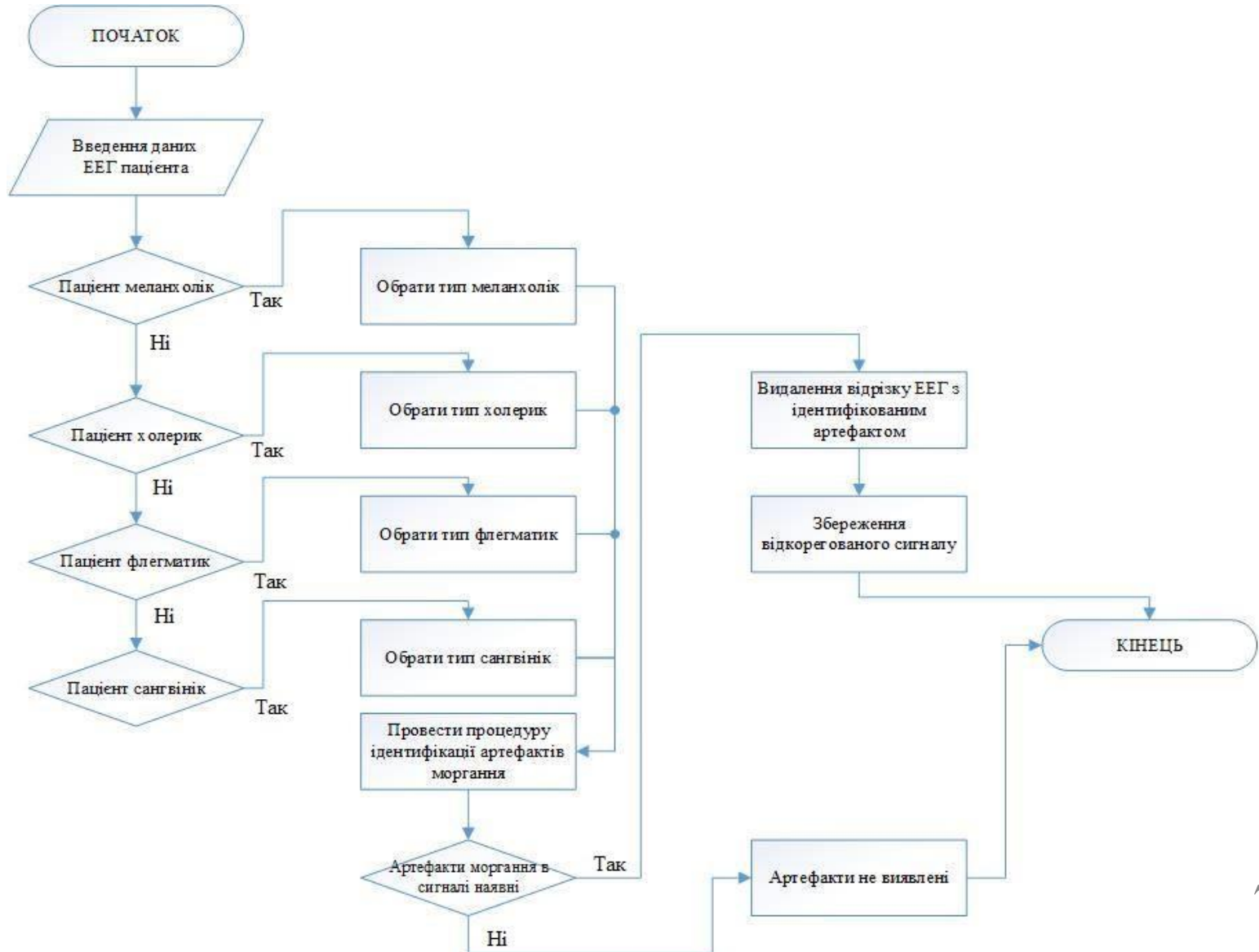
Артефакти на ЕЕГ можна розділити за походженням на дві великі групи: фізичні та біологічні (фізіологічні) артефакти.

Фізичні артефакти	Біологічні (фізіологічні) артефакти
<ul style="list-style-type: none">- поява промислової частоти 50, або рідше, 100 Гц;- реєстрація великих нерегулярних потенціалів;- плавні зміщення середньої лінії запису.	<ul style="list-style-type: none">- м'язових потенціалів (електроміограма);- потенціалів м'язів і провідної системи серця (ЕКГ);- потенціалів, пов'язаних з рухом очей (електроокулограма);- потенціалів, пов'язаних з ковтальними рухами;- шкірно-гальванічний рефлекс;- артефакт моргання.

Приклади артефактів

Зображення артефакту	Назва артефакту
	мережева перешкода 50 Гц в нижньому каналі
	артефакт руху електрода в нижньому каналі
	наводка від лампи фотостимулятора зі змінною частотою
	артефакт електроміограми
	артефакт ЕКГ
	артефакт ковтального руху
	артефакт моргання

Розробка алгоритму обробки електроенцефалографічних сигналів



Формалізація процесу ідентифікації артефактів

● Завдяки тому, що відомо яка частота дискретизації сигналу, використано наступні формули для створення часового масиву електроенцефалограми:

$$t_n = \{0 \dots 1/F_s \dots n/F_s\},$$

де F_s — частота дискретизації сигналу, n — довжина сигналу.

Усереднення сигналів артефактів реалізовано за наступною формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

де n — кількість сигналів для усереднення.

Для розрахунку коефіцієнта взаємної кореляції фонового та перехідного процесу, щоб ідентифікувати артефакт, було використано віконний зсув та формулу взаємкореляції Пірсона:

$$R_{XY}(\tau) = \frac{\sum((x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\sum((x_i - \bar{x})^2 \cdot (y_i - \bar{y})^2)}},$$

де x_i — відліки першого сигналу (фонового), y_i — відліки другого сигналу (артефакту), \bar{x} — середнє арифметичне відліків першого сигналу (фонового), \bar{y} — середнє арифметичне відліків другого сигналу (артефакту).

Таким чином, було отримано кількісне значення коефіцієнту кореляції. Тобто для того, щоб з високою вірогідністю сказати, що в фоновому сигналі ідентифіковано артефактний сигнал обрано величину коефіцієнта кореляції $R_x > 0,9$.

Розрахунок ефективності процесу ідентифікації артефактів

● Для того, щоб перевірити ефективність розробленого програмного продукту було вирішено підрахувати фактичну кількість артефактів в електроенцефалографічному сигналі та скласти відношення із ідентифікованою кількістю артефактів, тобто провести валідацію результатів, що можна описати формулою:

$$Effect = \frac{N_{\text{идент}}}{N_{\text{факт}}} * 100,$$

Для математичного опису ідеального сигналу артефакту, який ідентифікується в фоновому сигналі, створено підпрограму для побудови регресійної моделі за допомогою системи поліномів n-го ступеня.

$$Y_{pp}^{(n)}(t) = p_{11}t^n + p_{12}t^{n-1} + \dots + p_{1n}t + p_{1n+1},$$

тобто розраховується поліном, який має найменше відхилення від заданих даних у тому сенсі, що сума квадратів відстаней від точок (x_i, y_i) до $(x_i, p^{(n)}(x_i))$ буде мінімальною.

Вплив психотипу на електроенцефалограму

Виявлення психотипу людини дозволить групувати подальші дослідження в більш вузьку вибірку, а значить і підвищити якість експериментального дослідження.

В запропонованій методиці пропонується визначати такі початкові параметри для створення карти пацієнта:

1. Стать людини та вікова приналежність.

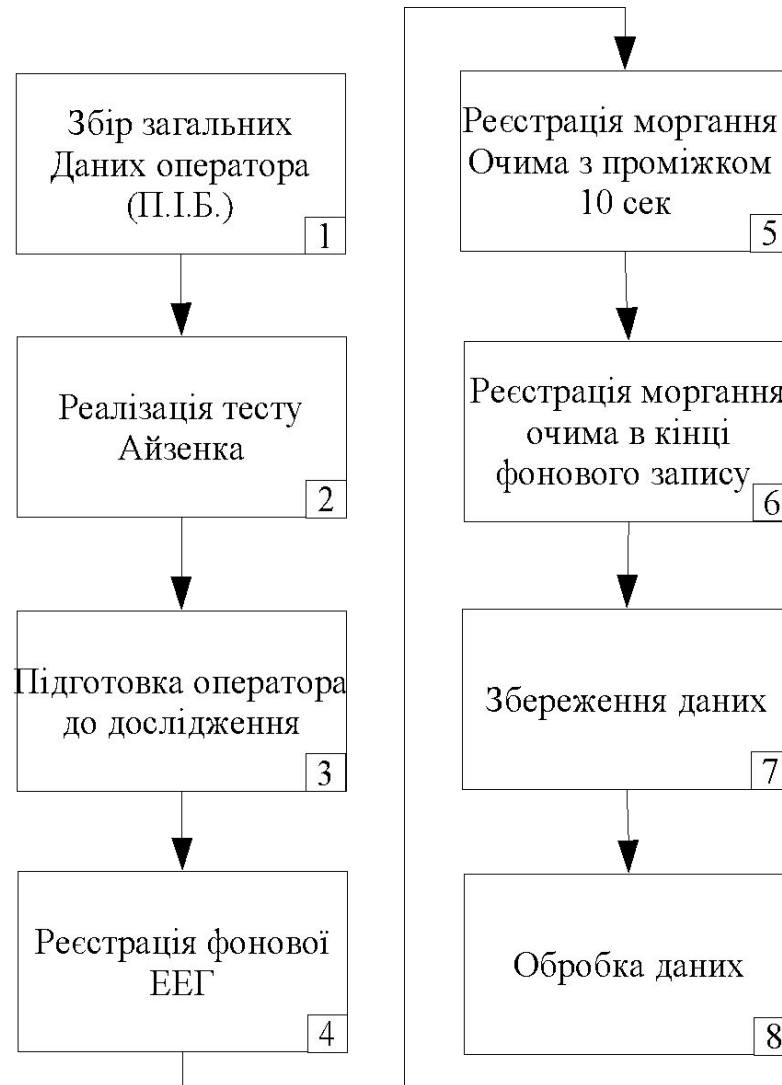
2. Місце народження. Географічна місцевість, та соціальні звички мають певний вплив на встановлення індивіда, на розвиток організму та як висновок вплив на ЕЕГ.

3. Соціальна зайнятість. Можливі чотири варіанти: розумова діяльність, фізична діяльність, розумово-фізична діяльність та інший вид діяльності.

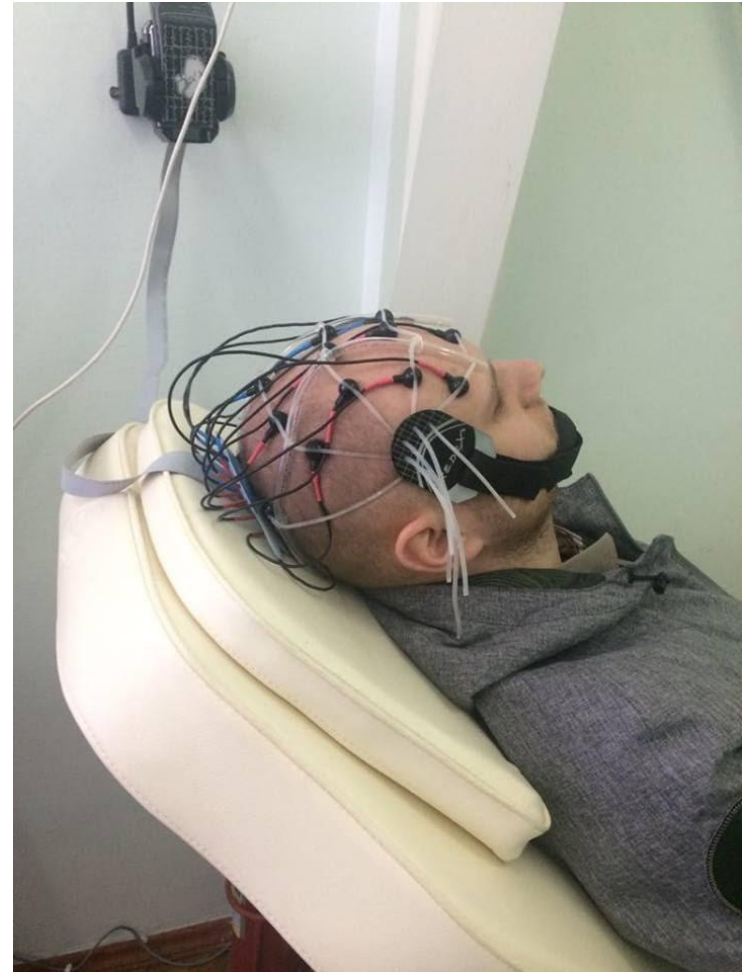
4. Фізична форма оператора. Сильна фізична форма оператора говорить про його схильність до активного способу життя та слідкування за своїм здоров'ям.

Для забезпечення якісного збору даних електроенцефалограми для подальшої побудови моделі сигналів артефактів моргання пропонується реалізовувати класифікацію операторів за типом темпераменту. Такий підхід можна реалізувати на основі тесту Айзенка.

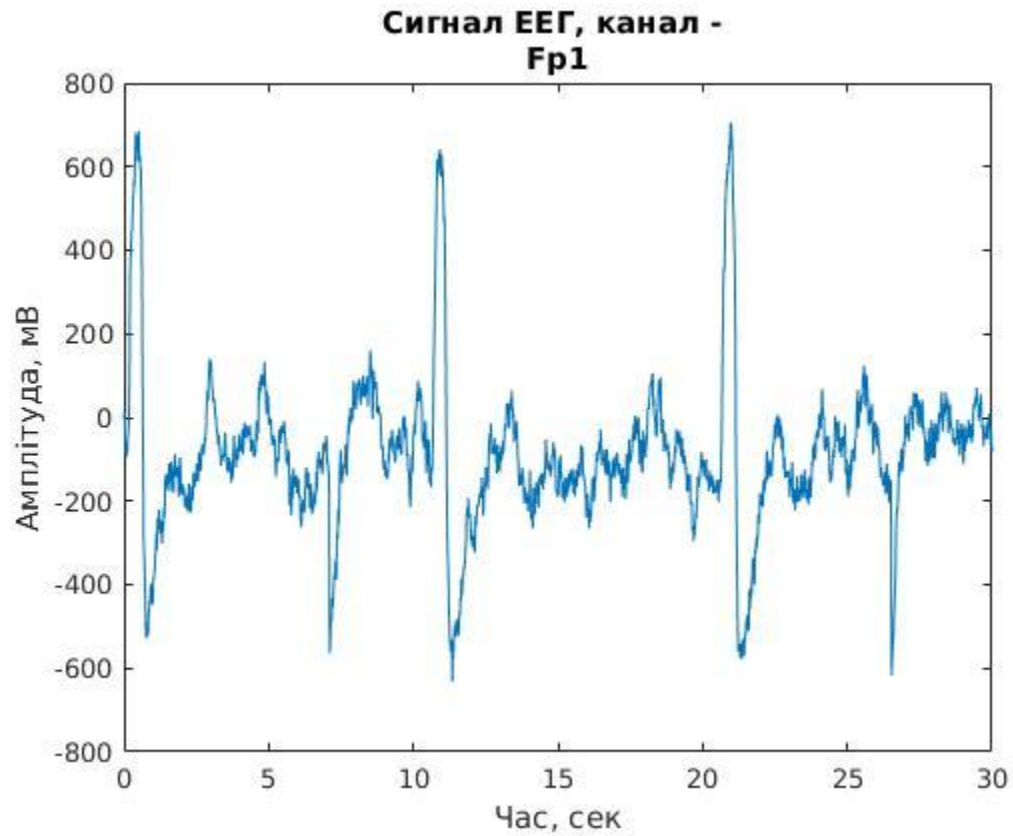
Планування та реалізація експерименту



Реєстрація ЕЕГ за системою «10-20»

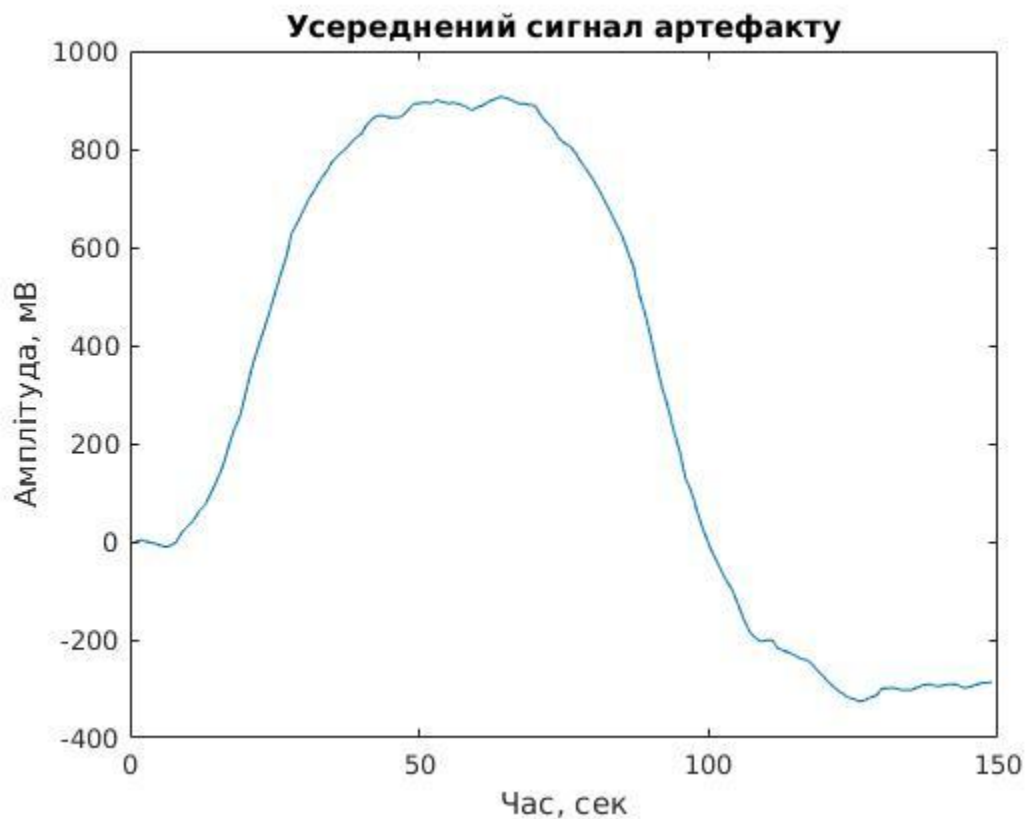


Приклад електроенцефалографічного сигналу з морганням людини



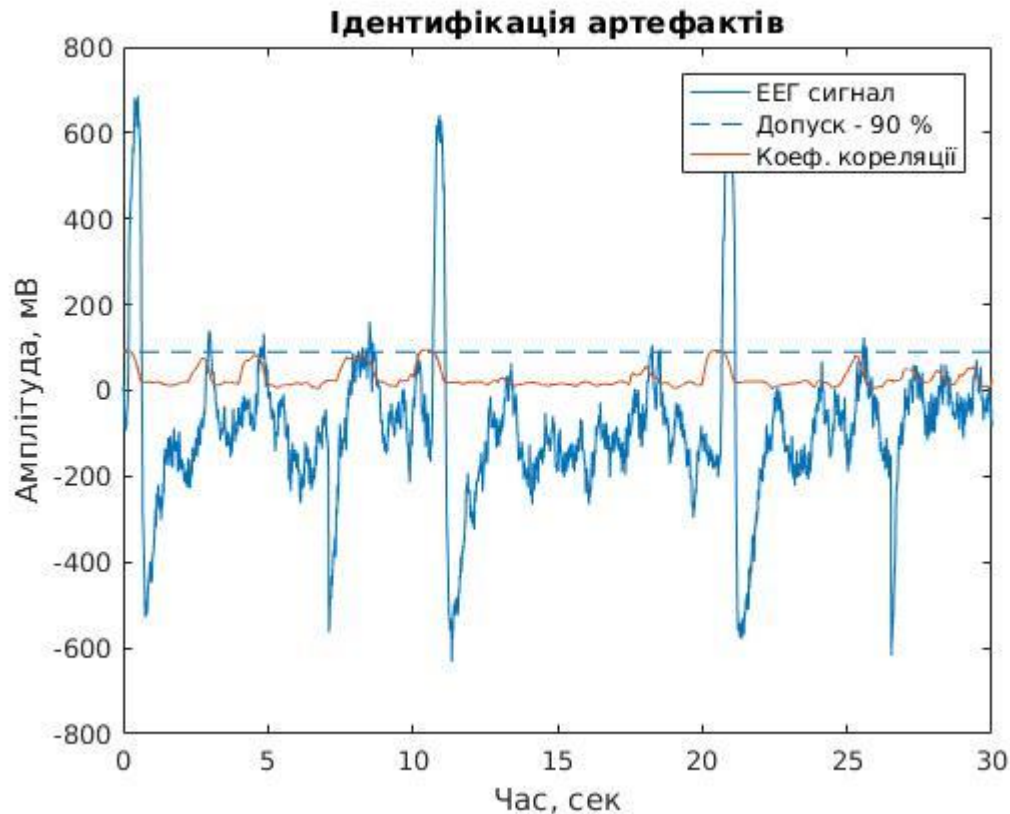
Усередненні значення артефакту морганія

На основі вище перерахованих формул було розраховано усереднене значення артефакту морганія по кожному із каналів електроенцефалограми.



Приклад ідентифікації артефакту в електроенцефалограмі

Були розраховані коефіцієнти кореляції при зміщенні визначеного усередненого сигналу моргання оператора. На основі отриманих результатів побудовано графік ідентифікації артефактів на електроенцефалограмі. З рисунку видно, що коефіцієнт кореляції перетинає обраний допуск 0,9 саме в момент виникнення артефакту.



Ефективність розробленого програмного продукту

Для перевірки ефективності розробленого програмного продукту підраховано кількість артефактів в кожному із каналів електроенцефалограми та кількість артефактів знайденими на основі програмного продукту, результат чого представлено в таблиці.

	Канал електроенцефалограми															
	Fp1	Fp2	F3	F4	F7	F8	T3	T4	C3	C4	T5	T6	P3	P4	O1	O2
Кількість артефактів	17	17	17	17	17	9	7	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Кількість ідентифікованих артефактів	16	16	16	17	17	9	7	17	17	18	16	16	16	16	17	17

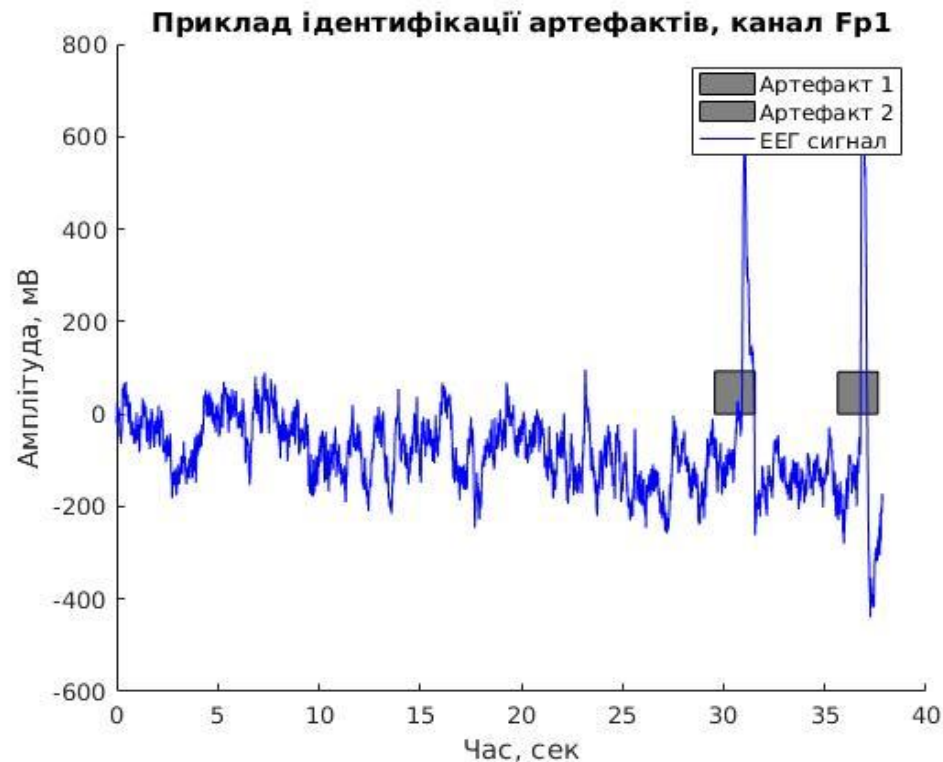
На основі зведених даних з таблиці та формули розраховано ефективність розробленого програмного продукту:

$$Effect = \frac{248}{254} * 100 = 97\%.$$

Таким чином, створено ефективний алгоритм ідентифікації артефактів електроенцефалограми, який має ефективність ідентифікації артефактів морганья 97%.

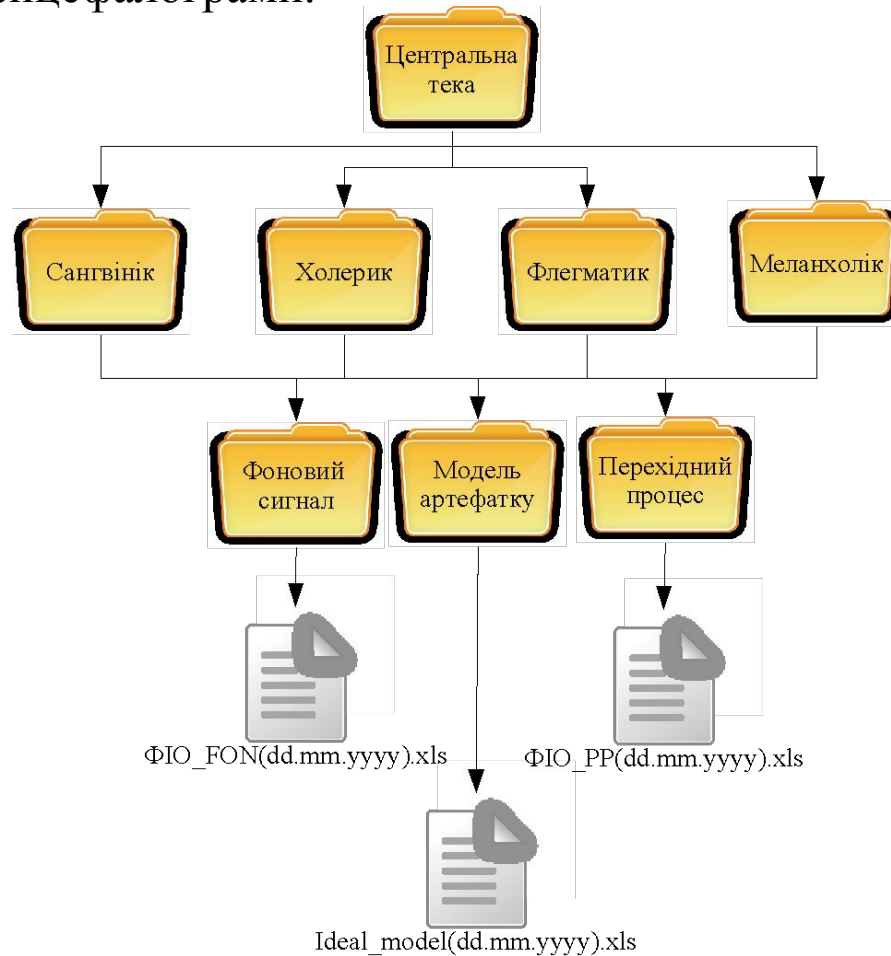
Приклад ідентифікації артефактів

Для перевірки роботи розробленого програмного забезпечення було реалізовано повторні експериментальні записи електроенцефалограми, де випадково було створено артефакти моргання.



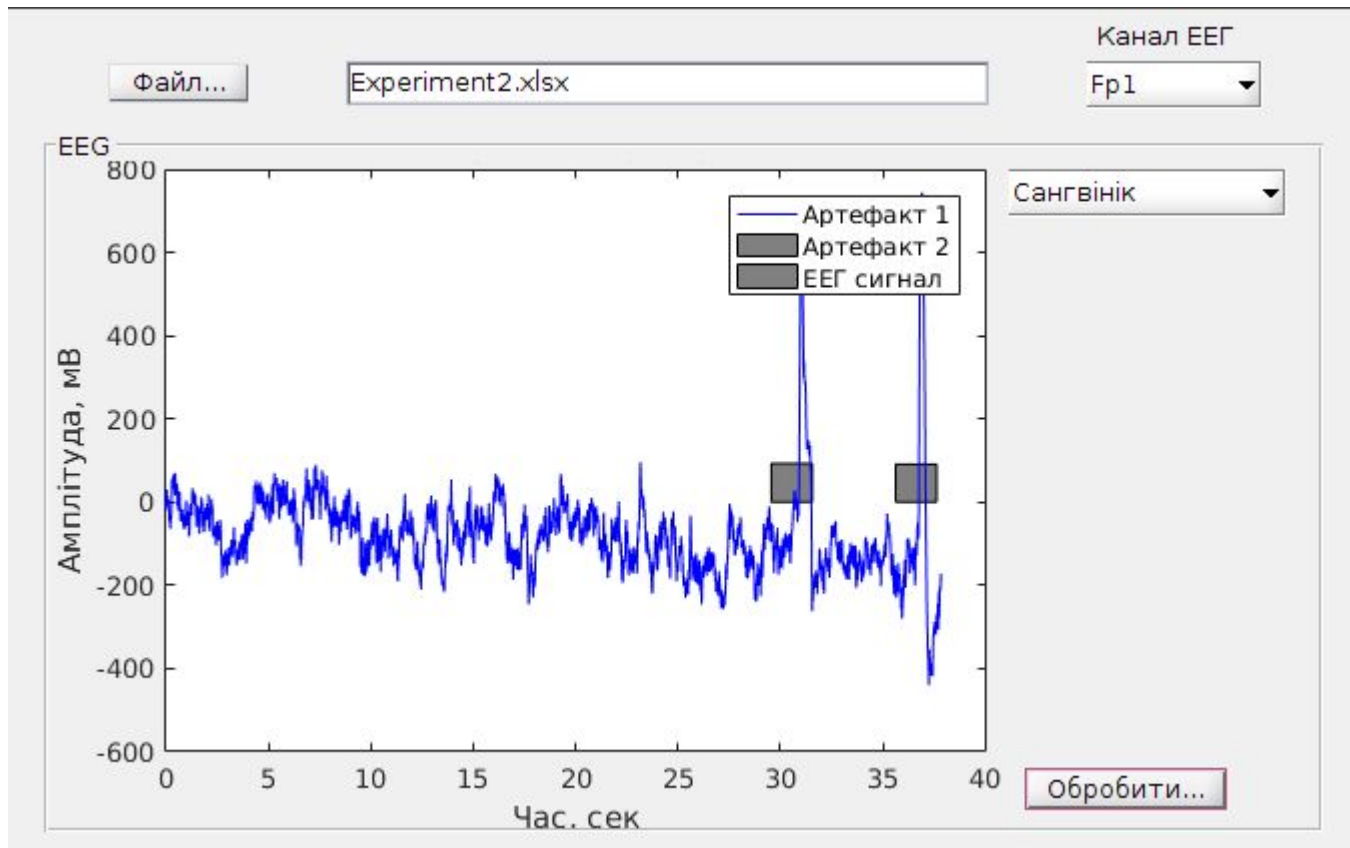
Ієрархія збереження

Для роботи ПЗ створено ієрархію тек, які враховують класифікацію операторів за типом темпераменту та реєстрацією їх фонових та перехідних процесів електроенцефалограми.



Графічний інтерфейс ПЗ

Для реалізації перевірки роботи розробленого ПЗ створено графічний інтерфейс для завантаження та ідентифікації артефактів моргання, який працює на основі змодельованих сигналів моргання ЕЕГ.



Апробація магістерського дослідження

Результати магістерської роботи були апробовані на практично-науковій конференції студентів та молодих вчених «Політ- 2018 Сучасні проблеми науки».



Висновки

- ❖ У ході роботи було проведено ретельний аналіз факторів, що впливають на виникнення артефактів. Розглянуто методи аналізу та ідентифікації артефактів електроенцефалографічного сигналу. На основі цього розроблено алгоритм обробки електроенцефалографічних сигналів.
- ❖ Створено програмне забезпечення для нейрофізіолога, яке завдяки ідентифікації фізіологічних артефактів моргання в електроенцефалографічних сигналах дозволить зменшити встановлення некоректного діагнозу досліджуваному.
- ❖ На основі зведених даних розраховано ефективність розробленого програмного продукту, яка становить 97%. Для перевірки роботи розробленого програмного забезпечення було реалізовано повторні експериментальні записи електроенцефалограми, де випадково було створено артефакти моргання.

Дякую за увагу!