

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: Розробка інформаційної системи для діагностування тремору з
використанням графічного планшету

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

(підпис)

Осійчук І. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Фриз М. Є.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Готович В. А.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Луцик Н. С.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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

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

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 28 » 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 Осійчуку Івану Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка інформаційної системи для діагностування тремору з використанням графічного планшета

Керівник роботи Фриз Михайло Євгенович, 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 27 травня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про діагностику тремору з використанням графічного планшета та тремор, веб-ресурси про графічні планшети, документація до JPen

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

Вступ. 1 Огляд тремору як складової розладів руху та методів його діагностики. 2 Діагностика тремору з використанням графічного планшета. 3 Створення програмного забезпечення для запису рухів та аналіз отриманих даних. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновок. Список використаних джерел. Додатки

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

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Актуальність дослідження. 4 Різновиди розладів руху. 5 Задачі дослідження. 6 Методи діагностики. 7 Спіраль Архімеда. 8 Графічний планшет. 9 Процедура тестування. 10 Програмна складова. 11 Технології. 12 Запис рухів. 13 Програмна реалізація. 14 Графічний інтерфейс. 15 Огляд отриманих даних. 16 Проблема дублювання часових міток. 17 Аналіз часових груп. 18 Візуалізація даних. 19 Розгортання спіралі. 20 Визначення відхилення. 21 Частота рухів. 22 Загальна діаграма аналізу. 23 Висновок. 24 Завершальний слайд.

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	04.12.2023	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про тремор, діагностику тремору та графічний планшет	15.12.2023-31.11.2023	Виконано
3.	Опрацювання наукових публікацій та збір даних по діагностуванні тремору з використанням графічного планшету	15.01.2024-25.02.2024	Виконано
4.	Виконання дослідження згідно ефективності підходу діагностування тремору з використанням графічного планшету	26.02.2024-07.04.2024	Виконано
5.	Оформлення розділу «Огляд тремору як складової розладів руху та методів його діагностики»	15.04.2024-18.04.2024	Виконано
6.	Оформлення розділу «Діагностування тремору з використанням графічного планшету»	19.04.2024-25.04.2024	Виконано
7.	Оформлення розділу «Створення програмного забезпечення для запису рухів та аналіз отриманих даних»	26.04.2024-02.05.2024	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	03.05.2024-07.05.2024	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	08.05.2024-10.05.2024	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	11.05.2024-14.05.2024	Виконано
11.	Нормоконтроль	15.05.2024-16.05.2024	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	17.05.2024	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	21.05.2024	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	30.05.2024	

Студент

(підпис)

Осійчук І. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Фриз М. Є.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Розробка інформаційної системи для діагностування тремору з використанням графічного планшета // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Осійчук Іван Васильович // 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. 77, рис. – 24, табл. – 1, кресл. – 24, додат. – 4, бібліогр. – 51.

Ключові слова: діагностика тремору, дигітайзер, графічний планшет, інформаційна система, реєстрація рухів, аналіз спіралі, java-застосунок.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка інформаційної системи для діагностування тремору з використанням графічного планшета і присвячена розгляду проблем, що виникають у процесі розробки та його особливостей.

В першому розділі кваліфікаційної роботи описано тремор як прояв різних розладів руху. Висвітлено відмінності між цими розладами, розглянуто існуючі способи дослідження тремору, Проаналізовано ефективність використання тесту з малювання для діагностики різних проявів тремору.

В другому розділі кваліфікаційної роботи досліджено особливості застосування графічного планшета для діагностики тремору. Подано переваги і недоліки цього методу, обмеження, що існують при його використанні.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано розробку прототипу для реєстрації рухів з використанням Java та бібліотеки JPen. Проаналізовано вимоги для такого забезпечення. Проведено аналіз отриманих даних з відповідними графіками та результатами.

Об'єктом дослідження є процес діагностування тремору з використанням графічного планшета.

Предметом дослідження виступає алгоритм реєстрації, моделі та методи опрацювання даних, отриманих з графічного планшета у системі діагностування тремору.

ANNOTATION

Developing an information system to diagnose tremor using a graphic tablet // The educational level "Master" qualification work // Osiichuk Ivan Vasylovych // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNnm-61 group // Ternopil, 2024 // P. 77, fig. – 24, tables – 1, posters – 24, annexes – 4, ref. – 51.

Key words: tremor diagnosing, digitizer, graphics tablet, informational system, motion capture, spiral analysis, java-application.

The purpose of the qualification work is the developing an information system to diagnose tremor using a graphic tablet and is devoted to the problems encountered in the development process and its features.

The first chapter of the qualification work describes tremor as a manifestation of various movement disorders. The differences between these disorders are highlighted, the existing methods of studying tremor are considered, and the effectiveness of using a drawing test to diagnose various manifestations of tremor, including essential tremor and Parkinson's disease, is analyzed.

The second chapter of the qualification work investigates the peculiarities of using a graphic tablet for the diagnosis of tremor. The advantages and disadvantages of this method and the limitations of its use are presented.

The third chapter of the qualification work describes the development of a prototype for motion registration using Java and the JPen library. The requirements for such software are analyzed. The analysis of the obtained data with the corresponding graphs and results is carried out.

The object of research is the process of diagnosing tremor using a graphic tablet.

The subject of the study is the algorithm of registration, models and methods of processing data collected from the graphic tablet in the system of tremor diagnosis.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Дигітайзер (англ. digitizer) – графічний планшет.

ЕТ – есенціальний тремор.

НС – надзвичайна ситуація.

ОГД – об’єкт господарської діяльності.

ОС – операційна система.

ХП – хвороба Паркінсона.

ЦЗ – цивільний захист.

API (англ. Application Programming Interface) – прикладний програмний інтерфейс.

AWT (англ. Abstract Window Toolkit) – абстрактний віконний інтерфейс.

DLL (англ. Dynamic-link Library) – динамічно-приєднувана бібліотека.

EMD (англ. Empirical Mode Decomposition) – емпірична модова декомпозиція.

GUI (англ. Graphical User Interface) – графічний інтерфейс користувача.

JPen – Java pen library.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ТРЕМОРУ ЯК СКЛАДОВОЇ РОЗЛАДІВ РУХУ ТА МЕТОДІВ ЙОГО ДІАГНОСТИКИ	10
1.1 Визначення тремору.....	10
1.2 Різновиди розладів руху	11
1.3 Способи дослідження тремору	15
1.4 Використання тесту з малювання для виявлення тремору.....	20
1.5 Висновок до першого розділу	24
2 ДІАГНОСТУВАННЯ ТРЕМОРУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІЧНОГО ПЛАНШЕТУ	25
2.1 Графічний планшет та його характеристики.....	25
2.2 Діагностування з використанням графічного планшету	29
2.3 Аналіз отриманих даних.....	32
2.4 Оцінка отриманих даних	37
2.5 Висновок до другого розділу	40
3 СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗАПISУ РУХІВ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ ДАНИХ	42
3.1 Вимоги до програмного забезпечення для реєстрації рухів	42
3.2 Опис технологій для створення системи реєстрації рухів.....	43
3.2.1 Бібліотека роботи з вводом графічного планшету JPen	43
3.2.2 Опис бібліотеки JPen.....	44
3.2.3 Технічні особливості JPen	45
3.3 Огляд доступних для запису даних	49
3.4 Прототип програми для запису рухів.....	50
3.5 Огляд даних, отриманих з допомогою прототипу	52
3.5.1 Формат файлу з даними	52
3.5.2 Аналіз груп з однаковою часовою міткою	54
3.6 Аналіз отриманих даних.....	56
3.7 Висновок до третього розділу.....	63

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
4.1 Підвищення стійкості роботи промислових підприємств у воєнний час	64
4.2 Заходи, що покращують умови праці оператора.....	68
4.3 Значення автоматизації виробничих процесів в питаннях охорони праці	69
4.4 Висновок до четвертого розділу	71
ВИСНОВОК.....	72
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	74
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження діагностики різних хвороб є актуальним і важливим питанням. У період розвитку нових технологій відкриваються нові можливості для діагностики хвороб. Розлади рухів є актуальною проблемою для великої кількості людей, спільною складовою таких розладів є тремор, його вивчення є корисним для пошуку причин та лікування таких проблем.

Важливу роль в науці, зокрема дослідженнях відіграють сучасні технології. Вони сильно полегшують, а іноді й роблять загалом можливим певні дослідження та обробку їх результатів. Сучасна медицина використовує різноманітні технології, такі як образне обстеження, біомаркери, сенсори для точної діагностики та постійного моніторингу стану людей.

З використанням сучасних технологій діагностика різних медичних станів стає все більш точною та ефективною. У цій роботі буде описано нові можливості діагностики тремору за допомогою графічного планшету. Графічні планшети, що були створені для малювання, тепер знаходять широке застосування і в медицині. Вони дозволяють записувати рухи пацієнтів з високою точністю, що робить їх ефективним інструментом для дослідження тремору. У роботі буде розглянуто методику використання графічного планшету для аналізу тремору, його переваги порівняно з традиційними методами та можливості використання у клінічній практиці для покращення діагностики та моніторингу цього захворювання.

Мета і задачі дослідження. Метою цієї кваліфікаційної роботи є розробка інформаційної системи для діагностики тремору з використанням графічного планшету. Для повноцінного розгляду цієї теми та реалізації системи з аналізом отриманих даних потрібно виконати певні задачі:

- Дослідити актуальні проблеми і задачі в області діагностики тремору, розглянути базу знань, доступних для цієї теми.
- Проаналізувати існуючі методи діагностики тремору, їх переваги і недоліки.
- Визначити користь використання графічного планшету для задачі діагностики тремору.

– Подати алгоритм діагностики при використанні такого методу, особливості цього процесу.

– Розробити прототип для збору даних, показати формат отриманої інформації.

– Описати аналіз отриманих даних, з демонстрацією проміжних результатів.

Об’єкт дослідження. Процес діагностування тремору з використанням графічного планшета.

Предмет дослідження. Алгоритм реєстрації, моделі та методи опрацювання даних, отриманих з графічного планшета у системі діагностування тремору.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у подальшому розвитку методу реєстрації даних з графічного планшета, який враховує часову невизначеність при ідентифікації подій графічним планшетом, що дозволило підвищити точність оцінювання моментів часу появи подій.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено прототип для збору даних при діагностиці тремору. У процесі тестування отримано дані, що проаналізовані згідно визначеного алгоритму.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати і процес проведених досліджень обговорювались на XII Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 2023 р.) та VII Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (м. Тернопіль, 2024 р.).

Публікації. Проміжні результати кваліфікаційної роботи опубліковано в чотирьох працях конференції (див. додатки А, Б, В, Д).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 51 пункту та 4 додатків. Загальних обсяг кваліфікаційної роботи складає 77 сторінок, з них 54 сторінки основного тексту, що містить 24 рисунки.

1 ОГЛЯД ТРЕМОРУ ЯК СКЛАДОВОЇ РОЗЛАДІВ РУХУ ТА МЕТОДІВ ЙОГО ДІАГНОСТИКИ

1.1 Визначення тремору

Тремор – це непередбачувані, іноді ритмічні скорочення м'язів, які можуть викликати поступальні рухи, тремтіння та дрижання різних частин тіла і тканин. Це найпоширеніший вид неконтрольованих рухів, які можуть впливати на координацію рухів у кінцівках, обличчі, голові і голосових зв'язках [1]. Одним зі специфічних видів тремору є клацання зубами, яке може виникати через низькі температури або стрес. У деяких випадках тремор може бути проявом певного неврологічного порушення або реакцією на різні подразники.

Класифікація тремору зазвичай ґрунтується на його виникненні та характеристиках:

- Тремтіння у стані спокою відзначаються при відсутності активності і спостерігаються, коли частина тіла знаходиться в абсолютному спокої, підтримуючись силою тяжіння. Під час активності цей тип тремору зазвичай мінімальний або відсутній. Його частота зазвичай становить від 3 до 6 циклів на секунду (3-6 Гц).

- Тремтіння дії найвиразніше проявляються при виконанні довільних рухів частинами тіла. Сила тремтіння може змінюватися, але завжди відзначається під час активних рухів, і частота цього типу тремору завжди менше 13 Гц. Тремор дії включає кінетичний, інтенційний і постуральний тремор.

- Кінетичні тремтіння виникають в кінці руху до досягнення мети та характеризуються низькою амплітудою.

- Тремтіння намірів відзначаються високою амплітудою та низькою частотою під час виконання рухів, і частота може збільшуватися з приближенням до мети (наприклад, під час тесту "пальця до носа"). Частота цього типу тремору зазвичай становить від 3 до 10 Гц.

- Постуральний тремор виражається найяскравіше, коли кінцівку утримують у фіксованому положенні проти сили тяжіння, наприклад, коли руки

втягнуті. Його частота зазвичай знаходиться в межах 5-8 Гц і може змінюватися залежно від позиції або завдань.

Повний і ретельний неврологічний огляд є обов'язковим і включає в себе оцінку психічного стану, функції нервів, рухових та сенсорних можливостей, рефлексів на розтягування м'язів та функцій мозочка.

Також важливо перевірити наявність тахікардії, гіпертензії або підвищеної температури, оцінити загальний стан, включаючи наявність кахексії, рівень психомоторної активності, а також спостерігати за вираженістю міміки обличчя. Також слід провести пальпацію щитовидної залози для виявлення вузлів та збільшення її розмірів і відзначити будь-які ознаки випередження очей [2].

Крім того, важливо провести аналіз життєво важливих показників, таких як частота пульсу (тахікардія), рівень кров'яного тиску (гіпертензія) та температура тіла (лихоманка), оскільки це може бути важливими індикаторами стану пацієнта.

Загальний огляд також дозволяє виявити інші ознаки, такі як кахексія (загальне виснаження тіла), психомоторне збудження, яке може бути пов'язане з нервовими розладами. Важливо враховувати ці ознаки при діагностиці та обранні подальшого лікування.

У разі виявлення будь-яких аномалій чи підозр на патологію, лікар повинен детально дослідити ці показники та вжити необхідні заходи для подальшої діагностики і лікування. Неврологічний огляд є важливою складовою медичного діагностичного процесу для виявлення та лікування різних неврологічних захворювань та порушень здоров'я.

1.2 Різновиди розладів руху

Атаксія – це нейродегенеративне захворювання, яке впливає на мозок, стовбур мозку або спинний мозок, і може призвести до порушень координації рухів. Характерні прояви включають незграбність, неточність, нестабільність, дисбаланс, тремор та різкість рухів. Пацієнти часто можуть втрачати рівновагу і падати, і також можуть виникати проблеми з мовою та рухами очей.

У випадках, коли метаболічне порушення є основною причиною, є можливість спеціалізованого лікування. Однією з ключових терапевтичних стратегій при атаксії паркінсонізму (або паркінсонізму будь-якої природи) є прийом перорального L-DOPA. Інші ліки, що використовуються для лікування атаксії, пов'язаної з паркінсонізмом (або паркінсонізмом будь-якої природи), включають антихолінергічні препарати, агоністи дофаміну, амантадин, селегілін та ентакапон. Дітям з атаксією зазвичай призначають тільки антихолінергічні засоби.

Дистонія представляє собою неврологічний розлад м'язів, характеризуючись непередбаченими м'язовими спазмами. Вона виникає в результаті дефектуальної роботи базальних гангліїв, глибокого відділу мозку, який відповідає за контроль над координацією рухів. Ці структури мозку регулюють швидкість та гладкість рухів та запобігають небажаним рухам. У пацієнтів з дистонією можуть виникати неконтрольовані скручування, повторювані рухи або аномальні пози та положення. Це може впливати на будь-яку частину тіла, таку як руки, ноги, тулуб, повіки або голосові зв'язки. Загальна дистонія впливає на весь організм, в той час як локалізовані форми можуть впливати лише на окремі ділянки тіла, такі як шия (спастична кривошия), повіки (блефароспазм), нижня частина обличчя (синдром Мейжа) або руки (судомна письменника або дистонія кінцівок). Серйозність стану залежить від області ураження.

Хвороба Гентінгтона – це надзвичайно серйозне захворювання, яке поступово руйнує певні нервові клітини у мозку і, на жаль, призводить до смерті. Зазвичай вона розвивається у людей у віці від 35 до 50 років і прогресує протягом 10-25 років без можливості зупинки. Хвороба Хантінгтона впливає на близько одну особу з кожних 10 000 в США. У ювенільної форми хвороби, яка впливає на пацієнтів віком до 20 років, є відмінною властивістю, становлячи приблизно 16% всіх випадків. Її симптоми включають неконтрольовані рухи, спазми м'язів, прогресуючу втрату когнітивних здібностей і розвиток психічних проблем. Найважливіше, що це спадкова хвороба, і якщо один з батьків хворіє, то у дитини є 50% ризик успадкування цього захворювання.

На жаль, на сьогоднішній день не існує лікування для хвороби Хантінгтона, тому терапія спрямована на полегшення симптомів, запобігання ускладненням і надання підтримки пацієнтам та їхнім сім'ям у подоланні щоденних труднощів. Лікарі можуть призначити різні препарати, такі як нейролептики, антидепресанти, транквілізатори, стабілізатори настрою або навіть ін'єкції ботокса. Однак важливо враховувати, що всі ці ліки можуть мати побічні ефекти, тому їх призначають у найменших ефективних дозах. Хвороба Гентінгтона, як правило, прогресує протягом 10-30 років, і дослідники відзначають, що чим раніше виникають симптоми, тим швидше прогресує хвороба.

Есенціальний тремор – це неконтрольоване дрижання, зазвичай в одній або обох кистях або руках, яке збільшується під час виконання звичайних рухів. Ця проблема впливає на близько п'яти мільйонів жителів США. Відповідно до даних Національної медичної бібліотеки США, есенціальний тремор найчастіше виникає у дорослих після 65 років. Причиною цього є аномалії в тих ділянках мозку, які регулюють рухи, і вони не пов'язані з іншими захворюваннями, такими як хвороба Паркінсона. Близько половина пацієнтів має родинну історію цієї проблеми. Хоча цей стан зазвичай не призводить до серйозних ускладнень, він може суттєво утруднювати повсякденну життєдіяльність та призводити до страждання. Тремор у стані спокою, який зменшується під час руху, є частиною екстрапірамідного синдрому тріади з акінезією та гіпертонією [3].

У деяких випадках фізіотерапія або зміни у способі життя можуть полегшити симптоми. Якщо цей стан має негативний вплив на здатність пацієнта виконувати щоденні завдання та впливає на якість життя, то розглядаються можливості лікування ліками або хірургічними методами. Приблизно у 50-75% пацієнтів, які приймають медикаменти, відзначається полегшення симптомів. Часто призначаються бета-блокатори, протисудомні препарати, бензодіазепіни та інгібітори карбоангідрази. Бета-блокатори зазвичай рекомендуються молодим пацієнтам, оскільки вони можуть мати побічні ефекти, такі як втрата пам'яті та плутанина свідомості у літніх пацієнтів.

Міоклонус – це рухи або спазми м'язів, які можуть бути регулярними і поділяються на різні типи та підкатегорії. Серед них найпоширеніший –

кортикальний міоклонус, який виникає в окремій частині мозку, відомій як сенсомоторна кора. Рухи можуть бути фокальними (обмеженими одним м'язом або групою м'язів) або мультифокальними (впливати на кілька груп м'язів) і мати різні причини, включаючи різні захворювання, такі як целиакія, синдром Ангельмана, хвороба Хантінгтона, синдром Ретта, хвороба Крейтцфельда-Якоба та хвороба Альцгеймера.

Підкірковий міоклонус, який впливає на багато груп м'язів, зазвичай пов'язаний з низьким рівнем кисню в мозку (гіпоксією) або метаболічними проблемами, такими як ниркова або печінкова недостатність. Спинальний міоклонус, зазвичай викликаний пошкодженням спинного мозку, таким як розсіяний склероз, сирингомієлія, травма або інфекції, такі як оперізувальний герпес або хвороба Лайма. Ці рухи часто тривають довше і можуть бути непередбачувими, інакше ніж кортикальний або підкірковий міоклонус, і вони можуть виникати навіть під час сну [4].

Спастичність визначається як надмірне скорочення м'язів, що може викликати напруженість або застійність м'язів, обмежуючи можливість рухів, мовлення та ходьби. Зазвичай спастичність виникає через ураження тих частин головного або спинного мозку, які відповідають за контроль над нашими свідомими рухами. Це може бути результатом травм спинного мозку, розсіяного склерозу, церебрального паралічу, інсульту, пошкодження мозку внаслідок гіпоксії, серйозної травми голови або метаболічних захворювань.

Для лікування спастичності застосовуються різні препарати, такі як баклофен, діазепам, тизанідин і клоназепам. Фізична терапія з використанням спеціальних вправ для м'язів може бути також рекомендована для зменшення виразності симптомів. У важких випадках може бути розглянута хірургічна операція для звільнення сухожиль або перерізання нервово-м'язового зв'язку. Прогноз залежить від ступеня тяжкості спастичності та основного захворювання.

Це тільки частина розладів руху, серед таких, що визначаються окремими. У цьому дослідженні буде розглядатись есенціальний тремор і дослідження руху людини при ньому. Загалом важливим є визначення конкретної проблеми рухи і відкидання інших.

1.3 Способи дослідження тремору

Завдяки розвитку технологій науковці мають не один спосіб для дослідження багатьох хвороб, не виключенням є і порушення руху. Корисним для діагностування таких хвороб є використання сучасних технологій, зокрема автоматизованих систем, які мають елементи для вводу і подальшої обробки інформації.

Вивчення характеристик тремору має велике значення в області неврології, особливо при встановленні діагнозу синдрому паркінсонізму, коли збільшений відкритий для оцінки тремор стає показником патологічного стану центральної нервової системи [5].

Під час дослідження проблематики було виявлено ряд основних проблем виконання автоматизованого діагностування пацієнтів. Зокрема, виникають такі питання:

- Оцінка ступеня має низьку точність.
- Застарілі методи тестування
- Результати тестування мають суб'єктивну складову.
- Існуючі методи аналізу не дають інформації про деякі характеристики, відповідно немає повноти.
- Впровадження нових методів діагностування є складним у реалізації

Ці причини виводять до необхідності зміни методів діагностування тремору в реальних умовах. Однією з головних причин цієї проблеми є недосконалість методів діагностування.

Розробка програмно-апаратного забезпечення для виявлення і діагностики тремору у пацієнтів є суттєвим завданням у галузі розробки програмного забезпечення з медичною та громадсько-корисною спрямованістю. Використання сучасних методологій проектування, розробки архітектури та моделей програмного забезпечення, а також штучного інтелекту сприяє розвитку автоматизації процесу діагностування у сучасних наукових дослідженнях і лікувальних процедурах.

Використання сучасних технологій сприяє підвищенню точності поведінки системи при виконанні рухів, які виникають через наявність неврологічних захворювань. Актуальність сучасних розробок для покращення цього процесу очевидна для медичних установ і лабораторій, що займаються дослідженням проблем неврологічного спрямування, таких як тремтіння кінцівок, есенціальний тремор.

Більшість спеціалізованих програмних комплексів, які призначені для збору та аналізу даних про рухи різних частин тіла у пацієнтів з неврологічними порушеннями, застосовуються в обмеженому контексті і розробляються специфічно для потреб конкретної лабораторії або методу діагностування.

У зв'язку з проведенням досліджень і експериментів [6], важливими інструментами та пристроями є:

- особистий комп'ютер;
- сервер для збереження даних;
- планшетний комп'ютер (як інтерактивний планшет або графічний планшет)
- пристрій із G-сенсором;
- камера з режимом сповільнення.

Портативні датчики для вимірювання тремтіння мають доступну ціну. Їх використання вимагає розуміння можливостей, характеристик точності та параметрів функціонування.

Один з найпростіших методів полягає в огляді лікарем. У процесі обстеження тремтіння в стані спокою або при виконанні дій може бути виявлене. При цьому оцінюється рух, втрата чутливості, слабкість або атрофію м'язів чи зниження рефлексів. Вказувати на можливість відхилень можуть історія хвороби або спадкова схильність.

Лікар може також попросити пацієнта виконати дотик пальцем до носа або спробу написати щось. Зокрема, діагностичним та ефективним тестом на визначення наявності тремору та його ступеня є письмовий тест. Він базується на можливості візуального спостереження (зазвичай комп'ютеризованого) за спазмами та компенсаторними рухами пацієнта. Ще однією формою діагностики

є тест із використанням малюнка спіралі. Клінічні результати діагностики добре корелюють з результатами цього тесту, і вони чітко відображають відповідність між об'єктивними та суб'єктивними спостереженнями наявності хвороби та ступеня тремору у пацієнтів. Цей тест дозволяє визначити мимовільну активність м'язів та їх реакцію на рухи в різних координатних площинах.

Системи та методи, які широко використовуються для реєстрації тремору, спрямовані на визначення високоамплітудного тремору, який є характерним для хвороби Паркінсона та есенціального тремору. Один з найбільш відомих методів ідентифікації тремору на площині полягає у використанні графічного планшету для розпізнавання рисунку спіралі Архімеда, він добре підходить для електронної оцінки тремору [7].

Одним з методів є акселерометрія, що дозволяє вимірювати прискорення окремих частин тіла. При цьому реєструються рухи тіла відносно магнітного поля, зокрема вимірюються лінійні сили прискорення в трьох напрямках, важливо помічати рухи частин тіла, які виникають від гравітації та м'язової активності, включаючи тремтіння. Датчики з аналоговими акселерометрами кріпляться на пацієнта, і за допомогою перетворювача можна отримати відносно точний спектр сигналу руху. Цей метод хороший своєю відносно низькою вартістю та доступністю для закладів тестування.

Один з недоліків цього методу полягає у великих технічних складнощах і значних витратах для забезпечення функціонування діагностичного комплексу, який використовує акселерометричну технологію.

Один із способів діагностики тремору – це метод аналізу Архімедової спіралі, який включає у себе порівняння стандартної спіралі з тією, яку намалював пацієнт. Цей метод надає більш детальну інформацію про різні типи тривоги, дозволяє визначити неконтрольовану активність м'язів та їх реакцію на рухи у різних площинах. Запис характеристик руху рук пацієнта під час виконання тесту з використанням спіралі Архімеда, що вказана на рисунку 1.1, проводиться за допомогою цифрового пера на графічному планшеті.

Можливість отримати корисні дані з цифрового рисунку спіралі має численні переваги у порівнянні з методом отримання даних з акселерометрів.

Використання акселерометрії ускладнює агрегування і обробку фрагментарних даних, а також унеможлиблює однозначну оцінку амплітуди і частоти тремору.

Спіральні рисунки використовувалися протягом багатьох років як клінічний інструмент для спостереження коливальних та інших нетипових рухів [8]. Аналіз спіралей може проводитися шляхом візуальної оцінки або за допомогою комп'ютерного аналізу. Цей метод передбачає використання графічного планшета.

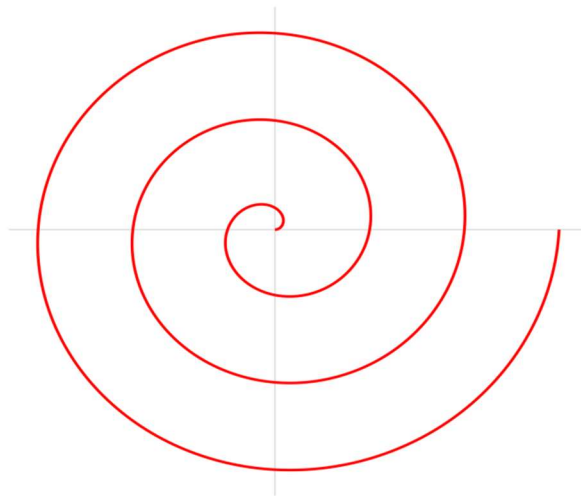


Рисунок 1.1 – Спіраль Архімеда

Спіралі, які створені пацієнтами під час тестування, можна проаналізувати або візуальним спостереженням чи комп'ютерним аналізом, використовуючи математичні моделі. Метод комп'ютерного аналізу є більш точним і ефективним у визначенні рівня тремору, а математичне моделювання дозволяє отримати характеристики, такі як частота коливань, амплітуда руху, відхилення від норми та інші параметри, які є важливими при діагностиці за допомогою цього методу дослідження.

Великого поширення набули вхідні пристрої, такі як планшети або поверхні для цифрового введення даних на комп'ютери. Для належного функціонування таких пристроїв необхідна відносно велика робоча площа, спеціально призначена для детектування. Однак їх переміщення не зовсім зручне, вони займають значний простір і є досить витратними.

Однією з основних проблем є неможливість виявлення рухів пацієнта, коли перо відірване від поверхні планшета на відстань більше 10 мм. Якщо рука пацієнта навіть на короткий період піднімається вище поверхні планшета, відсутність відомостей впливає на якість ідентифікованих даних негативно.

Вимірювання за допомогою електроміографії (ЕМГ) включає аналіз сигналу як комбінації активності індивідуума під час скорочення м'язів, тому можна діагностувати різні види нервово-м'язових розладів [9]. Для отримання сигнали використовуються електропровідні елементи, серед них як голки або наліпки, які розміщуються на шкірі, або вводяться в м'язову тканину тіла. Мінусами використання цієї методики для вимірювання тремору є складність отримання даних з пристроїв і часто невисока точність вимірювань. Цей метод діагностики м'язової активності може бути корисним для дослідження есенціального тремору.

Відомий метод реєстрації тремтіння чи невеликих рухів верхніх кінцівок, що ґрунтується на використанні лазерних аналогових сенсорів для фіксації положення спеціальних оптичних маркерів. Вони дозволяють виміряти прискорення та інші параметри просторової орієнтації. Треки руху кожного маркера реєструються у тривимірному просторі відносно часу і об'єднуються в загальний запис даних всіх маркерів.

Аналіз цих даних виконується за допомогою спеціалізованих програм для аналізу сенсорних показів. Недоліками цього методу є відносно низька точність та якість отриманих результатів, обмеженість в адаптації до різних проявів хвороби і потреба в спеціалізованих фахівцях для обробки інформації цього типу. Важко аналізувати інформацію, отриману через цей метод, і для цього зазвичай потрібні вузькопрофільні спеціалісти.

Окрім цих методів також існують інші, але для цієї роботи обрано саме використання графічного планшета для отримання даних з руху, оскільки це ефективно як з точки зору вимірювань так і економічно. У цьому методу є недоліки, як похибка, але оскільки є доступ до самого пристрою та його програмної складової, то з цими проблемами можна працювати, що зокрема і буде частиною цього дослідження.

1.4 Використання тесту з малювання для виявлення тремору

Основні причини есенціального тремору залишаються не до кінця вивченими, що спричинило обмежену доступність ефективних методів лікування стану. Нещодавні дослідження показали, що в мозку, зокрема в мозочку, можуть відбуватися різні структурні зміни, які можуть бути пов'язані з есенціальним тремором.

Різноманітність структурних змін при есенціальному треморі відображається в дослідженнях, що досліджують його генетичну основу. В даний час широко визнано, що функціональні зміни в церебеллоталамо-кортикальній мережі відіграють центральну роль у створенні есенціального тремору, причому вважають, що аномальні коливання в цій області є результатом збою в системі керування рухом, що в кінцевому підсумку призводить до тремору дії [10]. Малювання по спіралі являє собою складну та кваліфіковану рухову діяльність, і тому воно вважається чутливою руховою оцінкою. Уніфікована шкала оцінки хвороби Паркінсона, а також її підшкала, шкала оцінки моторики, широко визнані та використовуються для оцінки хвороби Паркінсона (ХП). Вона впливає на різні функції організму, включаючи мову, почерк, ходьбу та координацію, усі з яких класифікуються як рухові функції. З огляду на те, що хвороба Паркінсона пов'язана з нейродегенеративним процесом, було запропоновано численні кількісні показники погіршення моторики та немоторних біомаркерів, щоб оцінити ступінь її тяжкості.

Діагностика та моніторинг ХП можуть бути як дорогими, так і незручними з двох основних причин: може бути обтяжливим транспортувати пацієнтів до клінік для фізичного огляду, окрім того точна діагностика шляхом фізичного спостереження потребує досвіду кваліфікованих медичних працівників. Клінічні інвазивні методи доступні лише на ранніх стадіях, які пов'язані з ризиками та можуть бути обмежені в регіонах світу з обмеженими ресурсами. Рання діагностика є важливою, коли вона доступна.

Було визначено почерк як потужний індикатор для розробки засобів діагностики Паркінсонової хвороби [11]. Незважаючи на те, що дослідження

надало великий набір даних та групування за захворюванням для точної класифікації, можливості наукового аналізу почерку можна ще докладніше розширити для більш ефективної роботи.

Перевірка почерку полягає в тому, що пацієнту пропонують написати основну фразу чи речення своєю домінуючою рукою. Хоча в деяких випадках достатньо однієї ітерації, повторне написання фрази може виявити аномалії, які вимагають кількох спроб для повного прояву.

Під час тесту малювання ліній пацієнтам пропонують обома руками намалювати горизонтальні та вертикальні лінії, кожна довжиною не менше 10 сантиметрів, надаючи достатньо часу, щоб будь-які тремтіння або рухи стали очевидними.

Щоб провести тест зі спіраллю Архімеда, лікар може або намалювати спіраль на папері та попросити пацієнта спробувати її відтворити, або накреслити спіраль у повітрі, щоб пацієнт намалював самостійно. Спочатку пацієнт створює спіраль, використовуючи свою основну руку, а потім використовуючи іншу. Спіральний тест Архімеда часто є однією з найбільш показових вправ, оскільки він допомагає точно визначити специфічні характеристики тремору у пацієнта.

Досягнення інформаційних технологій зробили більш зручним збір зразків малюнків за допомогою цифрових планшетів, які вже використовуються для біомедичних досліджень. Використання графічних планшетів дозволяє дослідникам розробляти різноманітні інструменти аналізу та обробки зображень, щоб отримувати різноманітну інформацію, яку складно отримати за допомогою традиційних малюнків ручкою та папером [12].

Значення спіралі Архімеда полягає в її здатності вловлювати частоту, напрямок і величину. Під час цього обстеження пацієнтам пропонують намалювати безперервну спіраль один раз лівою рукою і один раз правою рукою.

Отримана спіраль служить цінним доказом щодо типу та інтенсивності тремору. Поряд з іншою клінічною інформацією та оцінками це завдання малювання сприяє формулюванню діагнозів і стратегій лікування тремору. Крім

того, його можна повторювати з часом, щоб відстежувати прогрес пацієнта та оцінювати його відповідь на лікування.

Оскільки тест Архімеда передбачає безперервний рух, він дозволяє лікарям ефективніше спостерігати за будь-яким основним тремтінням, яке може бути присутнім. Хоча тести на почерк також можуть дати розуміння, паузи між написанням окремих слів можуть приховати легкі тремтіння. Спіральний тест, з іншого боку, здатний виявити тремтіння різного ступеня тонкості. Тест Архімеда також допомагає неврологам і лікарям краще оцінити тяжкість тремору. Важливо визнати, що ці візуальні огляди являють собою лише один інструмент у діагностичному арсеналі для оцінки тремору.

Графічний планшет оснащено спеціальним програмним забезпеченням, призначеним для запису спіральних малюнків і створення файлів даних. Ці файли містять різні параметри координації, такі як кут захоплення пера, натиск, час, що минув, або поточну позначку часу, а також координати x, y та z кожного збереженого штриха. Цю програму можуть використовувати пацієнти з хворобою ХП або особи, які за ними доглядають, у неінвазивний, самостійний спосіб, що дозволяє їм збирати дані вдома та передавати їх до спеці

Люди з есенціальним тремором (ЕТ) зазвичай створюють спіралі, які демонструють вищу частоту, меншу амплітуду та більшу симетрію порівняно з іншими типами тремору, такими як дистонія. Ті, у кого є ЕТ, можуть спостерігати нестабільність, коли тримають руки вгорі або під час таких дій, як їжа чи пиття. ЕТ проявляється у вигляді ритмічного, мимовільного тремтіння рук, рук, голови, голосу або ніг.

Такі фактори, як стрес, ліки та втома, можуть посилити ці тремтіння [13]. Хоча есенціальний тремор може починатися як легкий, він часто прогресує з часом. Використання письмових діагностичних завдань може допомогти як лікарю, так і пацієнту отримати краще розуміння реакції на лікування та лікування симптомів.

Люди, які страждають на хворобу Паркінсона, зазвичай демонструють повільніший темп, коли справа стосується письма та малювання. Отже, їхній почерк і спіральні візерунки, як правило, мініатюрні та тісно згруповані. Це

зниження швидкості та розміру їхніх письмових рухів є ознакою рухового симптому, пов'язаного з хворобою Паркінсона. Навпаки, спіральні тести зазвичай виявляються більш надійним діагностичним інструментом, ніж аналіз почерку, оскільки останній може просто відображати життєву звичку створювати дрібні та тісно розташовані символи.

Для діагностування тремору лікар може використовувати різні методи. Серед них є фізичний огляд, у рамках якого лікар питає пацієнта про симптоми тремору, їхні обставини і тривалість, а також проводить загальний медичний огляд. Також нейролог може виконати спеціальні тести для оцінки масштабу тремору та визначення його характеристик. У деяких випадках можуть бути необхідні додаткові обстеження, такі як магнітно-резонансна томографія мозку, комп'ютерна томографія або електроенцефалографія, щоб виключити інші можливі причини тремору. Лікар може відправити на лабораторні аналізи для визначення рівня речовин у крові, які можуть бути пов'язані з певними видами тремору.

Лікар старається визначити тип тремору, оскільки це допомагає зорієнтуватися в можливих причинах. Можуть бути спеціалізовані інструменти для вимірювання інтенсивності і частоти тремору. Це допомагає об'єктивно оцінити тремор та відслідковувати його динаміку під час лікування. Після виключення інших можливих причин тремору, лікар зосереджується на пошуку конкретної причини.

Після отримання діагнозу, лікар розробляє індивідуальний план лікування, який може включати медикаментозні засоби, фізіотерапію, реабілітацію або навіть хірургічну корекцію в залежності від важкості тремору та його причини. Пацієнту слід підтримувати зв'язок із лікарем і відслідковувати динаміку тремору, щоб належним чином коригувати план лікування [14].

Загалом процес має свою специфіку і особливості, як і будь-яка хвороба. У цьому випадку визначення хвороби має проблеми через різноманітність видів, які схожі між собою.

1.5 Висновок до першого розділу

У цьому розділі було розглянуто хворобу тремор, його визначення, види, способи діагностики та особливості використання малювання для визначення тремору. Тремор – це випадкові ритмічні коливання, які можуть виникати в різних частинах тіла. Цей стан може бути симптомом різних захворювань і порушень. Тремор може бути класифіковано за різними критеріями, включаючи частоту та інтенсивність коливань.

Для діагностики тремору є корисними медичний огляд, неврологічний огляд, фізичне обстеження, додаткові обстеження, такі як МРТ, КТ, ЕЕГ, лабораторні аналізи, і спеціалізовані тести. Діагноз тремору може бути складним завданням, оскільки важливо визначити його причину та тип для належного лікування.

Тест з малювання є хорошим інструментом для визначення тремору, оцінки його характеристик та динаміки. Це дозволяє лікарям та пацієнтам візуалізувати та виміряти інтенсивність тремору під час виконання завдань, що вимагають моторики, таких як малювання.

Загалом, діагностика тремору є складним процесом. Правильне визначення причини та типу тремору дозволяє лікарям розробити правильний план лікування, спрямований на полегшення симптомів і покращення якості життя пацієнта.

2 ДІАГНОСТУВАННЯ ТРЕМОРУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІЧНОГО ПЛАНШЕТУ

2.1 Графічний планшет та його характеристики

Графічний планшет – це пристрій введення інформації, який дозволяє створювати, вводити та редагувати цифрові зображення. Він має форму електронного планшета з можливістю використання прямокутного меню та курсора. Графічний планшет має свою власну систему координат, що передає координати руху по його поверхні в комп'ютер при переміщенні курсора. Ці дані використовуються для створення точкових об'єктів, ліній або полігонів. Розміри планшета можуть різнитися [15].

Графічний планшет є електронним пристроєм, що використовується для створення рукописних або графічних зображень на комп'ютері. Він складається з плоскої поверхні, схожої на планшет, та спеціального пера або стилуса для введення даних.

Цей пристрій може мати різні розміри, від менших, які підходять для малювання або роботи з невеликими деталями, до великих, придатних для роботи з обширними проектами або професійним графічним дизайном.

Графічний планшет використовується художниками, дизайнерами, фотографами та іншими фахівцями для створення і редагування цифрових малюнків, ретуші зображень, роботи з графікою та ілюстраціями. При русі пера або стилуса по поверхні планшета передаються координати на комп'ютер, що дозволяє точно відтворювати рухи та малювати цифрові образи.

Деякі графічні планшети також мають додаткові функції, такі як програмні кнопки або сенсорні полотна, що сприяють зручності та швидкості виконання роботи.

Графічні планшети використовують різні способи визначення положення пера або стилуса на поверхні. Наприклад, деякі моделі використовують електромагнітні сенсори для точного визначення положення.

Іноді планшети дозволяють регулювання чутливості до натиску, тобто вони сприймають силу натискання пера на поверхню, що дозволяє створювати лінії різної товщини або тонко реагувати.

Важливою характеристикою графічних планшетів є їхній рівень чутливості та точності. Це впливає на якість роботи та точність передачі рухів руки в цифровому форматі, що є критичним для професійних користувачів, таких як графічні дизайнери чи художники.

Графічні планшети також можуть використовуватися у медицині, зокрема для діагностики тремору [16]. Медичні фахівці використовують графічні планшети разом із спеціалізованим програмним забезпеченням для запису та аналізу рухів пацієнта. Під час дослідження пацієнт користується пером або стилусом на поверхні планшета, спробуючи малювати чи виконувати певні рухи.

Система графічного планшета може фіксувати ці рухи в реальному часі, записуючи координати та характеристики рухів. Це дозволяє медикам отримати об'єктивні дані щодо амплітуди, частоти та інтенсивності тремору, що може бути корисним для діагностики та відстеження динаміки захворювання.

За допомогою цих даних медичні фахівці можуть оцінити тремор, визначити його тип, важкість та прогресування. Інформація, зібрана за допомогою графічного планшета, може також бути використана для моніторингу ефективності лікування та планування індивідуальних терапевтичних підходів для кожного пацієнта.

При використанні графічного планшета для діагностики тремору або будь-яких інших медичних застосувань, важливо враховувати деякі ключові характеристики планшета:

- Чутливість до натискання: можливість реєстрації навіть найменших рухів або тиску на поверхню планшета є важливою для точного відображення рухів пацієнта.
- Графічний планшет повинен мати високу точність визначення положення пера або стилуса на його поверхні, щоб достовірно записувати рухи.
- Швидкість оновлення: чим швидше планшет може оновлювати дані про рухи, тим більш точні інформацію він може надавати для аналізу.

- Роздільна здатність: висока роздільна здатність дозволяє точніше відобразити дрібні деталі та рухи, що є важливим для діагностики.

Ці характеристики спільно дозволяють графічному планшету бути ефективним інструментом для діагностики тремору та інших медичних захворювань, допомагаючи медичним фахівцям отримувати об'єктивні дані та відстежувати динаміку стану пацієнтів [17].

Графічні планшети можуть мати обмежену точність чи чутливість. Тому дрібні амплітуди тремору можуть бути недостатньо визначені або навіть пропущені. Штучне середовище, в якому проводиться тестування, може вплинути на результати. Наприклад, стрес, стомленість, чи неправильна позиція користувача під час використання планшета можуть спричинити неточності в оцінці тремору. Тремор може бути різний для кожної людини і навіть для однієї людини в різний час. Існує можливість, що планшет не зможе адекватно виявити чи оцінити певні типи тремору. Іноді навіть досвідчені медичні фахівці можуть виявити труднощі у коректному використанні графічного планшета для діагностики. Неправильне налаштування чутливості, неправильний спосіб тримання планшета або навіть неправильне використання програмного забезпечення може вплинути на результати. Графічний планшет може не дати повного обсягу інформації, щоб діагностувати важливі параметри тремору, такі як частота, амплітуда, характеристики руху тощо.

Щоб уникнути часткових або неточних результатів, важливо використовувати графічний планшет як один із засобів діагностики, а не як єдиний критерій. Комбінування з іншими методами та клінічним оглядом може забезпечити більш точну діагностику тремору.

Перед початком роботи слід налаштувати планшет відповідно до ваших уподобань. Це включає налаштування чутливості пера, кнопок, вибір діапазону робочої області на планшеті, що відповідає екрану комп'ютера тощо.

Перо графічного планшета має різні режими (наприклад, натискання, нахил, обертання). Вони можуть використовуватися для різних операцій, наприклад, встановлення товщини лінійки в графічних програмах.

Багато графічних планшетів підтримують чутливість до тиску, що дозволяє контролювати товщину та інтенсивність ліній залежно від сили натиску пера. Важливо обрати зручне місце планшета та пера для забезпечення комфорту під час тривалої роботи.

Стилус для графічного планшета – це інструмент, який використовується для керування на екрані графічного планшета. Він дозволяє користувачеві малювати, писати, редагувати зображення або виконувати інші операції, натискаючи на планшет [18].

Існують ємнісні, резистивні, електромагнітні та активні стилуси. Активні стилуси зазвичай мають власне джерело живлення (батарею або акумулятор) і додаткові функції, такі як рівень тиску, схожість на роботу олівця, підтримку векторного малювання тощо.

Деякі стилуси реагують на рівень тиску, що дозволяє контролювати товщину ліній або інтенсивність кольорів у залежності від тиску, який ви накладаєте. Багато стилусів мають конструкцію, схожу на звичайний олівець або пензлик, що робить їх більш зручними для користувача. Іноді стилуси мають кнопки або інші додаткові функції, що можуть бути використані для певних дій, зокрема вибір інструментів, зміна режимів малювання тощо.

При виборі стилусу важливо звернути увагу на особисті потреби та вимоги до роботи з графічним планшетом. Краще обрати стилус, який вам зручний у використанні та відповідає вашим потребам у малюванні або редагуванні. Також, варто враховувати, що деякі виробники планшетів пропонують власні стилуси, які оптимізовані для їхніх пристроїв і мають додатковий функціонал, який може бути унікальним для даної моделі.

Вибір правильного стилусу не лише залежить від його фізичних характеристик, але й від того, як добре він сумісний з програмним забезпеченням, яке ви плануєте використовувати. Таке поєднання дозволить отримати максимальні можливості з вашого графічного планшета та стилусу при роботі над проектами.

У випадку цього дослідження стилус важливий оскільки він впливає на ввід даних, на їх точність, також фізичні властивості стилуса впливають на

відчуття в руці, що теж має відклик при малюванні. Тому до цієї характеристики потрібно ставитись з увагою.

2.2 Діагностування з використанням графічного планшету

Діагностування тремору за допомогою графічного планшету – це один із методів оцінки та аналізу рухів людини. Використання графічного планшету дозволяє об'єктивно оцінити.

Основні кроки діагностики тремору з використанням графічного планшету:

- Для початку треба підготуватись. Людина сідає перед графічним планшетом, зазвичай тримаючи стилус.

- Перш ніж розпочати тест, зазвичай проводять короткий етап, коли особа у спокійному стані утримує стилус над поверхнею планшету. Це дозволяє отримати базовий запис їх рухів без тремору.

- Під час цього етапу людина може бути проінструктована на виконання різних завдань, наприклад, малювання ліній, кола або інших форм. Ці завдання можуть бути виконані у режимі спокою та під час напруження.

- Графічний планшет реєструє рухи стилусу або ручки під час виконання завдань. Він фіксує швидкість, амплітуду та ритмічність коливань.

- Отримані дані аналізуються для виявлення та характеристики тремору. Це включає оцінку частоти, амплітуди, форми та інших параметрів рухів.

- Із отриманих результатів потрібно зробити висновок

Особливості цього методу полягають у його об'єктивності та можливості кількісної оцінки характеристик тремору. Графічний планшет дозволяє не лише візуально оцінити тремор, а й отримати числові дані, які можуть бути використані для порівняння стану пацієнта на різних етапах лікування чи для моніторингу ходу захворювання.

Цей метод використовується в клінічній практиці для діагностики різних форм тремору, таких як паркінсонізм, есенціальний тремор та інші неврологічні захворювання [19].

У випадку цього дослідження пристрій підключається до комп'ютера, на якому встановлене спеціальне програмне забезпечення. Більшість графічних планшетів підключаються до комп'ютера через USB-кабель. Перш ніж почати використовувати планшет, зазвичай потрібно встановити драйвери та програмне забезпечення, яке йде в комплекті з планшетом або можна завантажити з веб-сайту виробника. Після підключення планшета, встановлення драйверів та програмного забезпечення слід перевірити, чи працює планшет належним чином. Зазвичай є тестові програми, які дозволяють перевірити функціональність планшета. Деякі планшети мають налаштування, які можна змінювати через спеціальне програмне забезпечення [20]. Це може включати параметри чутливості, програмування кнопок на планшеті та інше.

При цьому використовується графічний планшет, у якого є екран, на нього передається картинка вікна для діагностування. Спочатку заповнюються поля з інформацією про людину та експеримент, далі виводиться поле для малювання та фігурою, яку слід обвести.

Використання спіралей у дослідженнях тремору та інших неврологічних порушень має кілька підстав. Спіралі дозволяють оцінити ритмічність рухів, їхню амплітуду та рівномірність. Під час малювання спіралі людина повинна контролювати різні параметри руху, що дозволяє лікарям оцінити характеристики тремору.

Різні форми тремору можуть мати відмінні характеристики, які проявляються при малюванні спіралі. Наприклад, тремор, що виникає від паркінсонізму, може мати відмінності від есенціального тремору, і це може виявитися в способі, яким спіраль малюється.

Результати малювання спіралі можуть використовуватися для відстеження прогресу захворювання або відповіді на лікування. Зміни у характеристиках малюнка можуть свідчити про зміну тремору з часом. Порівняння рухів людини з нормальними шаблонами спіралей може допомогти виявити аномалії в рухах та розрізнити їх від здорових показників.

Такі спіралі не лише надають об'єктивні дані для аналізу рухів, але і дозволяють лікарям візуалізувати та кількісно оцінити тремор, що допомагає у діагностиці та моніторингу захворювання.

Для самої реєстрації рухів використовується власне програмне забезпечення. Це включає реєстрацію точок, які стилус відображає на екрані планшета під час малювання чи письма.

Під час реєстрації рухів для досліджень або моніторингу стану пацієнтів можуть виникати різні проблеми, на які потрібно звернути увагу.

Передбачення точності реєстрації рухів може впливати на відображення результатів. Не всі планшети або датчики мають однакову точність, що може впливати на якість даних.

Важливо виконати калібрування планшета, щоб гарантувати, що реєстрація рухів відбувається правильно та точно [21]. На рухи користувача можуть впливати різні чинники, як стан здоров'я, рівень стресу або стомленість, що може викликати зміни в результатах. Великий потік даних від реєстрації рухів може створити виклик у їх обробці та аналізі. Для точності потрібно додатково обробляти такі дані.

Згадані фактори потребують уважного врахування під час використання реєстрації рухів для досліджень, діагностики чи моніторингу. Дотримання стандартів та уважність до деталей допоможуть уникнути можливих проблем і забезпечити точність та достовірність отриманих даних.

Для повноцінної оцінки програмне забезпечення для збору повинне мати певний набір можливостей. Програма повинна здати фіксувати рухи пацієнта за допомогою графічного планшета, щоб збирати дані про тремор. Повинна бути можливість відображення отриманих даних у вигляді графіків, діаграм або інших візуальних форматів для аналізу тремору. Програма може визначати параметри, такі як частота, амплітуда та інші характеристики тремору. Можливість обробляти сигнали для видалення шумів або інших артефактів, які можуть впливати на точність даних. Програмне забезпечення може дозволяти порівнювати дані тремору з попередніми вимірами або з нормативними значеннями. Можливість отримати довідкові матеріали або пояснення щодо

результатів для користувачів програми. Підтримка від розробників у випадку технічних проблем або питань щодо функціоналу. Забезпечення конфіденційності та захисту медичних даних пацієнтів. Ці аспекти допомагають у точній і об'єктивній оцінці та моніторингу тремору. Програмне забезпечення має бути розроблене таким чином, щоб забезпечити зручність використання для медичних працівників та точність результатів діагностики.

Є характеристики малюнка, на які варто звернути увагу. Зокрема лінійність, яка вказує на те, наскільки рухи лінійні та прямі. У випадку тремору може бути помітна нестійкість ліній [22].

Гладкість ліній та кривих може бути порушена при наявності тремору. Планшет повинен дозволяти виявляти будь-які різкі зміни у плавності ліній. Важливо спостерігати за стабільністю ліній під час малювання. Аналіз координації рухів також важливий. Це включає узгодженість рухів обох рук та здатність утримувати точність під час деталізованої роботи

Загалом, аналізуючи ці характеристики малюнка на графічному планшеті, можна отримати важливу інформацію про можливе наявність тремору та його характеристики.

2.3 Аналіз отриманих даних

Визначення числових властивостей цифрованих спіралей базується на аналізі спіралі Архімеда, яку зображено на рисунку 2.1. Це відбувається через кутовий радіус перетворення, з якого випливають кінематичні, динамічні та фізіологічні характеристики тесту. Алгоритм взято з дисертації [23].

Дані, що отримані в результаті цифрування зображення спіралі за допомогою планшета, представлені у вигляді тривимірного масиву. Кожній дискретній одиниці часу відповідають значення координат x та y . Кількість таких даних залежить від частоти пристрою і від програмного забезпечення, що використовується, більша кількість точок може бути корисною при аналізі, але не мала вірогідність виникнення шумів, які потрібно відсіювати.

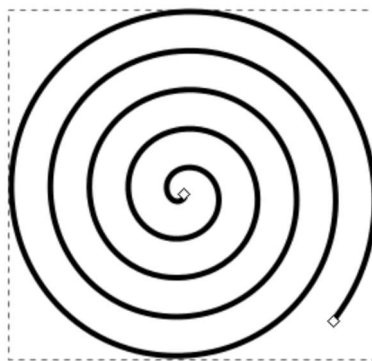


Рисунок 2.1 – Спіраль, яку потрібно малювати

Ці дані пишуться в файл. Отримані дані мають структуру, що зображена на рисунку 2.2, відповідно час, зафіксовані з самою бібліотекою і викликом стандартної функції, координати та тиск. Можливість запису тиску залежить від обраного планшету. Загалом, найбільш важливими тут є час і координати, що можна використати для аналізу. В залежності від заданої частоти опитування деякі дані можуть дублюватись або окремі значення можуть бути пропущеними, це важливий момент для врахування під час очищення даних.

absoluteTime	registeredTime	scheduledTime	registeredDelta	scheduledDelta	x	y	tiltX	tiltY	pressure
1713093388110	0:0:0.731	0:0:0.732	0:0:0.000	0:0:0.000	62.37900000	-53.59575000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388115	0:0:0.736	0:0:0.736	0:0:0.005	0:0:0.004	62.37900000	-53.41650000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388118	0:0:0.739	0:0:0.739	0:0:0.003	0:0:0.003	62.37900000	-53.23725000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388136	0:0:0.757	0:0:0.758	0:0:0.018	0:0:0.019	62.37900000	-52.52025000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388141	0:0:0.762	0:0:0.762	0:0:0.005	0:0:0.004	62.37900000	-52.16175000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388144	0:0:0.765	0:0:0.765	0:0:0.003	0:0:0.003	62.37900000	-51.98250000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388149	0:0:0.770	0:0:0.771	0:0:0.005	0:0:0.006	62.37900000	-51.80325000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388158	0:0:0.779	0:0:0.779	0:0:0.009	0:0:0.008	62.37900000	-51.44475000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388162	0:0:0.783	0:0:0.783	0:0:0.004	0:0:0.004	62.37900000	-51.26550000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388169	0:0:0.790	0:0:0.791	0:0:0.007	0:0:0.008	62.37900000	-51.08625000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388185	0:0:0.806	0:0:0.806	0:0:0.016	0:0:0.015	62.19975000	-51.08625000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388192	0:0:0.813	0:0:0.813	0:0:0.007	0:0:0.007	62.19975000	-50.72775000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388195	0:0:0.816	0:0:0.816	0:0:0.003	0:0:0.003	62.02050000	-50.72775000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388202	0:0:0.823	0:0:0.823	0:0:0.007	0:0:0.007	61.84125000	-50.54850000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
1713093388210	0:0:0.831	0:0:0.831	0:0:0.008	0:0:0.008	61.66200000	-50.54850000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

Рисунок 2.2 – Структура отриманих даних

Структуру можна змінювати в залежності від аспекту, що аналізується, у цьому випадку найбільш важливими є координати та час. Спіраль можна перетворити з рівнянням:

$$r(\varphi) = a + b\varphi \quad (2.1)$$

де $r(\varphi)$ – радіальна координата, a – величина повороту, b – крок, φ – полярний кут. Із допомогою цієї формули можна отримати шаблон для повтору пацієнтом.

Після отримання масиву точок з координатами (x та y) рисунку спіралі пацієнта, проводиться конвертація кожного значення координати у радіус-кут полярних координат. Це виконується за допомогою формули перетворення $x = r\sin\theta + x_0$ та $y = r\cos\theta + y_0$. Радіус перетворення отримується:

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}, \arctan\theta = (y - y_0)/(x - x_0), \quad (2.2)$$

Тут x_0 та y_0 представляють центр спіралі, x , y є координатами на площині, а r , θ визначають таку спіраль у полярному представленні. Приклад розгорнутої спіралі зображений на рисунку 2.3.

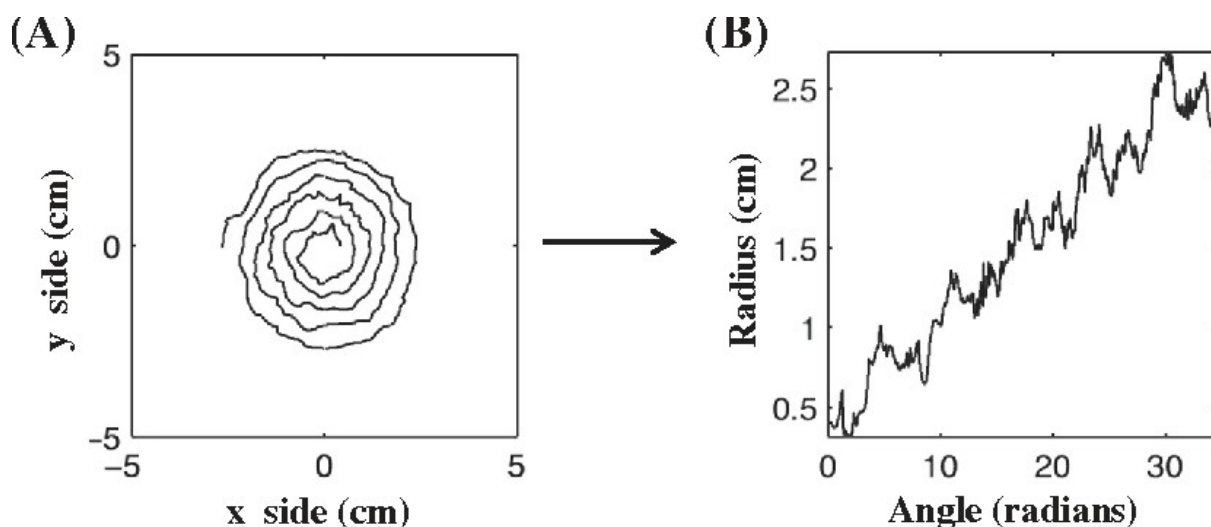


Рисунок 2.3 – Розгортання спіралі

Таке перетворення зветься розгортанням і перетворює спіраль з координат у формі декартового представлення [24] до форми кривої у полярних координатах. У полярному відображенні радіусно-кутового перетворення можна спостерігати, як кожне коло циклічної спіралі розгортається на 2π радіан, починаючи від центру спіралі.

Якщо порівняти розгорнуті варіанти спіралі Архімеда з малюнком, то можна помітити відхилення, що можливе в обидві сторони. Завдяки цьому

відхиленню можна порівнювати спіралі і отримувати числові параметри амплітуди та частоти, а також якісну оцінку стану пацієнта.

Для більш наочного вигляду, можна представляти це у 3 вимірах, враховуючи час. Приклад такого виду графіку, але не для тремтіння, показано на рисунку 2.4.

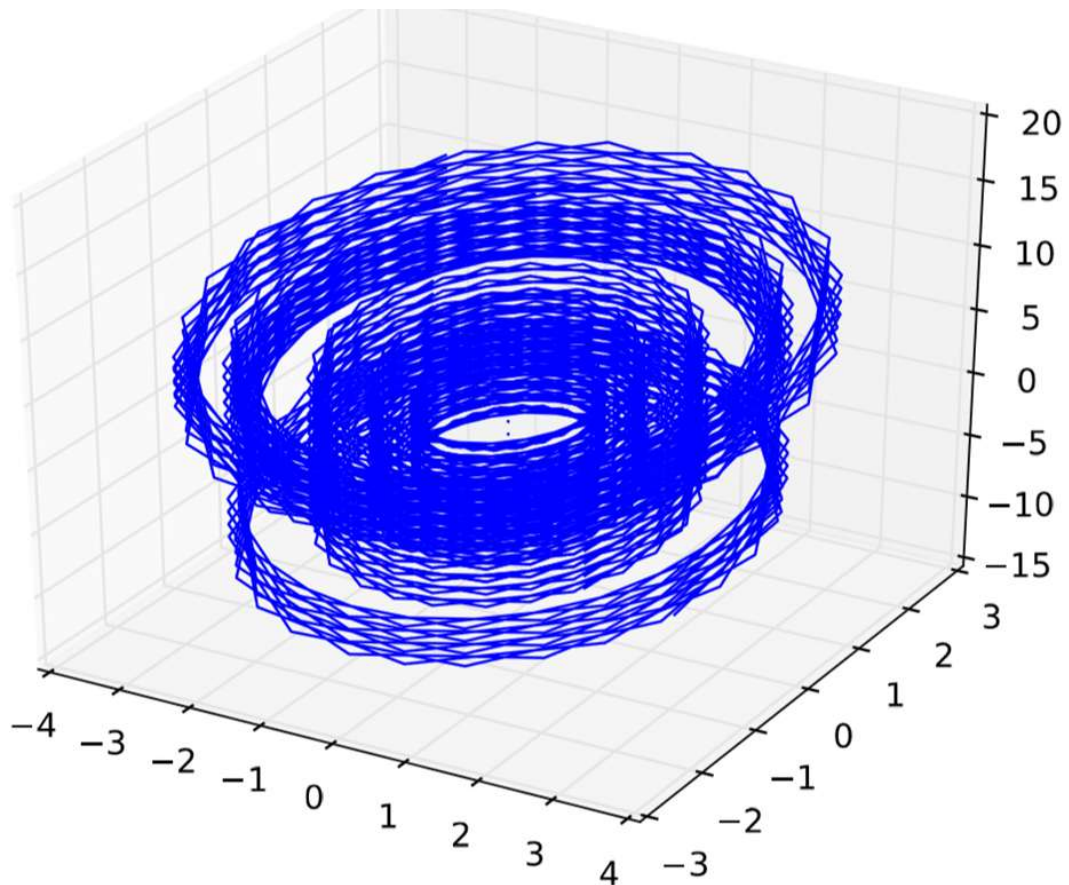


Рисунок 2.4 – Часово-просторова візуалізація

При аналізі малюнка з шаблоном спіралі, їх відхилення лише показують зміщення позиції руки у порівнянні з шаблоном. Щоб коректно визначити амплітуду відхилення, яке відобразить тремор, необхідно порівнювати з усередненим значенням на відрізку цієї ж самої кривої, яку було намальовано. Потрібно провести усереднення на кожній частині кривої для виділення цих коливань [25]:

$$\rho' \approx a * \theta + \alpha \cos(\theta) + \beta \sin(\theta) \quad (2.3)$$

В основі процесу згладжування відбувається лежить використання нормального розподілу фільтра Гауса:

$$y = \sum_1^n a_i e^{\left[-\left(\frac{x-b_i}{c_i}\right)^2\right]} \quad (2.4)$$

З його допомогою усувається ефект паралаксу. Кількісні характеристики вимірюються шляхом порівняння початкового малюнка зі згладженим результатом. Для кожної окремої частини системи, у цьому випадку для кожної точки часу t , обчислюється середньоквадратичне відхилення залишкового сигналу від початкового. Це дозволяє отримати амплітудну характеристику тремору, яка відображає різницю між розгорнутою спіраллю пацієнта та її усередненою моделлю.

Маючи інформацію про амплітуду, можна отримати і частотну характеристику коливального сигналу. Використовуючи метод Швидкого перетворення Фур'є, можна перетворити отримані в хронологічній послідовності дані в частотний спектр сигналу, що дозволяє розглянути діапазон частот з деталізацією.

Перетворення Фур'є – це математичний метод, який дозволяє розкласти сигнал або функцію на суму синусоїдальних хвиль різних частот. Це дає можливість перейти від опису сигналу у часовому просторі до опису у частотному просторі.

Швидке перетворення Фур'є є алгоритмом, який ефективно обчислює перетворення Фур'є для дискретних послідовностей даних. Він використовується для швидкого обчислення перетворення Фур'є в чисельних методах, що застосовуються для обробки сигналів, зображень, криптографії та інших областях, приклад на рисунку 2.5. Можна побачити, як з амплітуди отримується частота, що знаходить застосування у багатьох сферах, де таке розуміння потрібне.

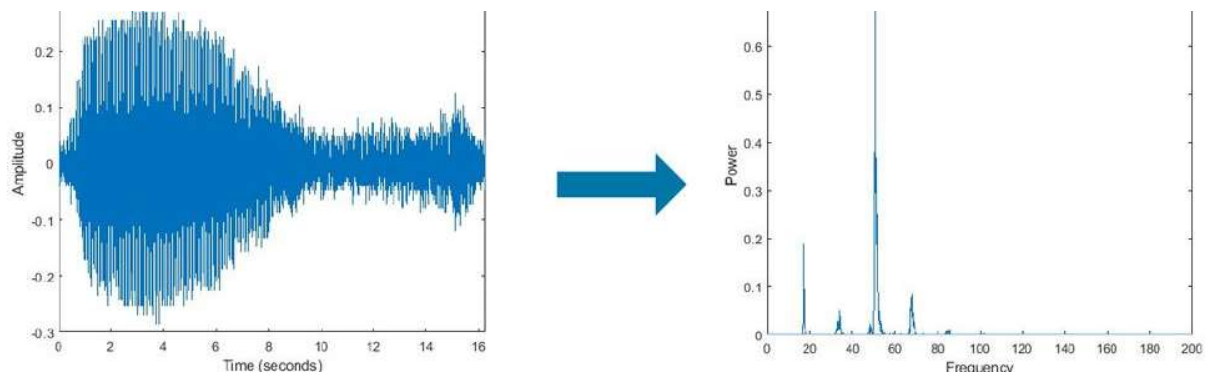


Рисунок 2.5 – Приклад розкладу сигналу

Якщо для амплітудної характеристики функція сигналу залишкового коливання представлена у вигляді серії $x(t)$, тоді за допомогою перетворення Фур'є відбувається перетворення в спектр частотних характеристик:

$$FT(f_k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{t=0}^{N-1} \exp(2\pi i f_k t) * x(t) \quad (2.5)$$

$$f_k = \frac{k}{N\Delta t}, k = -\frac{N}{2}, \dots, \frac{N}{2},$$

де N – кількість заданих точок даних, Δt – інтервал між точками, f_k – дискретна частота.

2.4 Оцінка отриманих даних

Можна вивести базу для оцінювання характеристик спіралей, їх частоти і амплітуди у відповідності до шкали Fahn-Tolosa-Marin, де оцінки варіюються від 0 до 10 балів. На цій шкалі 0 балів вказують на відсутність тремору, а 10 балів – на максимальний рівень тремору, що можна оцінити згідно отриманих результатів.

Для отримання кількісних результатів переведемо визначені дані у єдину оцінку [23]. Переведення амплітуди в оцінку:

$$URS_{score} = 4.52694 + 10.2136 * \log_{10} URS \quad (2.5)$$

Переведення частоти в оцінку:

$$URD_{score} = 9.20773 + 3.7515 * \log_{10} URD \quad (2.6)$$

Такі оцінки можна використати для машинного навчання як критерії для визначення. Загалом, для виявлення характеристик тремору використовуються різні методи та технології аналізу даних на основі спіралі Архімеда. Серед таких методів Empirical Mode Decomposition (EMD), перетворення Гільберта, метод еволюційного спектру, емпіричні розкладання ортогональної функції.

EMD – це метод аналізу сигналів, який дозволяє розкласти сигнал на складові частини. Цей метод зазвичай використовується для аналізу та обробки часових рядів та сигналів, які мають складну структуру та нестационарні властивості [26].

Спочатку вхідний сигнал розкладається на простіші компоненти, що виконується шляхом пошуку та виділення локальних екстремумів у вихідному сигналі. Для кожного з емпіричних мод спочатку обчислюються так звані "верхи" (локальні максимуми) та "низи" (локальні мінімуми) сигналу. Це допомагає виділити прості відносно стаціонарні компоненти.

Поширюючи інтерполяцію між виявленими локальними екстремумами, будується верхня та нижня оболонка для сигналу. Ці оболонки представляють собою верхні та нижні межі для найбільш простих мод, які визначаються в попередньому кроці. Віднімаються локальні екстремуми від вихідного сигналу, що дозволяє відокремити трендову складову від сигналу. Після отримання всіх емпіричних мод, залишковий сигнал може бути розглянутий як шум або випадкова складова, яка не може бути поділена на більш прості моди.

EMD використовується в різних областях, таких як обробка сигналів, аналіз часових рядів, біомедична інженерія та інші, де аналіз нестационарних та складних сигналів є важливим. Він є одним із способів розкладу сигналів, який дозволяє отримувати інформацію про їх структуру та складові частини без апріорного знання про ці складові. Приклад на рисунку 2.6.

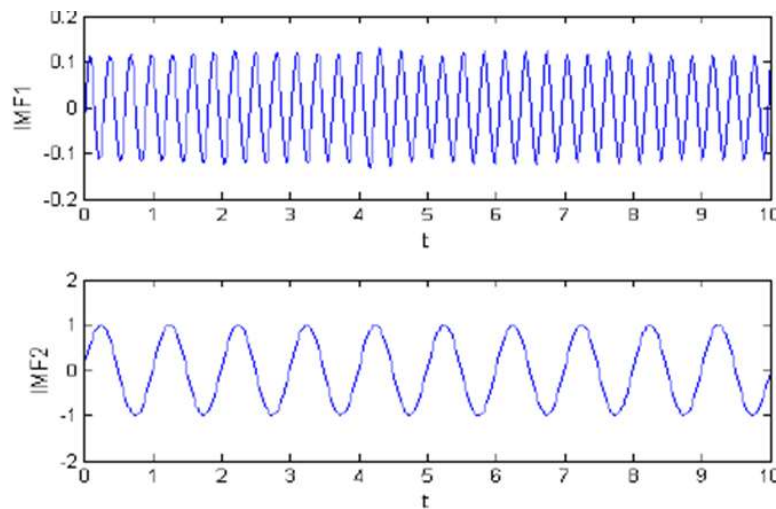


Рисунок 2.6 – Приклад EMD

Метод полягає у виявленні внутрішніх коливальних режимів спектру [27] та аналізі їх часових характеристик. На кожному етапі ітерації проводиться перегрупування отриманих нових результатів з попереднього етапу.

При всіх наведених особливостях EMD-метод не так добре підходить для задачі аналізу таких малюнків через складність для реалізації отриманих моделей.

Перетворення Гільберта – це інструмент, який дозволяє перетворювати простори одного типу в інший. Цей метод зазвичай використовуються для дослідження властивостей функцій, векторів чи інших математичних об'єктів у гільбертових просторах.

Основна ідея перетворення Гільберта полягає в тому, що воно зберігає "гільбертову структуру" – тобто структуру простору, яка дає йому особливі властивості, такі як скалярний добуток і норма. Ці перетворення можуть бути лінійними або не лінійними, і вони допомагають вивчати властивості об'єктів у гільбертових просторах, переносячи їх на інші простори з відомими властивостями. У контексті прикладних математичних задач, таких як обробка сигналів, аналіз зображень, теорія квантової механіки та інші, перетворення Гільберта грають важливу роль [28]. Приклад такого перетворення є на рисунку 2.7.

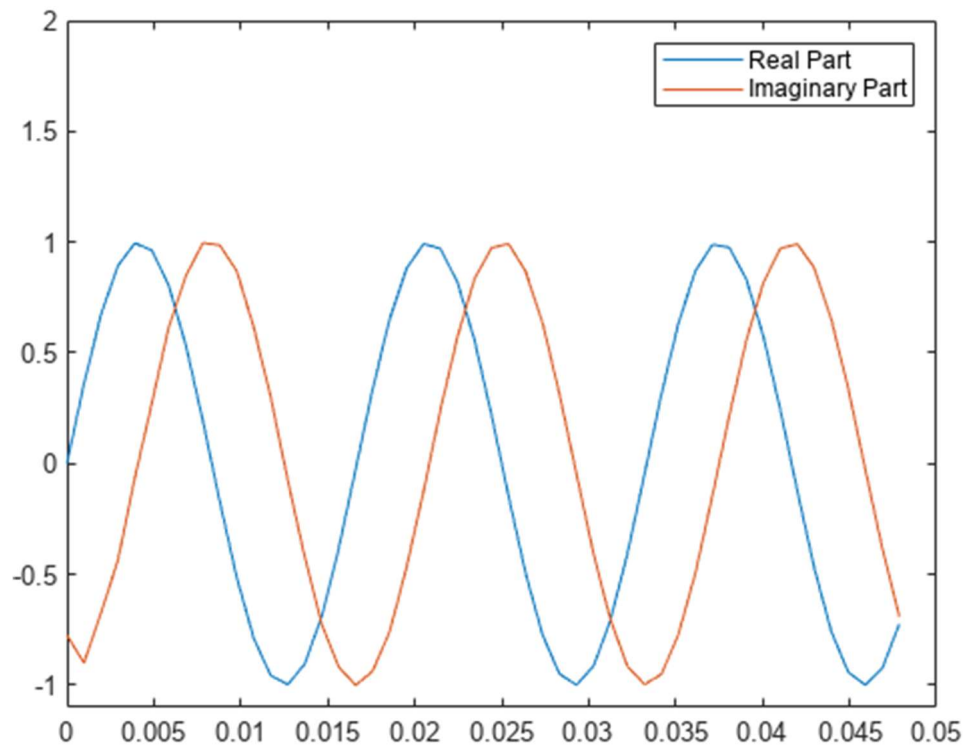


Рисунок 2.7 – Приклад графіку при перетворенні Гільберта

Таким чином, перетворення Гільберта є інструментом, який застосовується в різних областях математики та інженерії для вивчення і аналізу властивостей об'єктів у гільбертових просторах. У контексті аналізу описаних малюнків це перетворення дозволяє визначити характер амплітудної і частотної модуляції в процесі.

2.5 Висновок до другого розділу

Графічний планшет – це пристрій, що дозволяє користувачеві малювати або писати на поверхні, схожій на папір, за допомогою спеціального стилуса чи пальця. Цей пристрій має різноманітні характеристики, такі як роздільна здатність, чутливість до тиску, швидкість зчитування тощо, які впливають на точність і зручність використання.

Графічний планшет може бути використаний для діагностики різних медичних станів, зокрема тремору. Тремор – це випадкові ритмічні коливання кінцівок, які можуть бути вказівником різних захворювань, таких як хвороба

Паркінсона. Під час використання графічного планшету, можна аналізувати малюнки, створені користувачем, для виявлення тремору та його характеристик.

Важливо розуміти обмеження та особливості графічного планшету під час аналізу отриманих даних, оскільки це напряму впливає на результат. Як і будь-який пристрій, дигітайзер має певну похибку, як в часі, так і просторі. Частота опитування впливає на види тремору, що можна виявити

Отримані дані з графічного планшету можна аналізувати з використанням різних методів. Наприклад, можна виміряти частоту тремору, амплітуду коливань, час виникнення та тривалість тремору, а також його залежність від різних факторів, таких як стан пацієнта, виконувана дія тощо. При аналізі важливу роль відіграє відхилення, при цьому порівнюється не з рівним варіантом спіралі, а зі згладженим, що виведений з використанням рівняння. Це відхилення і є основним ефектом, по якому можна зрозуміти вид та ступінь тремору.

Для об'єктивної оцінки даних можна застосовувати статистичні методи, такі як аналіз середніх значень, варіації, кореляції тощо. Це дозволить зробити висновки про рівень тремору у пацієнтів, виявити залежності між параметрами тремору та іншими факторами, такими як вік чи стать, а також допоможе в моніторингу ефективності лікування.

Отже, використання графічного планшету для діагностики тремору може бути корисним інструментом, який дозволяє збирати об'єктивні дані та аналізувати їх з використанням різних методів, включаючи статистичні.

3 СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЗАПISУ РУХІВ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ ДАНИХ

3.1 Вимоги до програмного забезпечення для реєстрації рухів

Створення програмного забезпечення для реєстрації рухів з використанням графічного планшету потребує врахування різноманітних вимог та особливостей. Зокрема є певні вимоги до функціоналу:

- Програмне забезпечення повинно забезпечувати можливість реєстрації рухів за допомогою графічного планшету з врахуванням похибок і особливостей оточення [29].

- Серед даних необхідно включати запис тривалості, інтенсивності та характеристик рухів, таких як координати та значення тиску на перо.

- Програма має записувати ці рухи в формат, що зручний для подальшого аналізу даних, важливо включати метадані, серед яких може бути технічні характеристики планшета, що використовувався для запису, час початку запису.

Для зручної взаємодії з системою хорошим рішенням є створення простого графічного інтерфейсу, що дозволить керувати процесом запису. До нього теж є певний набір вимог:

- Він повинен бути інтуїтивним та містити лише потрібні елементи керування і відображення, без зайвих деталей.

- Для наочного відклику під час малювання важлива наявність панелі для відображення траєкторії, тут також буде відображатись шаблон, який буде запропоновано обвести, цей елемент не повинен мати великої затримки відображення.

- Потрібними є кнопки для керування записом, оскільки він повинен відбуватися не відразу після запуску програми, а у момент готовності всіх учасників процесу.

Є певні особливості до технічної складової програми:

- Можливість запуску на різних операційних системах буде перевагою, оскільки додає універсальності, відповідно підбір технологій дещо скорочується.

- Застосунок повинен мати достатню швидкість та мінімальну затримку програмних шарів для зменшення похибок часу реєстрації.

При реалізації такого програмного забезпечення можуть виникнути певні складності:

- Забезпечення мінімальної затримки є певним викликом, оскільки використання високорівневих мов програмування і додаткових шарів у вигляді бібліотеки та драйвера має свій вплив на швидкість доставки зареєстрованого руху від джерела до програми.

- При проведенні дослідження можуть використовуватись різні операційні системи, що використовують власний драйвер для отримання даних з планшету, що не завжди має уніфікований інтерфейс, а також теж може працювати з різною ефективністю.

- Зрештою, можуть використовуватись різні планшети, що мають власні характеристики, зокрема частоту опитування, що змінює кількість даних.

Далі варто описати технології, що використовувались для створення системи реєстрації рухів.

3.2 Опис технологій для створення системи реєстрації рухів

3.2.1 Бібліотека роботи з вводом графічного планшету JPen

У якості базової технології для створення інформаційної системи для запису рухів обрана мова програмування Java, оскільки вона дозволяє писати кросплатформний код, має великий набір бібліотек для різних задач та величезну базу знань та рішень, що прискорює процес. Відповідно, подальший вибір технологій буде відштовхуватись від цього. Важливо зауважити, що конкретна версія JDK (Java Development Kit) також є залежністю, оскільки вона повинна бути встановлена на пристроях, що запускають програму.

Для аналізу використовується Python з бібліотеками Pandas, Numpy, Matplotlib, частина візуалізацій виконується з Plotly.

3.2.2 Опис бібліотеки JPen

Крім апаратної частини, програмне забезпечення не менш важливе, оскільки воно потрібне як шар між реєстрацією події на планшеті та зображенням на екрані або набором записаних даних. Бібліотека JPen на Java виділяється як хороший варіант для розробників, які прагнуть інтегрувати функціональність графічного планшета в свої Java-додатки.

JPen, скорочено від Java Pen, є відкритою Java-бібліотекою, призначеною для спрощення інтеграції підтримки графічного планшета в Java-додатки. JPen надає шар абстракції, що дозволяє розробникам взаємодіяти з графічними планшетами у манері, незалежній від платформи. Це означає, що незалежно від операційної системи або апаратної частини планшета, розробники можуть використовувати JPen для доступу до введення пера та даних про тиск [30].

Однією з ключових особливостей JPen є підтримка різних типів графічних планшетів, включаючи виробників, таких як Wacom і Huion. Ця широка сумісність гарантує, що розробники можуть спрямовувати свої зусилля на широкий спектр пристроїв, не турбуючись про конкретні деталі реалізації.

Бібліотека пропонує зрозумілий API, який абстрагує складнощі взаємодії з введенням пера, що робить його простим для впровадження підтримки планшета в Java-додатки для розробників. За допомогою JPen розробники можуть отримувати події пера, такі як тиск, положення, нахил та обертання, що дозволяє точну та реагуючу взаємодію з цифровим полотном або іншими графічними елементами.

JPen також надає утиліти для обробки загальних задач, пов'язаних з інтеграцією графічного планшета, таких як налаштування параметрів чутливості пера та калібрування введення планшета. Крім того, бібліотека містить підтримку жестів, що дозволяє розробникам створювати багатофункціональні користувацькі інтерфейси, які поєднують введення пера з дотиковими взаємодіями.

Загалом, JPen є цінним інструментом для розробників, які прагнуть включити підтримку графічного планшета в свої Java-додатки. Завдяки його

широкій сумісності, зрозумілому API та активній підтримці спільноти, JPen спрощує процес інтеграції введення пера та чутливості до тиску в програмне забезпечення на базі Java, надаючи розробникам можливість розкрити повний потенціал графічних планшетів у своїх додатках.

3.2.3 Технічні особливості JPen

JPen виявляє підключені графічні планшети за допомогою платформозалежних API або драйверів, наданих виробниками планшетів. При виявленні створюються канали зв'язку з планшетом, при цьому встановлюється двосторонній потік даних для надсилання команд і отримання подій введення пера.

Бібліотека використовує архітектуру, засновану на подіях, де розробники реєструють слухачів подій для обробки різних подій введення пера. Ці події включають натискання, відпускання, рух, зміну тиску, нахил і обертання. Коли відбувається подія, JPen спрацьовує відповідний слухач подій, передаючи відповідні дані, такі як координати точки, тиск та інше вищеописане зв'язуючи це з часовою міткою [31].

При взаємодії сирі дані введення з планшету перетворюються в типи даних Java. Наприклад, вона може представляти координати пензля як точку (x, y) на полотні, а рівні тиску як значення з плаваючою крапкою, нормалізовані в межах вказаного діапазону (наприклад, від 0.0 до 1.0).

Бібліотека використовує провайдерів для доступу до пристроїв. Серед таких є для Linux (XInput), Windows (Wintab), Mac OS X (Cocoa, OS X 10.5) та стандартний спосіб подій миші (Java AWT mouse). Для взаємодії з нативними бібліотеками використовується Java Native Interface, що дозволяє керувати даними програм, що написані на C.

XInput – це розширення протоколу X Window System, яке використовується в операційних системах Linux. Воно надає стандартизований інтерфейс для обробки пристроїв введення, таких як клавіатури, миші, тачпади та графічні планшети. XInput часто використовується в Linux-середовищах та програмах для

керування введенням з різних пристроїв. Хоча він в першу чергу спрямований на традиційні пристрої введення, він також підтримує графічні планшети та стилуси.

Cocoa – це один з наборів інструментів для роботи із планшетом для платформ macOS та iOS. Він надає набір API та бібліотек для розробки програм, які працюють в операційних системах Apple.

Wintab – це API в Windows для доступу до графічних планшетів та пристроїв введення в системах Windows. Насправді інтерфейс є достатньо старим та має аналоги, серед яких Windows Ink, проте досі підтримується зокрема компанією Wacom, що є одним з найбільших виробників графічних планшетів [32].

Java AWT – це платформо незалежний інструментарій для побудови графічних інтерфейсів користувача в Java. Він надає набір класів та методів для створення вікон, кнопок, меню та інших компонентів GUI.

Перевагою використання AWT є його незалежність від операційної системи, при цьому, у випадку специфічних систем ефективніше використовувати відповідні провайдери, оскільки вони кращі з точки зору швидкості збору даних від дотику до планшета до отримання їх програмою та детальністю цих даних. Розглянемо процес роботи бібліотеки:

1. Потік даних, що надходить з графічного планшета до USB, дозволяє операційній системі взаємодіяти з планшетом. Без драйвера операційна система не змогла б інтерпретувати сиру інформацію з планшета. Дані проходять через шар драйвера, якщо він встановлений, або потрапляють у більш сирій формі.

2. Постачальники – це API конкретної операційної системи, які використовує JPen для взаємодії з драйвером планшета та отримання сирій інформації. Wintab використовується для Windows, XInput - у Linux, Cocoa необхідний для macOS. Якщо система не має драйвера, використовується стандартний Java AWT. З AWT не всі типи даних з планшета доступні і вони можуть бути менш точними.

3. JPen відіграє ключову роль у цій взаємодії та з'єднує ці сирі дані з написаний програмним забезпеченням. У цьому процесі сирі дані

перетворюються в об'єкти Java, які потім можна використовувати у програмному середовищі.

4. Потім дані можна використовувати у програмі, де вони зберігаються у вигляді об'єктів Java. Тепер інформацію можна відображати на екрані або записувати у файл.

На рисунку 3.1 зображено функціональну схему, яка показує процес роботи системи для реєстрації рухів з використанням JPen.

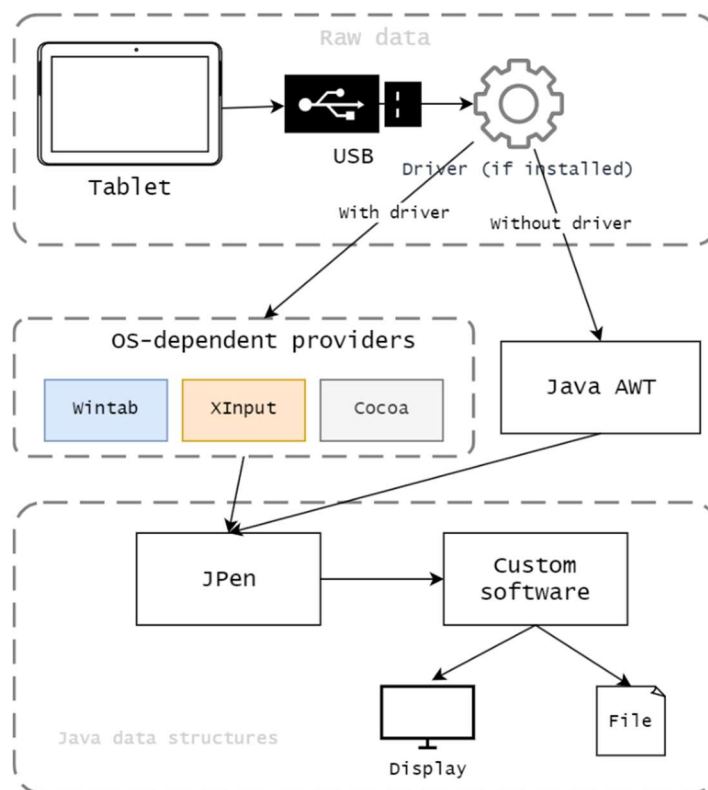


Рисунок 3.1 – Функціональна схема роботи системи з використанням JPen

Зрештою, можна отримати результат у вигляді зображення на екрані й файлу з даними у текстовому вигляді. Оскільки більшість тестів проводились на Windows і загалом це найбільш популярна ОС серед звичайних користувачів, то не буде зайвим додатково описати особливості роботи провайдера Wintab.

Після інсталяції драйвера планшета у Windows, також інсталюється DLL [33], для Wintab. Цей DLL дозволяє програмам спілкуватися з драйвером через власний контекст даних, що дає можливість інтегрувати планшет отримувати пакети даних пера та конфігурацію від драйвера. Завдяки розділенню підтримки

Wintab у драйвері, декілька програм можуть мати власні окремі потоки даних пера Wintab від драйвера. Абстрактна діаграма взаємодії показана на рисунку 3.2.

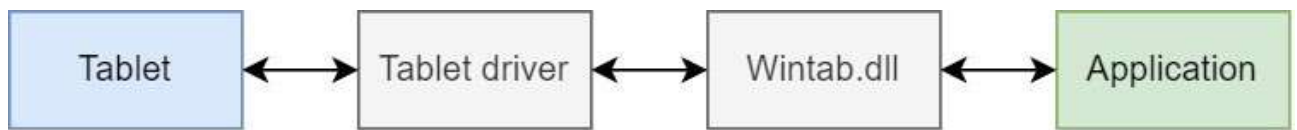


Рисунок 3.2 – Діаграма взаємодії застосунку з планшетом через драйвер Wintab

Основні компоненти моделі Wintab зв'язані з контекстами Wintab та отриманням даних з них. У цій моделі додаток відповідає за створення, налаштування та відкриття контексту Wintab. У межах циклу повідомлень додатка він реагує на повідомлення даних Wintab та отримує дані або реагує на інші події, такі як дії миші, та отримує дані відповідно. Після цього отримані дані можна обробити в середовищі додатка для різних цілей, таких як малювання або захоплення підпису, обидва це типові приклади.

API Wintab давно підтримує кілька незалежних контекстів на додаток і на планшет, що дозволяє додаткам отримувати окремі потоки даних пера з кожного підключеного планшета. Контексти є важливими для управління даними на рівні додатків, визначаючи, які дані надсилаються до додатка, та як вони відображаються на екрані системи. Кожен додаток має свій контекст, який можна налаштувати без впливу на інші додатки або глобальні налаштування планшета. Контексти служать інтерфейсом для використання планшета в додатках, містять інформацію про область планшета, типи подій та методи доставки. Хоча додатки можуть відкривати кілька контекстів, зазвичай потрібен лише один. Контексти керуються в контейнері з перекриттям, з верхнім контекстом, що обробляє події планшета на основі порядку перекриття та атрибутів. Wintab забезпечує, що кожен додаток отримує дані лише тоді, коли він має фокус від користувача, запобігаючи втручанню фонових додатків у ці завдання.

Wintab пропонує два підходи для захоплення даних пера: з використанням повідомлень та опитування. У захопленні на основі повідомлень дані пера передаються до додатка через повідомлення від ОС, які викликаються драйвером, коли дані доступні. Додаток обробляє ці дані та очікує наступного повідомлення.

У процесі опитуванням додаток бере у Wintab дані, коли отримує певні повідомлення (наприклад, про натискання миші або її переміщення). Це дозволяє постійне кешування даних при переміщенні пера в межах діапазону планшета. Незалежно від методу захоплення, додатки Wintab повинні реєструватися для отримання повідомлень, які повідомляють про ключові події, такі як зміни статусу драйвера або підключення/відключення планшета, для ефективного управління своїм станом. Оскільки контекст Wintab кожного додатка залежить від підтримки драйвера планшета, він залишається дійсним лише поки драйвер активний. Якщо драйвер перезавантажується (наприклад, після перезавантаження системи) або додаток перезапускається, створюється новий контекст Wintab, що потребує від додатка знову його відкриття. Повідомлення Wintab сприяють управлінню такими ситуаціями [34].

3.3 Огляд доступних для запису даних

Важливо знати, які дані доступні, щоб побудувати аналіз на основі відомих вхідних компонентів. Для загального огляду можна скористатися демонстраційною версією програми JPen.

У ньому представлені різні типи даних, які можна отримати з графічного планшета. Ось основні доступні типи даних:

- Координати X та Y відображають горизонтальне та вертикальне положення пера на поверхні планшета.
- Тиск, який перо чинить на поверхню.
- Нахил X та Y показують кути, на які перо нахилене у відповідних напрямках.
- Боковий тиск – це додатковий показник тиску, що вказує на тиск, який чиниться збоку пера.
- Також вимірюється обертання пера навколо своєї осі.

На рисунку 3.3 показано графічний інтерфейс цієї програми.

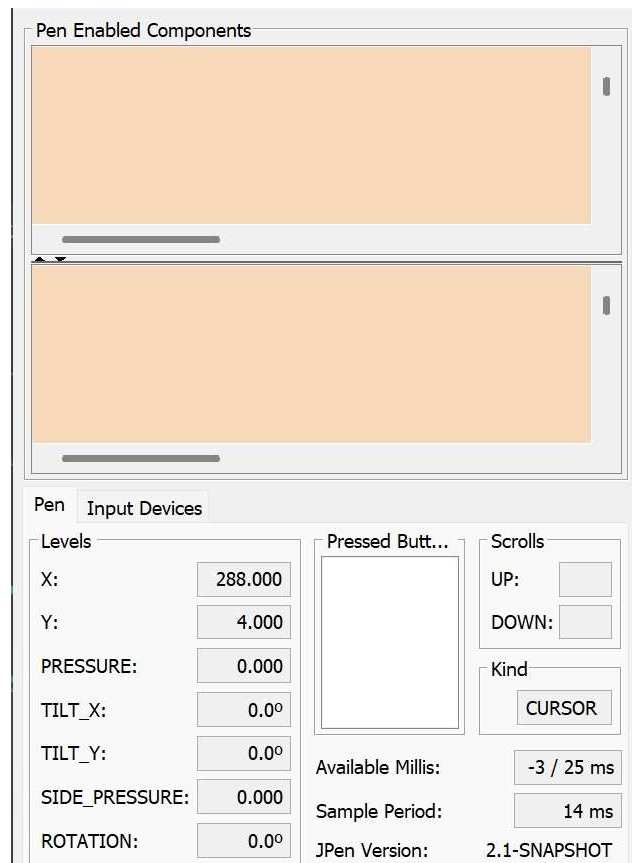


Рисунок 3.3 – Вигляд GUI демо JPen

Крім цих характеристик, також показується період вибірки, що важливо для подальшої роботи з даними, оптимальний період забезпечує найменшу втрату даних і менший рівень шуму.

3.4 Прототип програми для запису рухів

Для використання JPen необхідно створити додаток, що запише дані. Базова реалізація бібліотеки потребує використання принаймні одного AWT-компонента, тому одним з варіантів можливостей є створення Swing-додатку як основи. Загальна діаграма класів показана на рисунку 3.4.

Програма запускається за допомогою `SpiralRecorderApp`, яка також ініціалізує основне вікно програми Swing. `WindowFrame` є основним вікном GUI і містить кнопки, які дозволяють почати запис або зберегти файл. `DrawingCanvas` – панель для відображення спірального малюнка, є складовою цього класу.

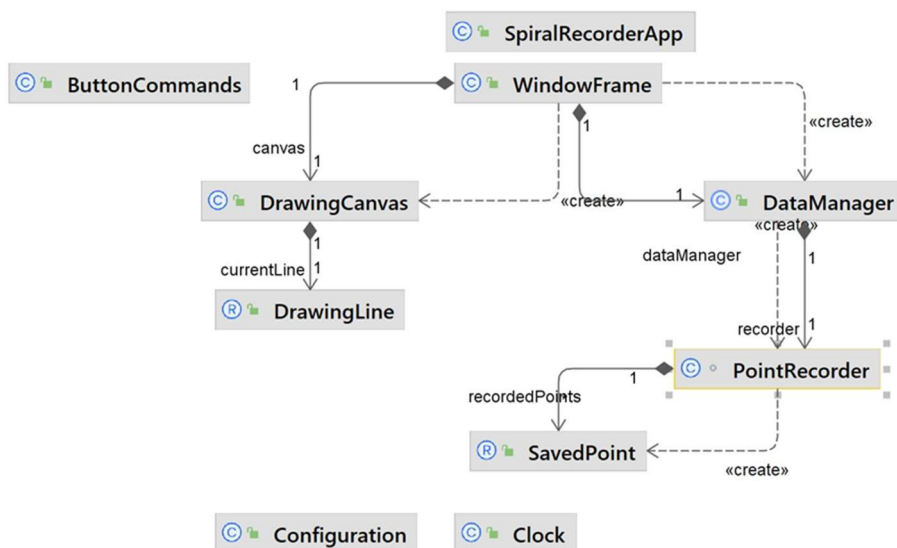


Рисунок 3.4 – Діаграма класів прототипу програми для запису рухів

На панелі відображається шаблон, що потрібно обвести, вона виводить точки, які надає графічний планшет. Об'єкт `DrawingLine` використовується для створення зв'язку між такими точками, оскільки вони можуть надходити з різною частотою. Це забезпечує плавне малювання, створюючи лінію між попередньо зареєстрованою точкою та поточною замість відображення точки.

`DataManager` керує станом запису та записує його у файл при роботі з вхідними даними з планшета. `PointRecorder` є компонентом, який працює безпосередньо з `JPen`, він зберігає колекцію отриманих точок та визначає обробники подій.

`PenManager` відповідає за з'єднання компонентів, які можуть обробляти події бібліотеки, і використовується у двох різних місцях у програмі: `DrawingCanvas` та `PointRecorder`, які є двома місцями взаємодії з бібліотекою. Обидва ці класи зберігають окремо зареєстровані точки разом з їх координатами та часом, використовуючи об'єкт `SavedPoint`.

Крім того, в деяких місцях програми потрібні допоміжні класи. Конфігурація планшета читається з файлу і надає доступ до параметрів, зокрема це потрібно для обчислення відносних координат. За допомогою годинника можна отримати поточний час у потрібному форматі. Вигляд графічного інтерфейсу описаного прототипу показаний на рисунку 3.5.

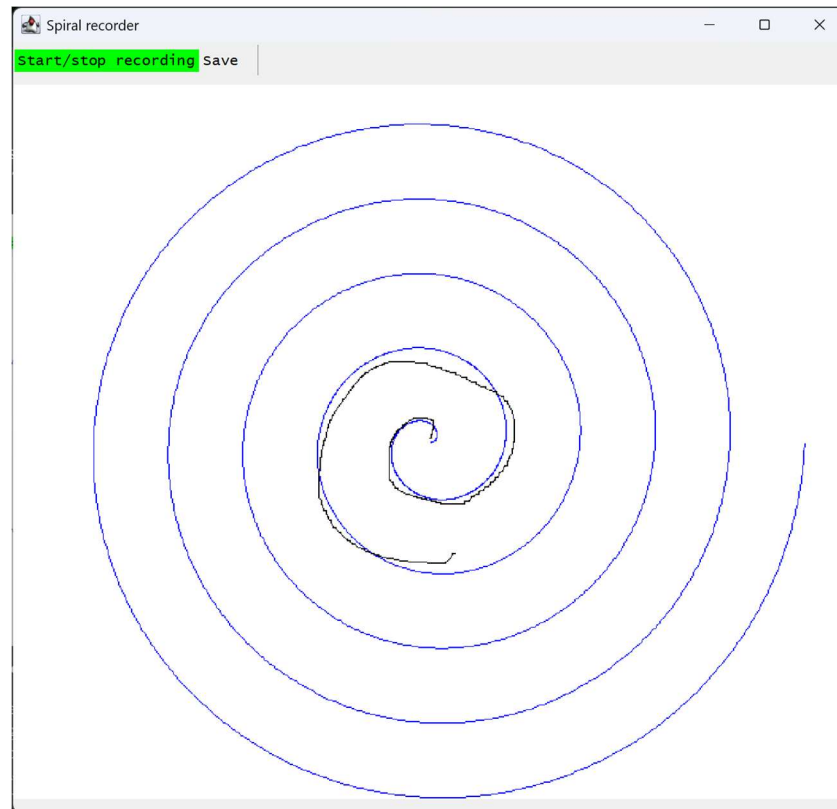


Рисунок 3.5 – Графічний інтерфейс прототипу для запису рухів

Оскільки це прототип, механізм роботи і графічний інтерфейс може змінюватись. Загалом, основна задача такої програми є отримання файлу з текстовим відображенням точок, зареєстрованих планшетом з найменш можливою затримкою.

Для даного прототипу було зібрано jar-файл, що містить у собі майже всі залежності та є зручним способом запуску цієї програми [35]. При цьому вручну налаштувати треба лише є залежний від ОС модуль бібліотеки JPen, який потрібно додати в каталог, де запускається прототип. Ці вимоги та коротка інструкція вказані в репозиторії, де зберігається реалізація програми [36].

3.5 Огляд даних, отриманих з допомогою прототипу

3.5.1 Формат файлу з даними

Формат файлу з даними, що зберігає прототип, показано на рисунку 3.6.

```

# Tablet rate 250
# Screen dimension width=1920 height=1080
# Tablet size width=344.16 height=193.59
# Event period 0
# Start time 2024-04-14T11:16:27.379Z
#
# Fields description
# absoluteTime The absolute time when the event occurred (hardware-depends)
# registeredTime The time when the event occurred (elapsed from the start time)
# scheduledTime The time when the event is provided by the library (elapsed from the start time)
# registered-scheduled deltas The time difference between adjacent events for both timestamps
# x-y The coordinates at this time
# tiltX-tiltY The tilts in the respective axes
# pressure The pen pressure (z-coordinate)

```

absoluteTime	registeredTime	scheduledTime	registeredDelta	scheduledDelta	x	y	tiltX	tiltY	pressure
1713093388110	0:0:0.731	0:0:0.732	0:0:0.000	0:0:0.000	62.37900000	-53.59575000	0.00000000	0.00000000	0.000000
1713093388115	0:0:0.736	0:0:0.736	0:0:0.005	0:0:0.004	62.37900000	-53.41650000	0.00000000	0.00000000	0.000000

Рисунок 3.6 – Формат отриманих даних

Для кращого розуміння вмісту даних зверху показані коментарі. Тут описано ключові характеристики планшету і умови, при яких дані були отримані. Поле `event period` відповідає за інтервал часу, з який бібліотека надсилає зареєстровані події, 0 означає, що дані надсилаються як тільки були отримані. Дещо нижче подано опис колонок даних, далі самі дані у `tsv` (tab-separated value) форматі.

Такий формат даних дозволяє зберігати їх у різних місцях, без потреби тримати метадані з описом окремо. Структура самих даних дозволяє як ефективно читати їх з допомогою інструментів аналізу, так і правильно відображати в форматі таблиці для огляду.

Варто додатково описати колонки, що подані тут. Перша частина цих стовпців відповідає за часові дані, зокрема, `absoluteTime` показує часову мітку з графічного планшета або іншого апаратного забезпечення, що використовується (у випадку миші і комп'ютера, це буде системний час ОС). Така часова мітка є кількістю мілісекунд, що пройшли від певної стартової точки. У випадку використання ПК як апаратного забезпечення для запуску прототипу така часова мітка буде UNIX-часом, що зручно для роботи з цими даними [37]. Для графічного планшета ситуація дещо ускладнюється, оскільки його системний час може мати власну стартову точку.

Наступні два поля є кількістю часу, що пройшла з моменту запуску запису для кожної точки, що мають формат H:M:S.ms. registered дає таку тривалість для моменту виникнення події і отримується з графічного планшету, а інша колонка дає такий час для моменту видачі цієї події бібліотекою. На різницю між цими значеннями впливає задана частота подій для бібліотеки (що відображається у event period). Навіть при видачі подій бібліотекою, як тільки вони виникають, значення часу виникнення події є більш пріоритетним при аналізі даних, оскільки це показує більш точне значення.

Тим не менше, часова мітка з графічного планшету може мати свою точку відліку, яка буде меншою, ніж стартовий час, що реєструється програмою при запуску запису. Для таких випадків можна користуватись абсолютним часом, а при потребі у відносному можна поррахувати різницю першого scheduled часу і припустити, що між першою міткою registered і його точкою відліку такий же проміжок, таким чином знайти стартовий час для цієї колонки. При цьому така закономірність не є гарантованою і може мати відхилення, а також для отримання правильного інтервалу бібліотека має надсилати дані як можна швидше.

Наступні два стовпці є різницями у часі між сусідніми мітками для обох видів. Ці дані можуть бути корисні для отримання номінальної частоти отримання даних.

Далі є наступна важлива складова даних для аналізу, тобто координати, що прикріплені до описаного раніше часу. У першу чергу це положення пера по x та у осях, у випадку наявності даних pressure, це представляє ще z-координату. Також є додаткові дані нахилу по обох осях.

3.5.2 Аналіз груп з однаковою часовою міткою

Одним з важливих моментів підготовки даних є їх очищення і приведення до цілісності [38]. Серед артефактів даних може виникнути дублювання часу для певної кількості точок. Для аналізу із залученням часових міток кожна з них повинна мати лише одне відповідне положення руки, що виражається у координатах. Аспектом, що розглядається є групи координат, у яких однакова

часова мітка, при цьому самі дані положення x , y є різними, приклад таких даних подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Приклад різних координат для одного часу

registered	scheduled	r delta	s delta	x	y
0:0:1.848	0:0:1.849	0	0	12.906	-31.3687
0:0:1.849	0:0:1.849	0	0	12.726	-31.1895

У прикладі продемонстровано дублювання часу видачі події бібліотекою, але потенційно можуть з'явитись і різні координати для одного часу, наприклад, у випадку шумів. Для кращого розуміння такої відповідності, дані було проаналізовано з точки зору часових груп.

Приклад статистики для обох видів міток показано на рисунку 3.7. Тут подано основні статистичні характеристики [39], що дозволяє побачити картину загалом для обраного набору даних з точки зору повторення часу для різних координат. Також вказано розподіл груп з різною кількістю координат для однієї часової мітки. На основі такої статистики можна зробити загальний висновок про чистоту цих даних щодо часових міток. Для аналізу використано бібліотеку `pandas`, що надає `DataFrame`, який можна розуміти як таблицю з даними, такий вигляд дозволяє зручну аналізувати окремі аспекти і робити перетворення даних. Загалом, бібліотека надає зручний набір методів для аналізу даних.

```

counted_by_registered = df['registeredTime'].value_counts()
display(counted_by_registered.describe())

display(counted_by_registered.value_counts().sort_index())

count      995.00000
mean       1.01407
std        0.11784
min        1.00000
25%        1.00000
50%        1.00000
75%        1.00000
max        2.00000
Name: count, dtype: float64
count
1      981
2       14

counted_by_scheduled = df['scheduledTime'].value_counts()
display(counted_by_scheduled.describe())

display(counted_by_scheduled.value_counts().sort_index())

count      882.00000
mean       1.143991
std        0.351280
min        1.000000
25%        1.000000
50%        1.000000
75%        1.000000
max        2.000000
Name: count, dtype: float64
count
1       755
2        127

```

Рисунок 3.7 – Статистика для часу виникнення події (ліворуч) і часу видачі бібліотекою (праворуч)

Як видно з процентилів для часу виникнення події, більшість координат мають лише одну часову мітку [40]. Але з нижньої частини виводу можна побачити, що існує певна кількість часових міток, у яких є дві зв'язаних групи координат. Для часу бібліотеки статистика гірша, видно більш значне повторення часових міток, що характеризує затримку видачі зареєстрованих точок бібліотекою. Корисним є графік часових рядів [41], що дозволяє показати такі артефакти візуально у часі, це показано на рисунку 3.8.

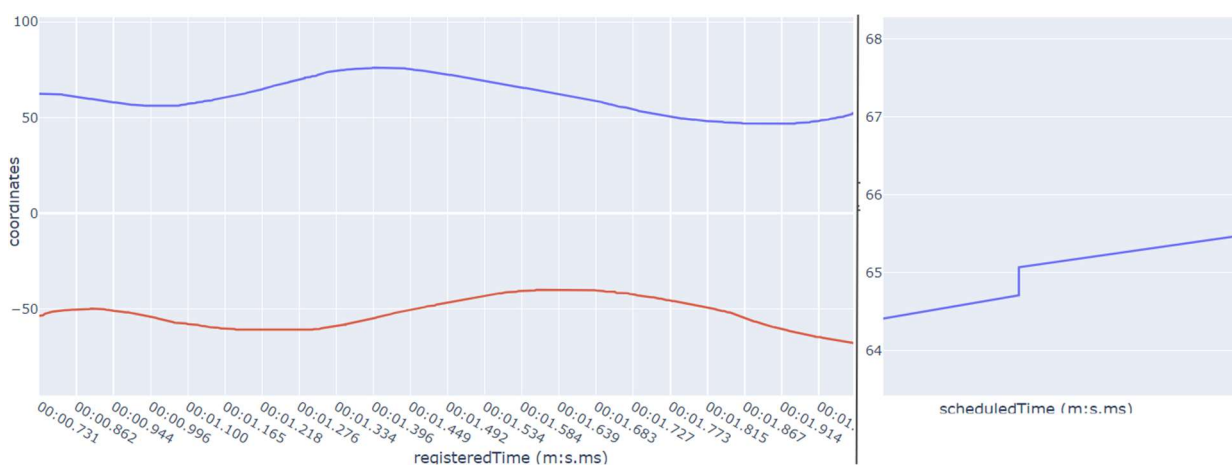


Рисунок 3.8 – Графік координат з прив'язкою до часу (ліворуч), дублювання часу (праворуч)

Відповідно, по осі x розміщується час, а у показує значення координати x або y (різні лінії на графіку). Ліворуч показано частину графіку для часу виникнення, лінія плавна і показує лінійний рух.

Праворуч на рисунку показано приклад дуб часу для різних координат. Як видно, невелика частина лінії має вертикальну складову, що показує, що час для цього відрізка є однаковим, хоча координата змінюється. Загалом, графік також дозволяє побачити зміну координат в часі, що корисно для розуміння характеру зміни положення.

3.6 Аналіз отриманих даних

Теоретичний опис процесу аналізу поданий у розділі 2. Для кращого розуміння тут буде показано деякі кроки його аналізу [42] на прикладі отриманих

даних, код для аналізу є у репозиторії [43]. Для більшої наочності можна навести часово-просторову візуалізацію, що на рисунку 3.9. У якості x , y осей подані відповідні координати. z представляє часова складова.

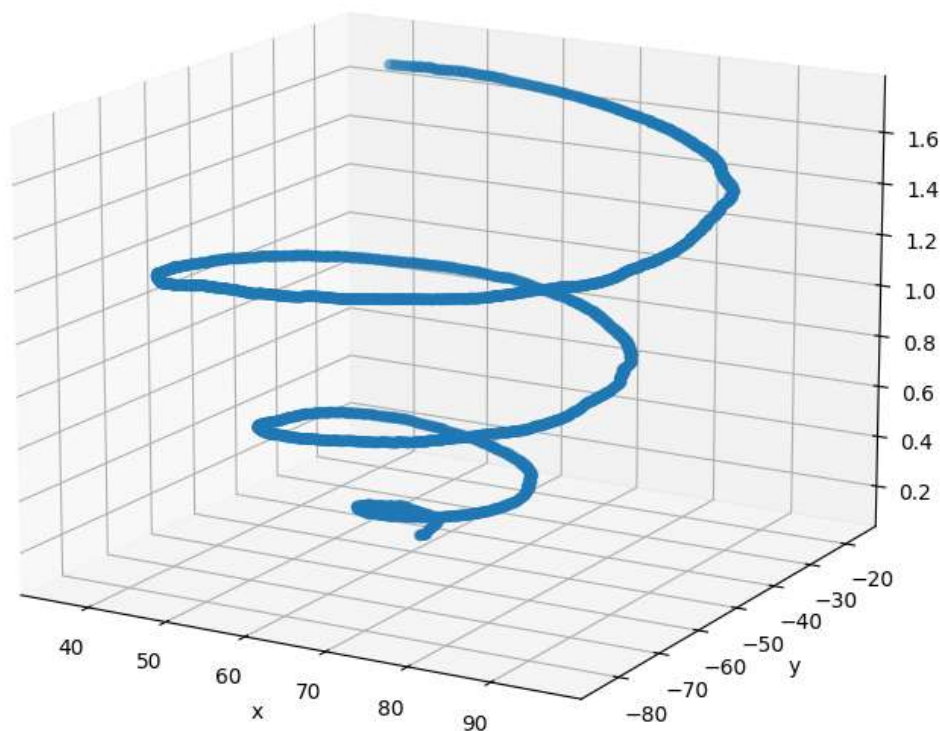


Рисунок 3.9 – Часово-просторова візуалізація отриманих даних

У подальшому дані потрібно очистити, зокрема видалити дублікати та NaN-значення, що потенційно можуть виникнути, якщо записуються всі положення пера після ввімкнення запису або коли малювання відбулось пізніше або ж вимкнення запису було зроблено не відразу. Прототип Java-застосунку робить запис точок лише, коли перо опущене, відповідно така поведінка не є характерною для нього, проте якщо використовуються дані з інших джерел, що зводяться, то цей спосіб очищення буде корисним. У випадку видалення порожніх значень для координат можна скористатись інтерполяцією [44], що дає можливість уникнути розривів даних, якби такі значення просто відкидались.

Початкові декартові координати переводяться в полярні, вигляд спіралі у таких координатах показано на рисунку 3.10. Далі проведемо розгортання цієї спіралі з перетворенням координат у полярні.

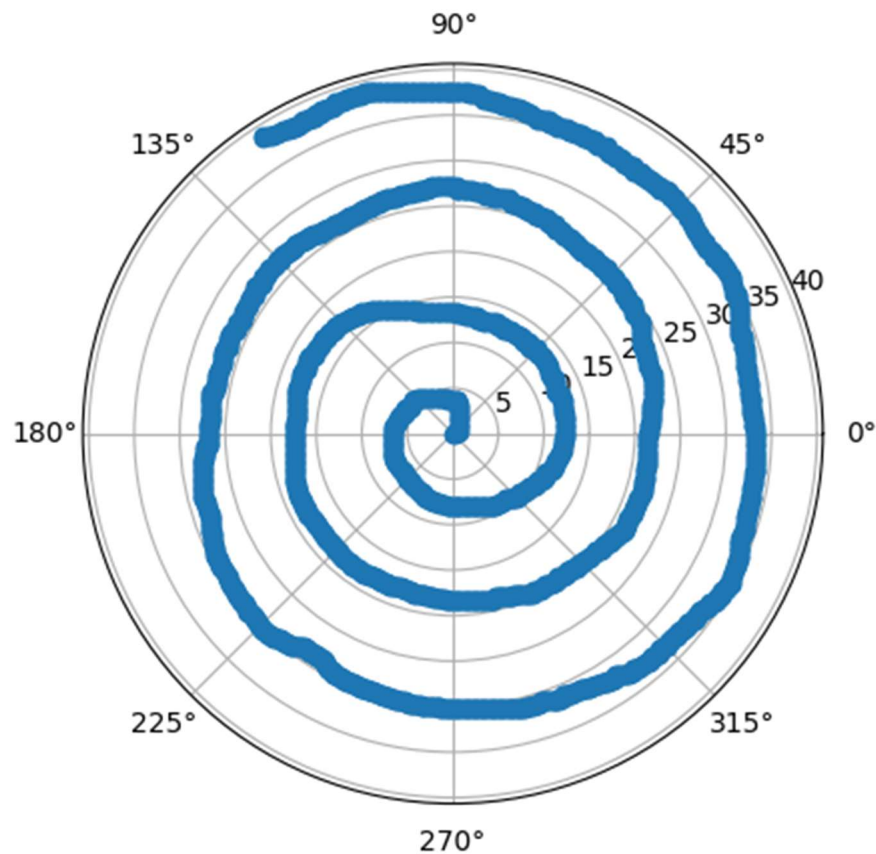


Рисунок 3.10 – Вигляд малюнку в полярних координатах

Для порівняння і визначення відхилень окремою лінією подано усереднені значення на кожному проміжку кривої, результат подано на рисунку 3.11. За допомогою методу `numpy.unwrap` спіраль випрямляється. Усереднення відбувається з допомогою методу `curve_fit` та обраної функції [45]. Згладжені значення ρ записуються у вигляді окремих колонок, що дозволяє працювати з ними у числовому представленні.

Функція `curve_fit` використовується для згладжування функції до набору даних. Вона застосовує метод найменших квадратів для зміни нелінійної функції до даних, оптимізуючи параметри функції для найкращого узгодження з даними. Функція моделює зв'язок між незалежною θ і залежною змінною ρ . У процес отримуються параметри, які будуть оптимізовані, для цього використовуються початкові припущені. Оптимізовані параметри застосовуються до функції для обчислення підігнаних значень ρ . Результат оптимізації забезпечує найкращу відповідність функції до наданих даних. У випадку цього дослідження таке згладжування є ключовим у процесі аналізу.

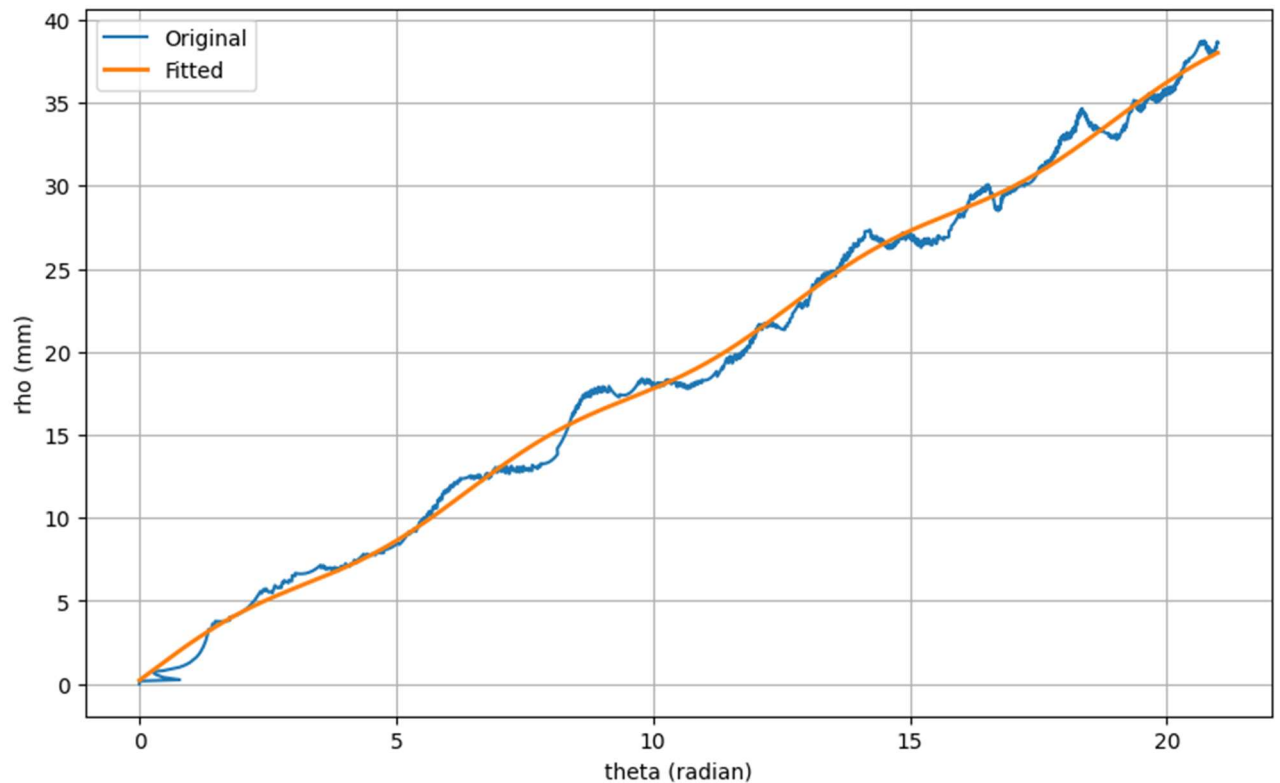


Рисунок 3.11 – Розгорнута спіраль та її усереднена траєкторія

У випадку цієї спіралі можна побачити, що коливання є здебільшого низькочастотними і не дуже значними, у випадку наявності тремору ці коливання будуть мати вищу частоту. Окрім такого способу згладжування можна застосувати фільтр Гауса з різною інтенсивністю, що дозволяє отримувати різні ступені згладжування початкової траєкторії. Таке представлення може бути корисне для виділення окремих компонент серед усього проміжку або прибирання певних артефактів даних, проте для картини в цілому і отримання значень відхилень потрібно використати саме усереднене значення кожного проміжку кривої.

Оскільки є значення радіальних координат для намальованої спіралі та її згладженої версії, то амплітудну складову тремору можна визначити як різницю між цими спіралями. Ця різниця візуалізована на рисунку 3.12. Тут показані значення куту в часі. Як видно значення можуть бути відхилені в обидві сторони від усередненої спіралі. У подальшому значення відхилення можна перевести в кількісне значення URS для оцінки. Може існувати певна похибка, яка на пряму залежить від інтенсивності згладжування.

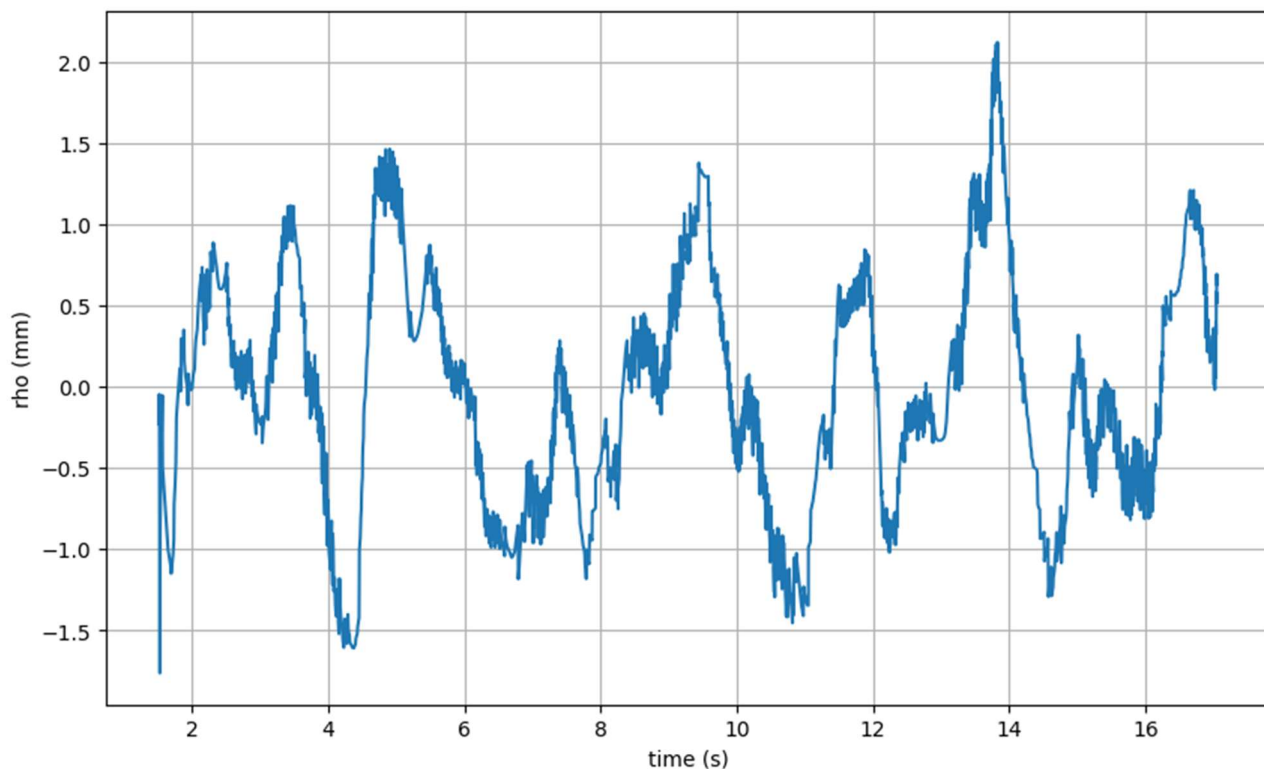


Рисунок 3.12 – Залишкове відхилення від згладженої спіралі

Застосувавши швидше перетворення Фур'є для цих значень відхилень можна отримати частотний розподіл [46], як на рисунку 3.13. Частота дискретизації при цьому визначається як номінальна частота точок, оскільки є перша та останні часові мітки і кількість усіх точок, то на основі цього можна отримати таку частоту. Як було досліджено, графічний планшет не забезпечує постійну частоту, а вона може змінюватись, окрім цього також треба враховувати час передачі, а також додаткову затримку, що накладається програмним забезпеченням.

У випадку конкретно цього графіку видно, що ніякі з частот не мають явної переваги, тому тремор відсутній. При потребі отримання більш детального графіку конкретного набору частот, його можна масштабувати у цьому місці, що є перевагою такої візуалізації. Як було сказано раніше, різні розлади рухів мають різну частоту тремору, звідси зрозуміло, що такий аналіз є особливо корисним для визначення конкретного виду.

Кількісні значення такого розподілу складають оцінку URD. Порівнюючи оцінки із загальною шкалою можна зробити певний висновок щодо наявності тремору.

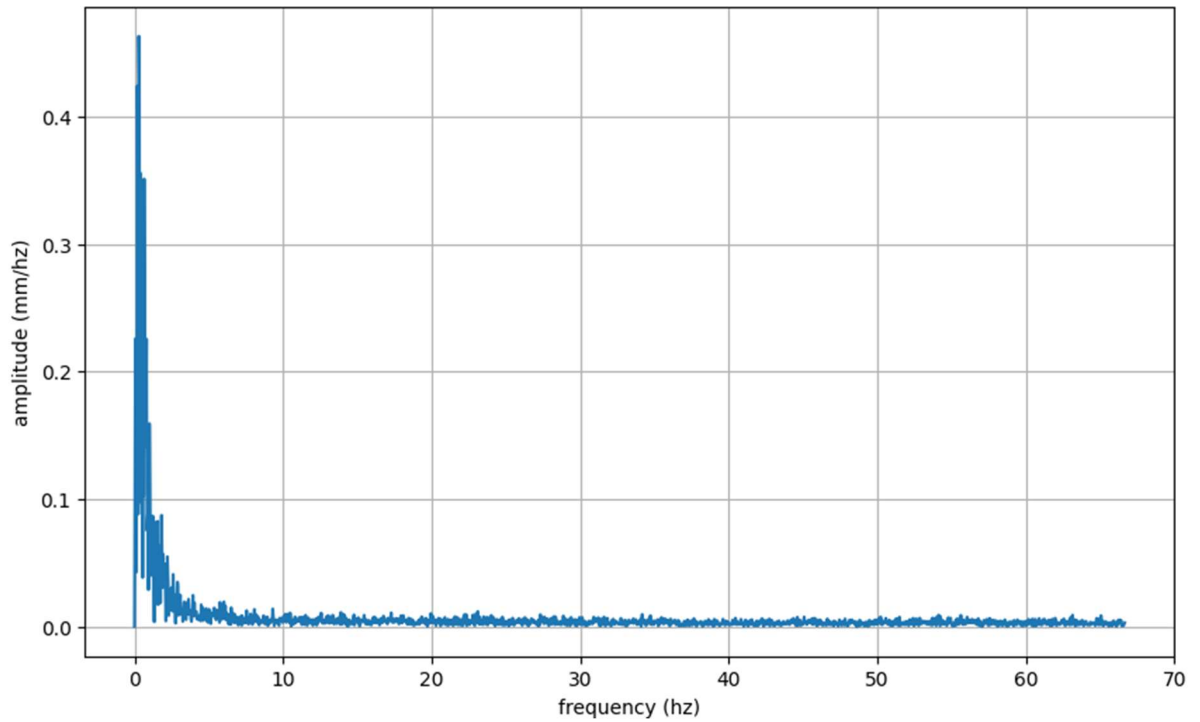


Рисунок 3.13 – Частотна складова руху з використання FFT

Для порівняння на рисунку 3.14 наведено частотний аналіз для людини з тремором [23].

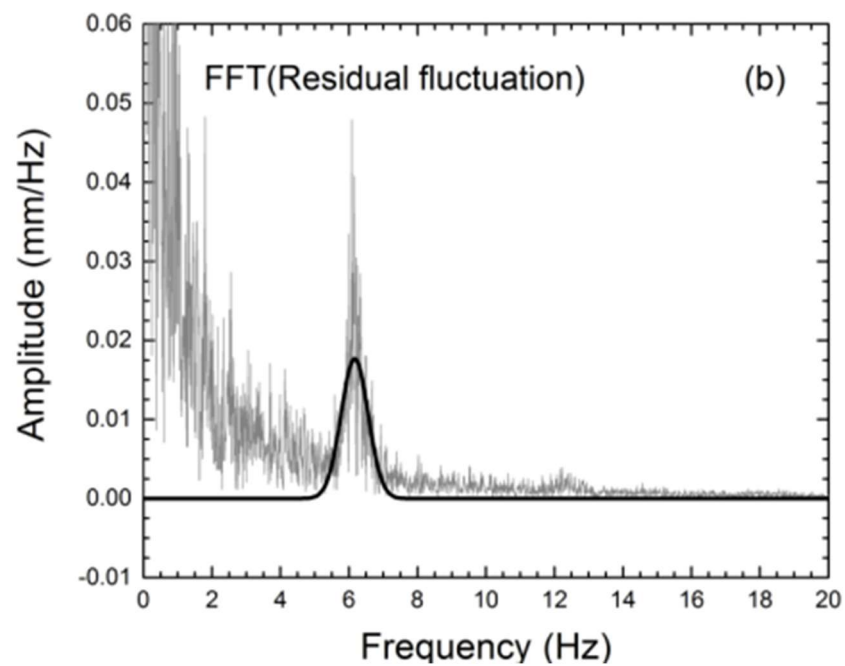


Рисунок 3.14 – Переважання певної частоти при аналізі

У подальшому такий алгоритм аналізу можна використати для машинного навчання, де оцінки будуть статистичними критеріями.

Загальна діаграма роботи інформаційної системи для діагностики тремору показана на рисунку 3.15.

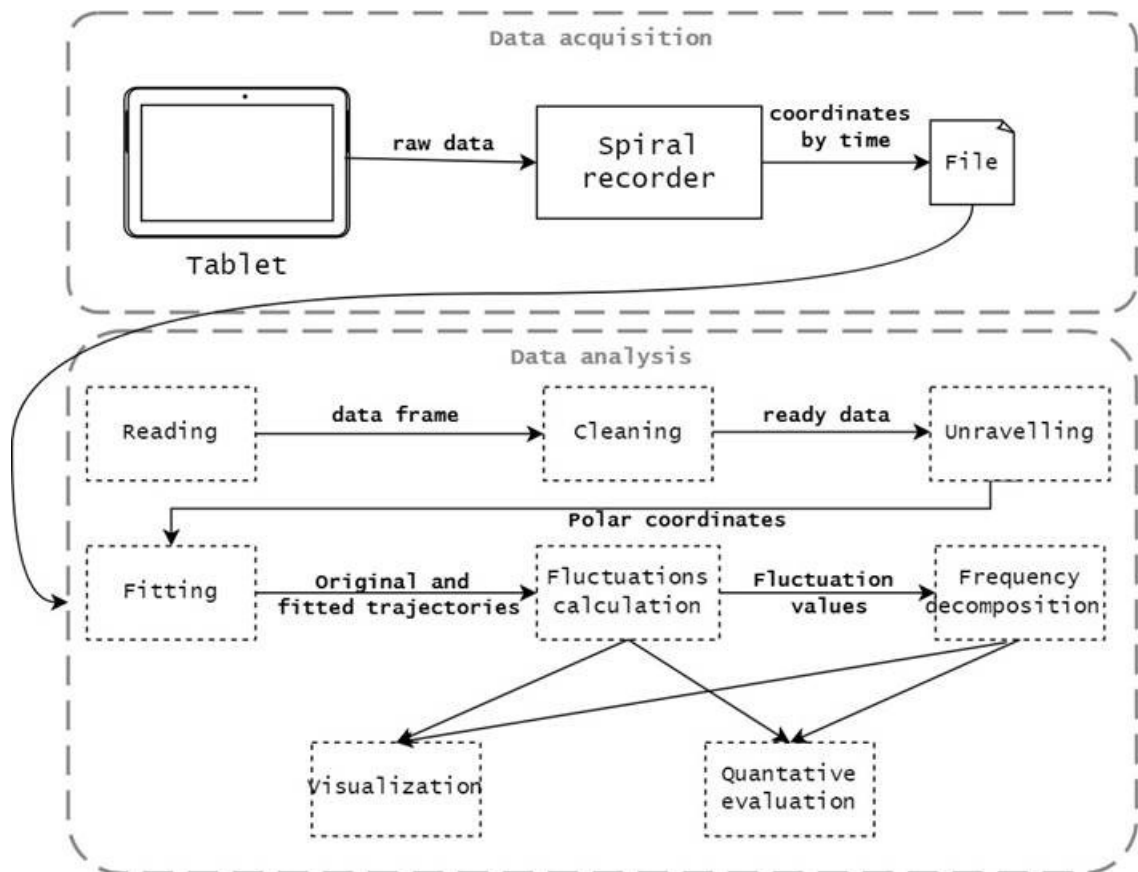


Рисунок 3.15 – Загальна діаграма роботи рішення

Верхня частина діаграми демонструє основні частини функціональної діаграми, що була показана раніше, внизу показано кроки аналізу даних. Покроковий опис:

- Дані з планшету надходять до прототипу у вигляді подій з часом, координатами і додатковими даними.
- Прототип записує ці дані у файл з відповідною структурою.
- Першим етапом аналізу є їх читання у DataFrame для зручного доступу.
- Відбувається первинна очистка даних, перетворення часових міток у відповідний тип.

- Декартові координати перетворюються у полярні, відбувається розгортання спіралі.
- Для розгорнутої спіралі отримується згладжений варіант, що і буде використовуватись для порівняння.
- Визначається відхилення малюнку від згладженої траєкторії. На основі цього визначається перша оцінка.

Далі потрібно провести розклад амплітуди на частотні складові. Це дозволяє отримати оцінку і зрозуміти конкретний вид розладу.

3.7 Висновок до третього розділу

У розділі розглянуто процес створення інструменту для діагностики тремору з використанням графічний планшету. Увагу акцентовано на ключових аспектах цього процесу, починаючи від вибору технологій до адаптації алгоритмів обробки даних. Перш за все, розглянуто вимоги до програмного забезпечення для запису координат та часу руху, що є основою для подальшого аналізу. Детально описано технології, що використовуються, включаючи бібліотеку для роботи з графічним планшетом та інструменти для аналізу даних.

Як приклад однієї з потенційних задач при створенні такої системи подано проблему повторення часової мітки для різних значень. Описано формат даних і первинний їх аналіз з відповідними статистичними метриками і графіка для наочної демонстрації даних.

Важливою частиною роботи є вирішення технічних проблем, таких як сумісність компонентів системи та оптимізація процесів обробки даних. Це вимагає розуміння особливостей процесу запису рухів, ключових етапів отримання даних та слабких місць при обраній архітектурі.

Отже, у розділі подано практичну складову дослідження від огляду апаратної складової та створення програмного забезпечення для цього з демонстрацією архітектури рішення до аналізу отриманих даних з результируючими графіками.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Підвищення стійкості роботи промислових підприємств у воєнний час

Ефективність економіки держави залежить від того, наскільки окремі галузі господарства здатні стійко працювати не тільки у звичайних умовах, а й в умовах НС мирного та воєнного часу.

Значні руйнування та втрати серед населення, викликані наслідками НС, у даному випадку наслідку воєнного часу, можуть стати причиною різкого скорочення випуску промислової та сільськогосподарської продукції, а отже і зниження економічного потенціалу держави. Виникає потреба завчасного вживання заходів щодо забезпечення стійкої роботи промислових об'єктів на випадок виникнення НС.

Знання можливих НС, характерних для даної місцевості та виробництва, дозволяє диференційовано і цілеспрямовано розробляти та здійснювати заходи, які можуть запобігти аваріям, катастрофам та стихійним лихам або пом'якшити їх наслідки.

Стійкість роботи об'єкта господарської діяльності – це здатність його в умовах НС випускати продукцію у запланованому обсязі та визначеної номенклатури, а у разі слабких та середніх руйнувань або порушення матеріального постачання – відновлювати виробництво власними силами у короткий термін [47].

На стійкість роботи об'єкта впливають такі фактори:

- захищеність робітників та службовців від уражальних факторів у НС;
- здатність інженерно-технічного комплексу об'єкта (будівель, споруд, обладнання та комунально-енергетичних мереж) протистояти руйнівній дії
- уражальних факторів аварій, катастроф, стихійного лиха та сучасної зброї;
- надійність постачання об'єкта електроенергією, водою, паливом,

- комплектуючими та сировиною;
- підготовленість об'єкта до проведення аварійно-рятувальних та
- відновлюваних робіт;
- оперативність управління виробництвом та здійсненням заходів ЦЗ у НС.

Підвищення стійкості об'єкта досягають проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних, організаційних заходів. До інженерно-технічних заходів належать роботи, що забезпечують стійкість виробничих будівель і споруд, обладнання та комунально-енергетичних систем.

Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості об'єкта спрощенням технологічного процесу виробництва кінцевої продукції та виключенням або обмеженням розвитку аварій. Організаційні заходи передбачають розробку ефективних дій керівного складу, служб та формувань ЦЗ, спрямованих на захист виробничого персоналу, проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, а також відновлення виробництва.

У останні роки спостерігається зростаюча увага до питань забезпечення екологічної безпеки та стійкості об'єктів господарської діяльності (ОГД) під час надзвичайних ситуацій. Важливість цих питань стає особливо актуальною в умовах складних виробничих процесів та високої взаємозалежності між галузями промисловості.

Забезпечення стійкості роботи ОГД під час воєнного часу має критичне значення для забезпечення безперервного функціонування економіки та збереження виробничого потенціалу. Це особливо важливо для збереження виробничих ланцюжків та забезпечення необхідної продукції для цивільного населення та військових потреб.

Стійкість роботи ОГД в умовах надзвичайних ситуацій визначається кількома факторами, серед яких надійність захисту персоналу, здатність технічних систем протистояти впливу вражаючих факторів, надійність постачання необхідних ресурсів, ефективне управління виробництвом та готовність до відновлення порушеного виробництва.

Розв'язання цих завдань передбачає комплексний підхід до організації виробництва та систематичну підготовку об'єктів господарської діяльності до можливих надзвичайних ситуацій. Тільки такий підхід може забезпечити ефективний захист персоналу та надійність функціонування ОГД в умовах надзвичайних обставин. Важливою складовою загальної стійкості підприємства також є фінансова політика та захист працівників [48].

Для об'єктів, що не виробляють матеріальні цінності (транспорт, зв'язок), під стійкістю їх роботи розуміють здатність виконувати свої функції у НС. Для об'єктів економіки держави в цілому під стійкістю функціонування розуміють здатність забезпечити життєдіяльність країни, виробництво продукції (промислової, сільськогосподарської), роботу енергетики, транспорту, зв'язку у воєнний час та у будь-яких надзвичайних ситуаціях. Таким чином, стійкість об'єктів народного господарства – це здатність всього комплексу, тобто будівель, обладнання, складів, комунікацій, технологічне обладнання, транспорту протистояти руйнівним діям вражаючих факторів.

Основні шляхи підвищення стійкості роботи промислових об'єктів у надзвичайних умовах мирного і воєнного часів:

- забезпечення надійного захисту робітників і службовців від ЗМУ (засобів масового ураження);
- захист виробничих фондів від вражаючих факторів ЗМУ, в тому числі і від вторинних;
- підвищення надійності і оперативності управління виробництвом і ЦЗ;
- забезпечення стійкості постачання підприємства електроенергією, газом, водою та інше;
- підготовка об'єкта до проведення відновлювальних робіт.

Підвищення стійкості роботи промислових підприємств в умовах НС мирного і воєнного часів досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних і організаційних заходів. Інженерно-технічні заходи (ІТЗ) включають комплекс робіт по підвищенню міцності і надійності будинків, споруд комунально-енергетичних систем, матеріально-технічних запасів. Технологічні заходи спрямовані на підвищення стійкості

виробництва шляхом заміни існуючого технологічного режиму роботи на такий, що виключає можливість виникнення вторинних вражаючих факторів. Організаційні заходи передбачають розробку і планування дій в умовах НС керівного складу об'єкту, штабу, служб та невоєнізованих формувань ЦЗ по захисту робітників і службовців, проведення рятувальних робіт та відновлення порушеного виробництва.

Підвищення стійкості об'єкта досягається посиленням найбільш слабких (вражаючих) елементів і ділянок об'єкта. Для цього на кожному ОГД завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи. Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких підприємство буде стійке до впливу дуже значних надлишкових тисків, однак це пов'язано з великими витратами засобів і матеріалів і може бути виправдано лише при захисті унікальних, особливо важливих елементів об'єкта. Заходи будуть економічно обґрунтовані, якщо вони максимально узгоджені із завданнями, які розв'язуються в мирний час для забезпечення безаварійної роботи, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу. Підвищення характеристик міцності проводять, якщо:

- окремі особливо важливі будинки і спорудження значно слабші за інші і їхню міцність доцільно довести до прийнятої для даного підприємства межі стійкості;
- необхідно зберегти деякі важливі ділянки (цехи), які можуть самостійно функціонувати при виході з ладу інших і забезпечать випуск особливо цінної продукції.

При проектуванні і будівництві нових цехів підвищення стійкості може бути досягнуто застосуванням для несучих конструкцій високоміцних і легких матеріалів (легованих сталей, алюмінієвих сплавів). При будівництві і реконструкції промислових споруд необхідно використовувати стійкі матеріали, що збільшать стійкість споруди. Загалом, стійкість роботи підприємств є важливим фактором для економіки країни та забезпечення її існування та розвитку.

4.2 Заходи, що покращують умови праці оператора

Трудовим законодавством передбачено, що роботодавець зобов'язаний щорічно забезпечувати реалізацію заходів щодо поліпшення умов і охорони праці, в тому числі розроблених за результатами атестації робочих місць за умовами праці та оцінки рівнів професійних ризиків [49].

З метою реалізації цієї норми існує перелік щорічно реалізованих роботодавцем заходів щодо поліпшення умов і охорони праці та зниження рівнів професійних ризиків.

У перелік включені наступні заходи:

- Проведення в установленому порядку робіт з атестації робочих місць за умовами праці, оцінці рівнів професійних ризиків.
- Реалізація заходів щодо поліпшення умов праці, в тому числі розроблених за результатами атестації робочих місць за умовами праці, та оцінки рівнів професійних ризиків.
- Впровадження систем (пристроїв) автоматичного та дистанційного керування і регулювання виробничим обладнанням, технологічними процесами, підйомними і транспортними пристроями.
- Придбання та монтаж засобів сигналізації про порушення нормального функціонування виробничого устаткування, засобів аварійної зупинки, а також пристроїв, що дозволяють виключити виникнення небезпечних ситуацій при повному або частковому припиненні енергопостачання і подальшому його відновленні.
- Влаштування огорож елементів виробничого устаткування від впливу рухомих частин, а також розлітаються предметів, включаючи наявність фіксаторів, блокувань, герметизуючих та інших елементів.
- Пристрій нових і (або) модернізація наявних засобів колективного захисту працівників від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.
- Нанесення на виробниче обладнання, органи управління і контролю, елементи конструкцій, комунікацій і на інші об'єкти сигнальних кольорів і знаків безпеки.

- Впровадження систем автоматичного контролю рівнів небезпечних і шкідливих виробничих факторів на робочих місцях.
- Впровадження та (або) модернізація технічних пристроїв, що забезпечують захист працівників від ураження електричним струмом.
- Встановлення запобіжних, захисних і сигнальних пристроїв (пристосувань) з метою забезпечення безпечної експлуатації та аварійного захисту парових, водяних, газових, кислотних, лужних, расплавних та інших виробничих комунікацій, обладнання і споруд.
- Механізація і автоматизація технологічних операцій (процесів), пов'язаних із зберіганням, переміщенням (транспортуванням), заповненням і спорожненням пересувних та стаціонарних резервуарів (судин) з отруйними, агресивними, легкозаймистими і горючими рідинами, використовуваними у виробництві.

Конкретний перелік заходів щодо поліпшення умов і охорони праці та зниження рівнів професійних ризиків визначає роботодавець виходячи із специфіки його діяльності [50].

Фінансування заходів щодо поліпшення умов і охорони праці роботодавцями (за винятком державних унітарних підприємств та федеральних установ) повинно здійснюватися у розмірі не менше 0,2 відсотка суми витрат на виробництво продукції (робіт, послуг). Працівник не несе витрат на фінансування заходів щодо поліпшення умов і охорони праці.

4.3 Значення автоматизації виробничих процесів в питаннях охорони праці

Процес автоматизації виробництва є одним із головних напрямів технічного прогресу вже пів сторіччя. У зв'язку з розвитком автоматики з'явилася можливість звільнити людину від безпосередньої участі у виробничому процесі, що покращує умови її праці, дало час для розвитку та вирішення інших завдань. Через процес автоматизації машини не лише замінюють фізичну працю людини, а й виконують функції управління виробництвом. На рисунку 4.1 показано

промисловий робот як приклад автоматизації. При розробці цих роботів, що застосовуються в автоматизованих системах, та засобів захисту працівників та обслуговуючого персоналу повинні враховуватися специфічні властивості залучених у виробничий процес промислових роботів, пов'язані з особливостями конструкції, виконуваних функцій, динаміки та алгоритмів управління переміщенням робочих органів. Якщо ж технологія буде зроблена неправильно, то її корисність у плані безпеки буде дорівнювати нулю і така технологія буде завдавати більше шкоди, ніж користі. Самі засоби захисту повинні бути розроблені з урахуванням необхідності знаходження обслуговуючого персоналу в робочому просторі промислових роботів. Слід врахувати, що обслуговуючий персонал бере участь у включенні, програмуванні, а також обслуговуванні та контролі промислових роботів та автоматизованого виробництва загалом.



Рисунок 4.1 – Промисловий робот

При цьому процеси отримання, перетворення, передачі та використання енергії, матеріалів та інформації відбуваються в автоматичному режимі. В автоматизованому виробництві обслуговуючий персонал займається налагодженням механізмів та систем управління. Автоматизація виробництва підготовлена всім попереднім розвитком науки, техніки, технології та є закономірним продовженням механізації виробничих процесів. Водночас автоматизація – це якісно новий етап розвитку виробництва. Внаслідок автоматизації збільшується продуктивність обладнання, знижується собівартість,

скорочується брак виробів та підвищується безпека праці, покращується санітарний стан виробничих підрозділів тощо. Розвиток автоматизованих систем впливає на технічний прогрес, бо наразі всі питання створення нової техніки вирішуються комплексно. Автоматичне управління широко застосовується на складних виробництвах. Автоматичні системи управління виробництвом здійснюють безперервний контроль і точне регулювання параметрів процесу, таких як швидкість руху стрічкового конвеєра, що забезпечує високу якість продукції, що випускається. Не менш важливою є цифровізація при покращенні процесів [51].

У випадку цього дослідження, то автоматизація теж є важливим завданням, при цьому використовується графічний планшет як засіб автоматизації діагностування.

4.4 Висновок до четвертого розділу

У цьому розділі було розглянуто питання підвищення стійкості роботи промислових підприємств у воєнний час. Виявлено, що забезпечення безперебійного функціонування підприємств у період воєнних конфліктів має вирішальне значення для економічної та соціальної стабільності країни.

Важливою складовою забезпечення стабільної роботи підприємств є покращення умов праці працівників. Розглянуто набір заходів, що робить роботодавець для досягнення цієї цілі, конкретний набір заходів варто складати враховуючи специфіку кожного підприємства.

Для досягнення перелічених умов важливо не забувати про автоматизацію, це дозволяє знижувати ризики та дозволяти людям виконувати більше інтелектуальної роботи.

ВИСНОВОК

У роботі було досліджено використання графічного планшету для діагностування тремору. У процесі було визначено що така система може бути ефективним інструментом для оцінки тремору та відстеження його динаміки з часом. Використання графічного планшету дозволяє отримувати дані про рухи пацієнта, що спрощує процес діагностики та дозволяє отримувати результати швидко і точно. Додатковою перевагою є можливість збереження даних для подальшого аналізу та порівняння з іншими обстеженнями. Не менш важлива мобільність, що досягається при використанні цього методу, відповідно збільшується зручність діагностики для обох сторін процесу, також потенційно це може збільшити кількість даних, їх аналіз дозволить покращити процес лікування. Результати цього дослідження можуть бути корисними для медичної практики, сприяючи покращенню діагностики та моніторингу тремору у пацієнтів. Відзначено переваги та недоліки використанням такого методу діагностики, описано обмеження, що накладені на дигітайзер, зокрема похибка у часі та координатах.

У першому розділі було визначено тремор як складову різних розладів руху, описано відмінності між цими розладами, зокрема в амплітуді та частоті рухів. Подано основні методи діагностики тремору, визначено їх проблеми. Було описано методи з використанням портативних пристроїв, як зручний спосіб діагностики. Подальший опис сконцентрований на тесту з малювання і аналізу спіралі Архімеда як основний метод для виявлення тремору. Оскільки малювання є складною операцією для мозку, що залучає різні ділянки, то його можна використовувати для якісного аналізу рухів, зокрема і тремору. Описано процес проведення тесту з використанням планшета, відзначено відмінності між різними руховими розладами при малюванні.

У другому розділі наведений метод діагностики з використанням графічного планшета розглядається більш детально. Як технічна основа вказані ключові характеристики планшета, що впливають на можливість та якість такої діагностики. Як основні з цих характеристик визначено частоту та точність

пристрою. Перша величина важлива для задачі діагностики, оскільки різні види розладів руху мають власну частоту, відповідно, для можливості проведення тесту та здатності відрізнити різні розлади важливо мати достатнє значення. Далі описано процес діагностики, визначено важливі моменти, на які слід звернути увагу. Важливу частину розділу присвячено алгоритму аналізу даних, що отримані у процесі такої діагностики. Вказано математичне обґрунтування обраних методів перетворення. Загалом, основою аналізу є порівняння намальованої спіралі зі згладженим варіантом, що отриманий на основі малюнка. Використовуючи такий метод можна отримати кількісні значення амплітуди та частоти, з яких формується оцінка. При проведенні певної кількості таких дослідів зі збором та аналізом даних, отримані статистичні оцінки можна використати для машинного навчання і отримати систему прийняття рішень, що дозволить автоматизоване діагностування.

Третій розділ показує практичні результати проведеної роботи. Серед них описано процес розробки прототипу для збору даних, визначено технології, що використовуються для його створення та причини їх вибору. Як важлива складова такого прототипу розглянуто бібліотеку для отримання вводу з планшету, визначено основний принцип її роботи та обмеження, що впливають з нього. Зазначено види даних, що отримані у процесі тестування. Як важлива частина дослідження показано проблему дублювання часових міток для отриманих даних. Проведено аналіз отриманих даних з візуалізацією проміжних результатів. Порівняно графік при наявності і відсутності тремору.

У четвертому розділі було розглянуто підвищення стійкості роботи промислових підприємств у воєнний час, визначено фактори, що впливають на стійкість та методи, що піднімають цей показник. Окрім цього розглянуто заходи, що покращують умови праці, що є важливою складовою стабільності. Підкреслено значення автоматизації як основу успішного виробництва та засіб забезпечення охорони праці.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Boroogerdi, Babak, et al. "Clinical feasibility of a wearable, conformable sensor patch to monitor motor symptoms in Parkinson's disease." *Parkinsonism & related disorders* 61 (2019): 70-76.
2. Tremor. URL: <https://www.msdmanuals.com/uk/professional/neurologic-disorders/movement-and-cerebellar-disorders/tremor?ruleredirectid=465>
3. Саноцький Я. Є, Федоришин Л. М. Есенціальний тремор: важливі факти для пацієнтів. URL: <https://neuroclinic.lviv.ua/esenczialnyj-tremor-vazhlyvi-fakty-dlyapacziyentiv/>
4. Movement Disorders - Classifications, Symptoms and Treatments. URL: <https://www.aans.org/en/Patients/Neurosurgical-Conditions-and-Treatments/Movement-Disorders>)
5. Dirx, Michiel F., and Matteo Bologna. "The pathophysiology of Parkinson's disease tremor." *Journal of the Neurological Sciences* 435 (2022): 120196.
6. Matic, Adam, and Alex Gomez-Marin. "A customizable tablet app for hand movement research outside the lab." *Journal of Neuroscience Methods* 328 (2019): 108398.
7. Sica, Marco, et al. "Continuous home monitoring of Parkinson's disease using inertial sensors: A systematic review." *PloS one* 16.2 (2021): e0246528.
8. TOFFOLI, SIMONE. "Use of a smart ink pen for the evaluation of tremor." (2019).
9. Litvak, Vladimir, et al. "EEG and MEG primers for tracking DBS network effects." *Neuroimage* 224 (2021): 117447.
10. Shanker, Vicki. "Essential tremor: diagnosis and management." *bmj* 366 (2019).
11. Lopez-de-Ipina, Karmele, et al. "Analysis of fine motor skills in essential tremor: combining neuroimaging and handwriting biomarkers for early management." *Frontiers in Human Neuroscience* 15 (2021): 648573.

12. Kamble, Megha, Prashant Shrivastava, and Megha Jain. "Digitized spiral drawing classification for Parkinson's disease diagnosis." *Measurement: Sensors* 16 (2021): 100047.

13. Holtbernd, Florian, and N. Jon Shah. "Imaging the pathophysiology of essential tremor—a systematic review." *Frontiers in neurology* 12 (2021): 680254.

14. Essential tremor. URL: https://www.health.harvard.edu/newsletter_article/essential-tremor-and-how-to-manage-it)

15. Дигітайзер. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Дигітайзер>

16. Elble, Rodger J., and William Ondo. "Tremor rating scales and laboratory tools for assessing tremor." *Journal of the Neurological Sciences* 435 (2022): 120202.

17. Mykhalyk, Dmytro, et al. "Modern hardware and software solution for identification of abnormal neurological movements of patients with essential tremor." 2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). IEEE, 2019.

18. Stylus. URL: <https://www.thepencompany.com/blog/pens/a-guide-to-stylus-pens/>

19. Essential tremor test. URL: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/essential-tremor/multimedia/essential-tremor-test/img-20177820>

20. Tablet configuration. URL: <https://www.addictivetips.com/windows-tips/how-to-configure-a-pen-tablet-to-work-with-windows-ink-in-windows-10/>

21. Калібрування. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Калібрування>

22. Fryz, Mykhailo, et al. "Characteristic Function of Conditional Linear Random Process." ІТТАР. 2021.

23. Мудрик, Іван Ярославович. Автоматизовані системи діагностування стану пацієнтів, хворих на есенціальний тремор. Diss. Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, 2021.

24. Cartesian coordinates. URL: <https://www.techopedia.com/definition/14290/cartesian-coordinates>

25. Sonnet, Kazi S., et al. "Multi-class classification and feature analysis of ftm drawing tasks in a digital assessment of tremor." 2020 IEEE 20th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE). IEEE, 2020.

26. Empirical mode decomposition. URL: <https://samanemami.medium.com/what-is-empirical-mode-decomposition-3ec89115db6b>

27. Fryz, Mykhailo, and Bogdana Mlynko. "Properties of Stationarity and Cyclostationarity of Conditional Linear Random Processes." 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). IEEE, 2020.

28. Mondal, Dipannita, and Sheetal S. Patil. "EEG Signal Classification with Machine Learning model using PCA feature selection with Modified Hilbert transformation for Brain-Computer Interface Application." Machine Learning Applications in Engineering Education and Management 2.1 (2022): 11-19.

29. Huion specification. URL: https://www.huion.com/products/pen_display/KamvasPro/Kamvas-Pro-16.html

30. JPen. URL: <https://jpen.sourceforge.net/html-home/index.html>

31. Observer pattern. URL: <https://www.baeldung.com/java-observer-pattern>

32. Wintab. URL: <https://developer-support.wacom.com/hc/en-us/articles/12844524637975-Wintab>

33. What is DLL. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/troubleshoot/windows-client/setup-upgrade-and-drivers/dynamic-link-library>

34. Wintab basics. URL: <https://developer-docs.wacom.com/docs/icbt/windows/wintab/wintab-basics/>

35. JAR Overview. URL: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/jar/jarGuide.html>

36. Spiral recorder. URL: https://github.com/TNTU-122-Computer-Science/iosiiichuk-thesis_spiral-recorder

37. Unix Time. URL: <https://unix-time.com>

38. Data preprocessing definition. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/data-preprocessing>

39. Pandas describe. URL: <https://pandas.pydata.org/pandas-docs/stable/reference/api/pandas.DataFrame.describe.html>

40. Percentile URL: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/prc/section2/prc262.htm>

41. Ghaderpour, Ebrahim, Spiros D. Pagiatakis, and Quazi K. Hassan. "A survey on change detection and time series analysis with applications." *Applied Sciences* 11.13 (2021): 6141.

42. Petryk, Mykhaylo, et al. "Analysis technology of neurological movements considering cognitive feedback influences of cerebral cortex signals." *ІТТАР*. 2022.

43. Motion data analysis. URL: https://github.com/TNTU-122-Computer-Science/iosiiichuk-thesis_motion-data-analysis

44. Linear interpolation. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/linear-interpolation>

45. Curve fitting techniques. URL: http://sites.iiserpune.ac.in/~bhasbapat/phy221_files/curvefitting.pdf

46. Fast Fourier transform. URL: <https://www.nti-audio.com/en/support/know-how/fast-fourier-transform-fft>

47. Стефанович, Іван Станіславович, Павло Іванович Стефанович, and Тетяна Володимирівна Курбанова. "ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ОБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ." *The 6th International scientific and practical conference "Modern directions of scientific research development"* (November 24-26, 2021) BoScience Publisher, Chicago, USA. 2021. 1153 p.. 2021.

48. Захист цивільного населення під час війни. URL: https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Захист_цивільного_населення_під_час_війни

49. Про охорону праці. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>

50. Дідур, Катерина. "Економічна ефективність впровадження заходів з охорони праці." (2020).

51. Охорона праці в галузі комп'ютерингу. URL: <https://library.kre.dp.ua/Books/2-4%20kurs/Охорона%20праці%20в%20галузі%205.05010201/OP12.pdf>

ДОДАТКИ

Публікація 1 на конференцію «Актуальні задачі сучасних технологій»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

**АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ
СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Збірник
тез доповідей

**XII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023

12.	Н. М. Шведа, А. В. Поливода БІЗНЕС-МОДЕЛЬ LEAN CANVAS	328
13.	І. Пихальська, І. Періг ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТАВЛЕННЯ ЛЮДЕЙ ДО ГРОШЕЙ	330
14.	Т. І. Гудзь ВПЛИВ БУЛІНГУ НА РОЗВИТОК Я-КОНЦЕПЦІЇ ПІДЛІТКІВ	332
15.	С.-З. Ю. Хома, А. В. Семак, Г. В. Козбур LIQUIDITY POOL ЯК ЗАМІНА ЗВИЧНИХ РИНКІВ ДЛЯ ТОРГІВЛІ ВАЛЮТАМИ	334
16.	А. В. Семак, С.-З. Ю. Хома, Г. В. Козбур ВИКОРИСТАННЯ СМАРТ-КОНТРАКТІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ГОЛОСУВАННЯ НА ВИБОРАХ	336
17.	О. О. Гарматюк, В. М. Карп ЛЮДСЬКИЙ РЕСУРС: НОВІТНІСТЬ У СУЧАСНИХ ПІДХОДАХ	338
18.	М. І. Замрій, Т. Ландяк, Л. М. Мельник ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА.	340
19.	О. Б. Потіха, А. В. Лубкович ТРЕНДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ДОКУМЕНТ-КАМЕРИ	342
20.	Н. З. Лубкович, Ю. Ю. Дудун ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ	344
21.	М. С. Рудик, А. О. Хоркава НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПРОТИДІЇ ВОРОГУ У РОСІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКІЙ ВІЙНІ	346
22.	Г. Б. Машлій, О. Б. Мосій, В. Депутат РОЗВИТОК ОРГАНІЗАЦІЙ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ СЕРЕДОВИЩА	348

СЕКЦІЯ: КОМПЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

1.	Н. А. Шевченко, Г. В. Шимчук ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ БАГАТОКОЛІЙНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ МЕРЕЖЕВОЇ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ VRF	349
2.	Н. А. Шевченко, Г. В. Шимчук ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МАРШРУТИЗАЦІЇ З БАГАТЬМА МАРШРУТАМИ (EQUAL-COST MULTI-PATH)	351
3.	І. Осійчук, М. Фриз ДІАГНОСТУВАННЯ ТРЕМОРУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФІЧНОГО ПЛАНШЕТУ	353
4.	С. О. Мацюк ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЛАТФОРМИ РОЗУМНИХ МІСТ	355
5.	С. О. Мацюк ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ АРХІТЕКТУРИ РОЗУМНОГО МІСТА	357
6.	О. С. Томашук УНІКАЛЬНІСТЬ МОДЕЛІ ШТУЧНОЇ ЦЕНТРАЛЬНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ	358

УДК 004.9

І. Осійчук, М. Фриз, канд. техн. наук, доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДІАГНОСТУВАННЯ ТРЕМОРИ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФІЧНОГО ПЛАНШЕТУ

I. Osiichuk, M. Fryz, Ph.D., Assoc.Prof.

DIAGNOSING TREMOUR USING A GRAPHICS TABLET

Тремор - це ритмічні випадкові рухи або коливання частин тіла, зазвичай рук або голови. Це моторний симптом, який може виникати в різних клінічних контекстах і мати різні причини. Тремор може проявлятися як рухи невеликої амплітуди, майже непомітні для навколишніх, або як більш помітні коливання, які можуть суттєво обмежувати повсякденні активності людини.

Існують різні види тремору, а саме, есенціальний, паркінсонівський, кортикальний та психогенний тремори.

Есенціальний тремор - це найпоширеніший вид тремору, який найчастіше впливає на руки, але також може впливати на голову, голос й інші частини тіла. Есенціальний тремор зазвичай посилюється з часом.

Паркінсонівський тремор часто пов'язаний з хворобою Паркінсона, нейродегенеративним захворюванням. Він зазвичай починається в одній руці та може поширюватися на інші частини тіла з часом. Паркінсонівський тремор зазвичай відзначається тим, що він стає менш видимим під час руху і посилюється в стані спокою.

Кортикальний тремор виникає через ураження кори головного мозку і може бути пов'язаним з різними неврологічними станами, такими як міграційна аура, судинна недостатність або інші патологічні стани.

Психогенний тремор виникає під впливом психологічних чинників, таких як стрес, тривожність або психічні розлади. Він зазвичай не пов'язаний з фізичними відхиленнями в неврологічному стані організму та може зникнути після психотерапевтичного лікування.

Діагностування тремору вимагає комплексного підходу і може бути здійснено за допомогою різних клінічних методів та обстежень. Лікар проводить детальний медичний огляд пацієнта та збирає інформацію про його медичну історію, включаючи сімейну спадковість, хвороби та ліки, які пацієнт може приймати. Ця інформація може бути корисною для визначення можливих причин тремору. Повинні бути оцінені характеристики тремору, включаючи амплітуду, частоту та розповсюдження по тілу. Важливо визначити, чи тремор спостерігається у стані спокою, під час руху або в обох випадках. Проводиться неврологічне обстеження, щоб визначити, чи існують інші неврологічні ознаки, які можуть бути пов'язані з тремором. Він може перевіряти координацію, силу м'язів, рефлексів та інші параметри. Іноді лабораторні аналізи, такі як аналізи крові, можуть допомогти виключити інші медичні причини симптомів. Іноді може бути рекомендовано проведення обстеження мозку, такого як магнітно-резонансна томографія для виключення структурних аномалій або інших ознак патології. Тести на функціональні розлади лікар може виконувати щоб оцінити розлади, які можуть бути пов'язані з тремором. Наприклад, тест на специфічні рухи може бути корисним для визначення характеру тремору.

Загалом, використання цих методів є корисним і потрібним, але сучасні технології дають додаткові способи діагностування, а також роблять його більш зручним і мобільним. Графічні планшети, можуть бути корисними для діагностики

тремору та оцінки характеристик цього руху. За допомогою графічного планшету та спеціального програмного забезпечення можна записати рухи пацієнта під час тремору. Інформація про амплітуду, частоту та інші характеристики тремору може бути фіксована та аналізована. Графічний планшет може допомогти відстежувати динаміку. Використання графічного планшету дозволяє отримати більш об'єктивну оцінку тремору, оскільки він дозволяє відобразити рухи точніше. Інформацію, отриману за допомогою графічного планшету, можна порівняти з нормальними показниками тремору, що допоможе визначити, чи є пацієнт в межах норми чи відзначається аномаліями.

Використання графічного планшету для діагностики тремору може бути корисним доповненням до традиційних методів діагностики. Однак важливо, щоб використовувана технологія була належно налаштована та калібрована для забезпечення точних результатів. Одним із методів для оцінки руху пацієнта є використання спіралей, що зображені на рис. 1.

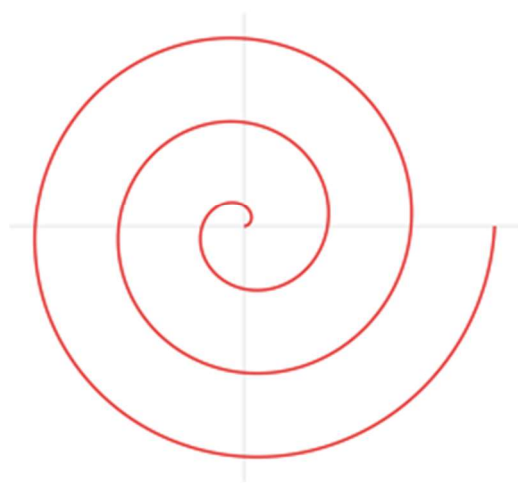


Рисунок 1. Спіраль

Для використання цього методу потрібно читати дані з планшету і обробляти їх, важливо врахувати похибку і технічні особливості засобу.

У доповіді розглянуто основні аспекти технічної реєстрації та опрацювання даних, отриманих з графічного планшету для діагностики тремору, включаючи аналіз проблеми точності.

Література

1. Vescio, Basilio, et al. "Development and validation of a new wearable mobile device for the automated detection of resting tremor in parkinson's disease and essential tremor." *Diagnostics* 11.2 (2021): 200.

2. Channa, Asma, et al. "A-WEAR bracelet for detection of hand tremor and bradykinesia in Parkinson's patients." *Sensors* 21.3 (2021): 981.

Публікація 2 на конференцію «Актуальні задачі сучасних технологій»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
6-7 грудня 2023 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023

7. **М. І. Зайченко, К.Б. Швирло** 360
ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЄКТОМ
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ ЧАСУ ТА
УПРАВЛІННЯ ЗАДАЧАМИ
8. **А. І. Маліновський, В. Р. Медвідь** 362
РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ
КЕРУВАННЯ НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРА: ОСОБЛИВОСТІ ТА
АСПЕКТИ
9. **О. О. Базиль, О. А. Шовкопляс** 364
ЕКСПЕРТНІ СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ ІНТЕРНЕТ-ДЖЕРЕЛ
10. **А. В. Сербенюк, О. С. Куроп'ятник** 365
ФОРМУВАННЯ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ
З ВИКОРИСТАННЯМ ФОРМАЛЬНИХ ГРАМАТИК
11. **Ю. Б. Апостол, П. І. Довгань, А. Т. Яворський, Р. Б. Трембач** 367
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РЕЗЕРВУАРНИМИ
ПАРКАМИ
12. **І. І. Бородій** 368
ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ
ФОРМУВАННЯ АГРЕГОВАНИХ НАДВЕЛИКИХ МАСИВІВ ДАНИХ
13. **Л. В. Волинець, Н. А. Гарматюк, В. А. Готович** 370
ВЕЛИКІ ЗА ОБСЯГОМ НАБОРИ БІОМЕДИЧНИХ ДАНИХ ТА
МАШИННЕ НАВЧАННЯ
14. **Р. П. Вархоляк** 372
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ
КОНТРОЛЮ ТИСКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ
15. **І. Р. Ралік** 373
ВИМОГИ ДО CRM-СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТОРГІВЛІ НА
ПІДПРИЄМСТВАХ
16. **В. В. Никитюк, М. В. Галюк, М. В. Тененський** 374
АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ МІКРОСЕРВІСНОЇ І
МОНОЛІТНОЇ АРХІТЕКТУР
17. **О. Войцьо** 376
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ
ВЕДЕННЯ ОБЛІКУ СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ НА
ПІДПРИЄМСТВІ SEVN-UA
18. **І. Осійчук, М. Фриз** 378
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНШЕТУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРЕМОРУ
19. **П. С. Панчишин, М. І. Паламар** 380
ОБРОБКА ДАНИХ ПІСЛЯ СКАНУВАННЯ ПОВЕРХНІ LIDAR
СИСТЕМОЮ ТА МОЖЛИВОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
20. **М. А. Беляков, к.т.н., доц. В. Б. Савків, В. І. Гетманюк** 382
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ПРОСТЕЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ
ПРОДУКЦІЇ
21. **В. С. Морохович, М. І. Хом'як** 383
ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВА РІШЕНЬ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ
КЛАСИФІКАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ НАБОРУ ДАНИХ ПАСАЖИРІВ
«ТИТАНІК»

УДК 004.9

І. Осійчук, М. Фриз, канд. техн. наук, доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАНШЕТУ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРЕМОРУ

I. Osiichuk, M. Fryz, Ph.D., Assoc.Prof.

TABLET CHARACTERISTICS FOR TREMOR DIAGNOSIS

Діагностування тремору з використанням графічного планшету - це один із сучасних методів оцінки та аналізу рухових порушень. Тремор - це випадковий ритмічний та повторюваний рух, який може бути видимим чи відчутним. Він може бути симптомом різних захворювань, таких як паркінсонізм, есенціальний тремор, дистонія та інші.

Використання графічного планшету у діагностиці тремору полягає у тому, що людина малює або пише на поверхні планшета, під час чого його датчики реєструють рухи руки та пера. Це дозволяє отримати числові дані про частоту, амплітуду та інші характеристики тремору.

Графічний планшет може надати об'єктивні дані про рухи, оскільки вимірювання проводяться електронними датчиками, що зменшує вплив людського фактора на оцінку. Він дозволяє отримати детальну інформацію про частоту та амплітуду тремору в реальному часі. Отримані дані можна обробити за допомогою спеціалізованих програм для аналізу рухів, що дозволяє проводити порівняльний аналіз, визначати зміни в часі та ефективність лікування. Графічний планшет дозволяє проводити моніторинг рухів протягом часу, що дозволяє спостерігати за змінами тремору під час лікування чи в залежності від фізичного стану пацієнта. Цей метод може бути корисним для лікарів, які займаються неврологією та реабілітацією, оскільки він надає більше об'єктивної інформації для діагностики та моніторингу тремору.

Технічні особливості графічних планшетів, які використовуються для діагностики тремору, можуть варіюватися в залежності від виробника та моделі. Графічні планшети призначені для реєстрування рухів руки та пера. Вони мають чутливі поверхні, що сприймають тиску чи рухи стилуса чи пальця, забезпечуючи аналіз рухів. Важливою характеристикою є точність вимірювань. Графічні планшети зазвичай мають високу роздільну здатність, яка дозволяє реєструвати рухи з високою деталізацією. Деякі моделі можуть фіксувати не лише точки контакту, а й реєструвати час між ними, що дозволяє аналізувати не лише рухи, але й їх часові параметри. Деякі моделі можуть бути легкими, портативними та мають вбудовану підтримку для роботи з різними типами датчиків.

Ці особливості забезпечують зручність та точність у використанні графічного планшету для діагностики тремору та аналізу рухів. Враховуючи їхні можливості, лікарі можуть отримати більш об'єктивні та деталізовані дані для ефективної діагностики та моніторингу пацієнтів. У випадку мого дослідження створюється програмне забезпечення, що дозволяє реєструвати точки та час, що надходять з графічного планшету, тому є важливим розуміти обмеження та особливості пристрою.

Важливими характеристиками планшету для цієї задачі є розмір активної зони, розширення, час відгуку та частота опитування.

Розмір активної зони - це площа поверхні планшету, яка реагує на дотик або рухи стилуса чи пальця. Для діагностики тремору важливо мати достатньо велику активну зону, щоб забезпечити комфортну роботу для пацієнта та точність реєстрації рухів. Більша активна зона може дозволити виявити більше деталей тремору та отримати більш об'єктивні дані.

Розширення - це кількість точок на дюйм, які можуть бути зафіксовані планшетом. Високе розширення важливе для отримання деталізованих даних про рухи. Більша кількість точок на площині дозволяє отримувати більше точних та деталізованих записів рухів.

Час відгуку - це час, який необхідний планшету для реагування на дотик чи рух. Низький час відгуку є важливим для роботи в режимі реального часу і для точної реєстрації рухів без затримок. Швидка реакція планшету важлива для точності реєстрації, особливо коли досліджується тремор, який може бути швидким та ритмічним.

Частота опитування - це частота, з якою планшет зчитує дані про рухи. Вища частота опитування дозволяє отримувати більше точок даних на одиницю часу. Для аналізу рухів, особливо тремору, важливо мати високу частоту опитування для отримання деталізованої інформації про частоту та амплітуду тремору.

Також потрібно враховувати деякі фактори, які при проведенні дослідження можуть видозмінити дані. Навколишні фактори, такі як вібрації, електромагнітні сигнали або інші рухи, можуть спотворити дані, впливаючи на точність реєстрації рухів тремору. Неправильне розміщення руки пацієнта на планшеті або незручність під час виконання завдань може призвести до недостатньої стабільності рухів, що ускладнює точну реєстрацію тремору. Деякі види тремору можуть мати схожі характеристики рухів, що може робити важкою їхню ідентифікацію за допомогою графічного планшету. Графічний планшет може фіксувати лише аспекти рухів тремору, проте комплексне дослідження потребує інших додаткових методів та клінічного контексту. Ці проблеми необхідно враховувати при використанні графічних планшетів для діагностики тремору. Важливо мати комплексний підхід до оцінки та узгоджувати результати із клінічними даними та іншими методами діагностики для більш точного та повного розуміння стану пацієнта.

Література

1. Haubenberger, Dietrich, et al. "Transducer-based evaluation of tremor." *Movement Disorders* 31.9 (2016): 1327-1336
2. Elble, Rodger J., et al. "Quantification of essential tremor in writing and drawing." *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society* 11.1 (1996): 70-78.

Публікація 1 на конференцію «Природничі та гуманітарні науки.

Актуальні питання»

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет технологій та економіки
імені Хелени Ходковської (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове
товариство*



**VII МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.**

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

25-26 квітня 2024 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2024

Осійчук І., Марків К. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕСЕНЦІАЛЬНОГО ТРЕМОРУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДИГІТАЙЗЕРА	343
Мельник Н. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РОЗГОРТАННЯ АРТЕФАКТІВ ЕКОСИСТЕМИ НАДООР	345
Осійчук І., БарнаТ. ВАЖЛИВІ МОМЕНТИ І ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАНШЕТУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ РОЗЛАДІВ РУХУ	347

УДК 004.9

Осійчук І. – ст. гр. СНм-61, Марків К. – ст. гр. СН-41

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕСЕНЦІАЛЬНОГО ТРЕМОРУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДИГІТАЙЗЕРА

Науковий керівник: к.т.н., доцент Фриз М.Є.

Osiichuk I., Markiv K.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR DIAGNOSING ESSENTIAL TREMOR USING DIGITIZER

Supervisor: Ph.D., Assoc.Prof. Mykhailo Fryz

Ключові слова: діагностика тремору, дигітайзер, реєстрація рухів
Keywords: tremor diagnosis, digitizer, motion capture

The problem of movement disorders, particularly essential tremor (ET), is relevant for many people. To improve a person's condition, accurate diagnosis at various stages of treatment is important. For this purpose, various diagnostic methods have been developed, those using modern technologies being especially popular due to convenience, mobility, and accuracy. Various devices can be used, including smartphones and graphics tablets [1].

When using a digitizer, the method of drawing the Archimedean spiral is usually implemented. Spirals and straight lines are patterns that are used the most in the clinical evaluation procedure for ET. Data gathering about pen tip location, pressure exerted, and tilt angles is made easier with the use of digital graphic boards. Pen tip coordinates have been analyzed using a variety of methods, including polar (radius and angle) and Cartesian (y-x-position) coordinates. Many metrics, such as changes in radius per angle, radial error, and deviation analysis from an ideal or pre-established spiral, have been reported to spiral frequency and time. Variations from the initial point have also been investigated. Studies have also looked at things like the spiral's principal tremor axis and spiral width variability [2].

Software used for ET diagnosing is to fulfil a certain set of requirements:

- The software should enable motion capture using a graphics tablet, accounting for errors and environmental factors.
- Data should include duration, intensity, and characteristics of motions such as coordinates and pen pressure values.
- The program should record these motions in a convenient data analysis format, including metadata like tablet technical specifications and recording start time.
- Technical considerations include cross-platform compatibility for universality and minimizing software layer delays.
- Challenges in implementation may arise from minimizing latency, varying OS drivers' effectiveness, and differences in tablet hardware characteristics.
- Establishing a reference point for coordinate registration is vital, given potential hardware discrepancies.

For the research purposes, a prototype for receiving data from a graphic tablet has been created. The technologies chosen were the Java programming language and the JPen library for reading tablet input [3] and Swing for implementing the graphical interface. JPen detects connected graphic tablets using platform-specific APIs or drivers provided by tablet manufacturers [3] (Wintab-Windows, Cocoa-MacOS, XInput-Linux). The library employs an event-driven architecture, where developers register event listeners to handle various pen input events (presses, releases, movements, pressure changes, tilts, and rotations). When an event occurs, JPen triggers the corresponding event listener, passing relevant data along with a timestamp. The class diagram of the created solution is shown in Figure 1.

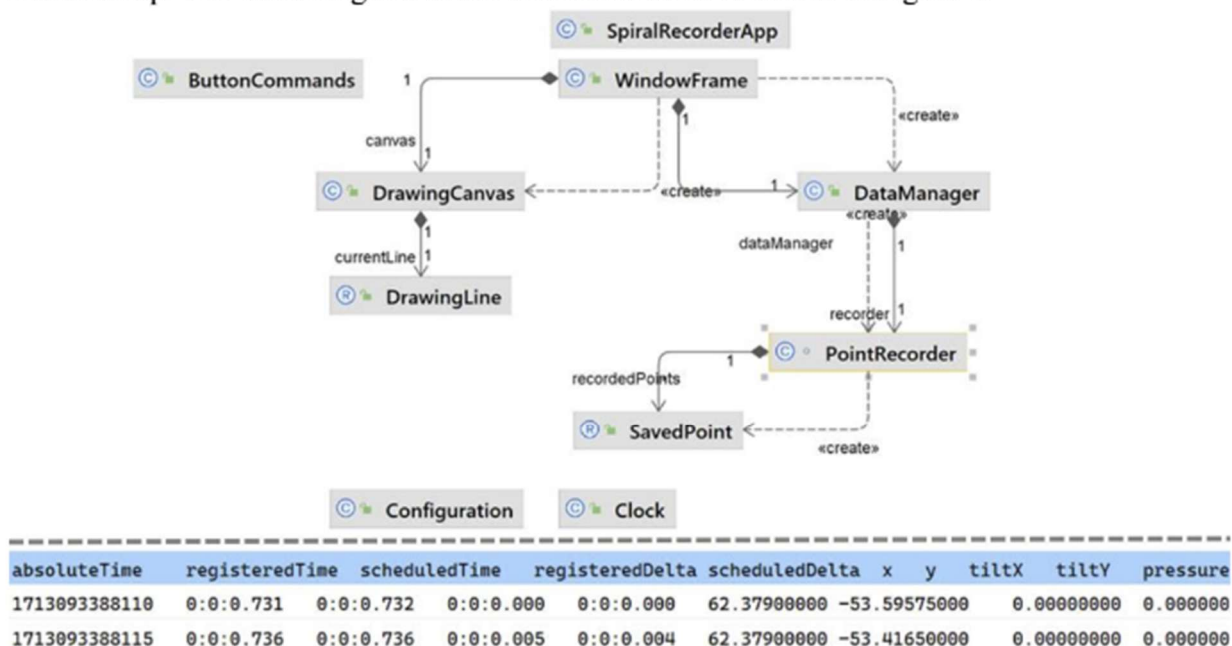


Figure 1: The class diagram of the prototype for motion capture

The DrawingCanvas and DataManager are important components, responsible for displaying the image on the screen and writing the input data from the tablet to a file for further analysis, respectively. The above figure shows the format of the collected data, with absoluteTime as the timestamp of the drawing event, registered (by tablet) and scheduled (library issued the event) times. Accordingly, delta fields show the time differences. Next are the coordinate values, the pen tilt on both axes and the pressure at that moment in time, representing the full set of data needed for the ET diagnosing.

References

1. J.L. Adams et al. Digital technology in movement disorders: updates, applications, and challenges. *Current neurology and neuroscience reports* 21 (2021): 1-11.
2. M. Petryk et al. Analysis technology of neurological movements considering cognitive feedback influences. *CEUR Workshop Proceedings* 3309 (2022): 45-54.
3. JPen documentation. URL: <https://jpen.sourceforge.net/html-home/index.html>

Публікація 2 на конференцію «Природничі та гуманітарні науки.

Актуальні питання»

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет технологій та економіки
імені Хелени Ходковської (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



Студентське наукове
товариство



VII МІЖНАРОДНА
студентська науково - технічна конференція
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ
НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

25-26 квітня 2024 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2024

Осійчук І., Марків К. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕСЕНЦІАЛЬНОГО ТРЕМОРУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДИГІТАЙЗЕРА	343
Мельник Н. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РОЗГОРТАННЯ АРТЕФАКТІВ ЕКОСИСТЕМИ НАДООР	345
Осійчук І., БарнаТ. ВАЖЛИВІ МОМЕНТИ І ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАНШЕТУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ РОЗЛАДІВ РУХУ	347

УДК 004.9

Осіичук І. – ст. гр. СНм-61, БарнаТ. – ст. гр. СП-41

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ВАЖЛИВІ МОМЕНТИ І ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАНШЕТУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ РОЗЛАДІВ РУХУ

Науковий керівник: к.т.н., доцент Фриз М.Є.

Osiichuk I., Barna T.s

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

CRUCIAL ELEMENTS AND ISSUES WITH THE USE OF A TABLET IN DIAGNOSING MOVEMENT DISORDERS

Supervisor: Ph.D., Assoc.Prof. Mykhailo Fryz

Ключові слова: діагностика тремору, графічний планшет, реєстрація рухів
Keywords: tremor diagnosis, graphics tablet, motion capture

The use of a graphic tablet to detect essential tremor is a convenient and effective way to diagnose it. Using this method allows us to diagnose people not only in a specially equipped facility, such as a hospital but also to make this process mobile [1].

When using a graphics tablet for diagnosing tremors or any other medical condition, it's important to consider key tablet characteristics [2]:

- Pressure sensitivity: the ability to register even the slightest movements or pressure on the tablet surface is crucial for accurately capturing patient movements.
- Positioning accuracy: the graphics tablet should have high precision in determining the position of the pen or stylus on its surface to reliably record movements.
- Refresh rate: the faster the tablet can update motion data, the more accurate information it can provide for analysis.
- Resolution: high resolution allows for a more precise depiction of fine details and movements, which is important for diagnosis.

These features collectively enable the graphics tablet to be an effective tool for diagnosing tremors and other medical conditions, aiding medical professionals in obtaining objective data and tracking patients' conditions over time.

Graphics tablets may have limited accuracy or sensitivity, leading to insufficient detection or even omission of minor tremor amplitudes. The artificial environment in which testing is conducted can influence results; for example, stress, fatigue, or incorrect user positioning during tablet use may cause inaccuracies in tremor assessment. Tremor can vary for each individual and even for the same individual at different times. A graphics tablet may not provide a complete range of information to diagnose important tremor parameters [2] such as frequency, amplitude, movement characteristics, etc. A stylus is important as well, because it affects data input and accuracy, and its physical properties affect the feel in the hand, which also has a response when drawing and this should be taken into account during diagnosing.

To avoid partial or inaccurate results, it's important to use a graphics tablet as one of the diagnostic tools rather than the sole criterion. Combining it with other methods and clinical examination can ensure a more accurate diagnosis. As examples, we compare graphic

tablets *Wacom Bamboo* and *Huion Kamvas Pro*, used in this study. The key characteristics of both models (Table 1) are taken from the data declared by the manufacturers.

Table 1 – Graphics tablets specifications

Property	Wacom Bamboo	Huion Kamvas Pro
Display resolution (pixels)	- (no display)	1920x1080
Polling rate (Hz)	133	220
Working area	147 x 92	344.16 x 193.59

These characteristics are the most important for diagnosing movement disorders. The use of a tablet with a screen is a definite advantage for this task, as it simplifies the use of motion recording software, but it is not mandatory. If the screen is not present, one can place a paper template on the surface of the device to draw a line [3], in which case sufficient surface sensitivity is required register a pattern. Different movement disorders have their own characteristic frequency, so the appropriate rate value is essential to detect and distinguish them. Both tablets have acceptable frequency values (it is important to check the nominal value, not the highest value, as the device should provide a stable polling value).

Table 2 – The format of the acquired data

registered time	scheduled time	x	y	z (pressure)
0:0:0:937	0:0:0:937	80.1	-63.4	1

Experiments with these models revealed some problems:

- Unstable polling frequency, respectively, different time intervals between registered points, which should be considered when analyzing.
- When recording, in addition to the coordinates, the time when the point was drawn and when it was issued by the software is recorded (registered and scheduled time in Table 2). Sometimes these timestamps were repeated for different coordinates. Accordingly, it is necessary to clean up such data or interpolate it.
- Software is a layer between the tablet and the received data, so it can introduce a certain delay. If Java with a native driver is used, the lead to additional delay.

In general, the use of a graphic tablet with written software is an effective way to diagnose movement disorders, but it is important to understand the limitations imposed by the hardware and software components and the errors that may exist when recording movements.

References

1. D. Mykhalyk et al. Modern hardware and software solution for identification of abnormal neurological movements of patients with essential tremor. 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). IEEE, 2019.
2. Graphics tablet: use and selection. URL: <https://www.robot-advance.com/EN/actualite-graphics-tablet-all-you-need-to-know-to-choose-the-right-one-206.htm>
3. N.Y. Yu, A.W.A. Van Gemmert, S.H. Chang. Characterization of graphomotor functions in individuals with Parkinson's disease and essential tremor." Behavior research methods. Vol 49, pp. 913-922 (2017).