

ВІДГУК

офіційного опонента

Доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри програмного забезпечення
Національного університету «Львівська політехніка»

Федасюка Дмитра Васильовича

на дисертаційну роботу Мудрика Івана Ярославовича
на тему «Автоматизовані системи діагностування стану пацієнтів, хворих на
есенціальний тремор»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 121 – «Інженерія програмного забезпечення»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасні тенденції медичної галузі досить тісно пов'язані з перспективами застосування в ній інформаційних технологій. Використання новітніх програмних продуктів та комплексів для діагностування ступеню тремору кінцівок в клінічній діагностиці дозволяє суттєво підвищити якість раннього виявлення захворювання з подальшим необхідним лікуванням. Створення якісних та ефективних автоматизованих систем діагностування та програмно-апаратних рішень для них вимагає застосування підходу математичного моделювання та обробки сигналів, математичних моделей, які описують стан і поведінку 3D-елементів руху руки людини при діагностуванні тремору.

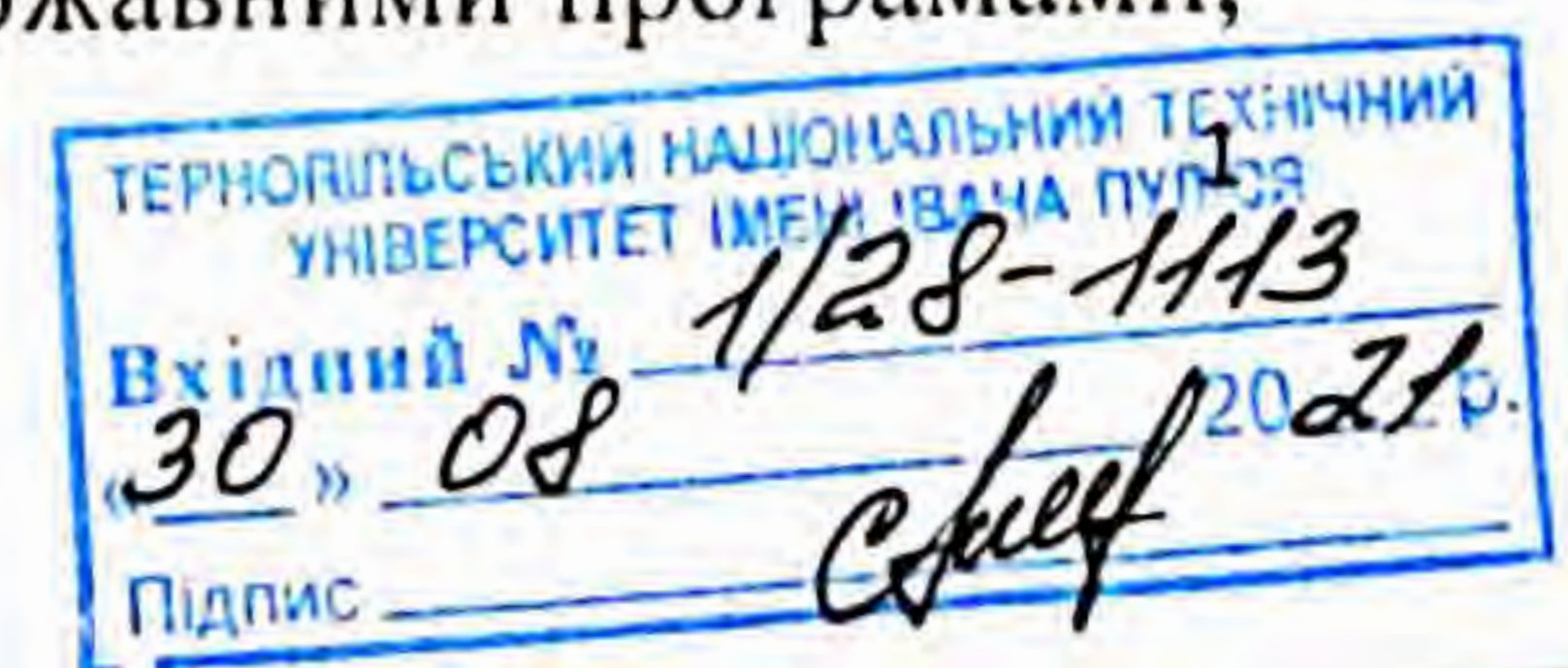
Вдосконалення існуючих та розробка нових підходів побудови архітектури та реалізації спеціалізованого програмного забезпечення з метою автоматизації процесів для медичного застосування, використання новітніх способів отримання даних, заснованих на дослідженні специфіки феноменів тремтіння є актуальними науково-технічними задачами, які вирішуються в дослідженні дисертанта.

Дана дисертаційна робота та описані в ній дослідження виконані з метою забезпечення ефективного, точного та однозначного діагностування пацієнтів, які страждають внаслідок захворювання на есенціальний тремор за допомогою розробленої автоматизованої системи.

Аналіз змісту дисертації

Дисертація Мудрика І. Я. охоплює дослідження досить широкого кола питань, які знайшли своє відображення в структурі роботи та її змісті. Дисертація є завершеною науково-дослідною працею, яка містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження та значення новітніх способів діагностики захворювань у медицині. Описано основні складності та проблеми, які виникають перед медичними працівниками в ході діагностування тремору у пацієнтів. Вказано зв'язок теми дисертації з державними програмами,



науковими напрямками університету. Встановлено мету та перелік завдань для її досягнення. Охарактеризовано предмет, об'єкт та методи досліджень даної дисертаційної роботи. Вказано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено опис опублікованих праць здобувачем за тематикою дослідження, апробацію результатів та міжнародних конференціях.

У *першому* розділі «Способи діагностування стану пацієнтів з проявами тремору та методики дослідження» проаналізовано проблематику виявлення та діагностування тремору у пацієнтів медичних закладів в сучасних умовах. Описано явище тремору з медичної та соціальної сферах досліджень. Проаналізовано та описано сучасні способи збору даних та діагностування стану пацієнтів з проявами тремору. Було виявлено та описано основні проблеми та складності ідентифікації ступеню тремору в ході виконання автоматизованого діагностування пацієнтів відомими засобами тестування.

У *другому* розділі здійснено математичне представлення методики вимірювання тремору для визначення стану пацієнта та спосіб отримання даних про аномальні неврологічні рухи. Описано спосіб моделювання показів з допомогою спіралі Архімеда на перовому графічному планшеті з використанням вбудованого в перо 3D-мікроакселерометра. Описано модель аналізу отриманих даних та статистичне підґрунтя оцінювання рисунків пацієнтів для встановлення оцінки тремору пацієнта як результату діагностичного тесту. Охарактеризовано альтернативний спосіб аналізу EMD отриманих результатів та його недолік у порівнянні з обраним у дослідженні. Проведено моделювання та ідентифікацію параметрів аномальних неврологічних рухів у багатокомпонентних нейро-біо-системах з встановленням когнітивних зв'язків траєкторії руху з сигналами кори головного мозку пацієнта. Описано розробку та застосування гібридної математичної моделі аналізу рухів тремор-об'єкта на основі зворотних зв'язків і впливів нейронних вузлів кори головного мозку на ці рухи. У дослідженні наведено опис основних можливостей обчислення параметрів та функцій розглянутої моделі.

У *третьому* розділі наведено опис процесу створення програмної системи автоматизованого діагностування стану пацієнтів з проявами тремору. Зокрема представлено: проектування архітектури програмної системи; аналіз акторів та варіантів використання проекрованої системи; модель розробки; об'єктний підхід в якості парадигми програмування; складові та компоненти комплексної системи діагностування. Наведено абстрактну модель системи з використанням UML-проектування. Описано процес конструювання програмного забезпечення з використанням технологій MatLab та мови програмування Java.

У *четвертому* розділі представлено особливості тестування та застосування програмно-апаратного комплексу для діагностування стану пацієнтів з проявами есенціального тремору. Наведено зразки виконання модульного тестування з допомогою бібліотеки JUnit та розробку функціональних тестів для методів обчислень. Представлено спосіб використання програмного забезпечення автоматизованої системи діагностування стану пацієнтів з тремором з описом основних користувацьких інтерфейсів, середовищ виконання програми. Описано можливості окремих

вікон та модулів програми для взаємодії користувача. Продемонстровано результати моделювання та ідентифікації параметрів складних багатокомпонентних нейро-біо-систем для задачі ідентифікації когнітивних зворотних впливів EEG на траєкторію руху пацієнта з проявами тремору. Наведено базові результати ефективності розроблюваного способу збору даних та застосування моделей аналізу в реальних умовах медичних закладів.

У висновках, в стислій формі охарактеризовано основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

У Додатках наводиться перелік публікацій здобувача; акти впровадження та сертифікати підтвердження результатів наукового стажування; реальні рисунки пацієнтів в ході виконання діагностичного тесту спіралі; приклад реалізації коду програмної системи; зразки зібраних даних з допомогою комплексу діагностування.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість представлених у дисертаційному дослідженні наукових положень, висновків і рекомендацій полягає у комплексному підході до вирішення поставлених наукових задач, темі дослідження розкрито всебічно і докладно. Базується на аналізі наукових та науково-технічних джерел згідно тематики дослідження, коректному формулюванні мети та задач, використанню апробованих методів дослідження, критичному аналізу отриманих результатів. Наукові положення та висновки логічно випливають із наведених результатів аналізу наявних моделей, методів та засобів діагностики, виборі оптимального способу визначення оцінки тремору рук людини з допомогою використання програмно-апаратного комплексу, виділенні програмних елементів алгоритмізації та проектування програмного забезпечення, реалізації програмних бібліотек.

Достовірність отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій забезпечується коректним використанням аналітичного та числового апарату досліджень; апробованих методів математичного та комп'ютерного моделювання фізіологічних процесів у біологічних об'єктах; методів обробки інформації та визначення якісних характеристик; методів алгоритмізації та програмування, які дозволяють виконати багаторівневу декомпозицію та автоматизовану обробку сигналів для виявлення аномальних ділянок і детального аналізу просторово-часових параметрів; методів статистичної обробки даних та аналізу з метою перевірки адекватності. Результати досліджень ілюстровані таблицями, графіками і рисунками. Прийняті в дисертації рішення мають наукову новизну, обґрунтовані та вирішують поставлені задачі досліджень.

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів дослідження

В даній дисертаційній роботі отримано нові наукові та практичні результати, розроблено програмно-апаратний комплекс, а підтверджено його застосування в клініках та діагностичних центрах.

Автоматизація діагностування захворювання в ході виконання тесту спіралі передбачає аналіз вхідних оцифрованих даних. Описано якісний та ефективний підхід до збору даних про рухи пацієнта з використанням новітнього обладнання (графічного перового планшета з вбудованим 3D-мікроакселерометром). Це забезпечило можливість отримати якісне аналітичне та чисельне представлення поведінки рухів рук пацієнтів.

Наукові результати дисертаційної роботи сформульовані та отримані здобувачем самостійно. *Наукове значення* виконаного дослідження полягає у розробленні математичних моделей, обґрунтуванні оптимального способу визначення оцінки тремору кінцівок людини з допомогою використання програмно-апаратного комплексу. Варто виділити програмні елементи алгоритмізації та проектування програмного забезпечення та набір розроблених бібліотек реалізації алгоритмів. Проведено аналіз зворотних впливів нейровузлів головного мозку на м'язові скорочення у кінцівках, що дозволяє якісно встановлювати залежності впливів сигналів мозку на ступінь тремору та критично оцінювати стан пацієнта в діагностичному процесі.

Практична значимість результатів виконаної роботи полягає у створенні автоматизованої системи діагностики есенціального тремору людини з використанням сучасного обладнання, методів математичного моделювання та обробки інформації, яка характеризує зумовлені зворотними впливами когнітивних сигналів кори головного мозку аномальні неврологічні рухи пацієнтів. Використання розробленої та реалізованої у вигляді програмної системи комп'ютерної моделі дає можливість отримати якісне аналітичне та чисельне представлення поведінки рухів рук пацієнтів. Це надає розширені можливості для аналізу отриманих даних не тільки в межах захворювання на тремор, а й розуміння стану здоров'я пацієнта в цілому.

Дисертація виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в межах науково-дослідної роботи фундаментального дослідження 0119U001324 «Високопродуктивні суперкомп'ютерні технології ідентифікації нейро-біо- та нанопористих систем з когнітивними і зворотними зв'язками» впродовж 2019-2021 років згідно з тематичними планами наукових досліджень, в яких Мудрик І. Я. був одним з виконавців.

Здобувач брав участь в програмі академічної мобільності між Україною і Францією (Університет П'єра і Марії Кюрі, Вища школа індустріальних фізики та хімії Парижу ESPSI Paris) та лабораторії Інституту головного та спинного мозків Парижу. Згідно цієї програми, яка відповідає представленій тематиці дослідження, здобувачем було виконано проект наукових досліджень, що підтверджено сертифікатами.

Практична цінність дисертації підтверджується актами впровадження в практику медико-діагностичної діяльності ТЗоВ «Медичний центр ВІТАМІН», ТЗоВ «Міжнародні інженерні системи», Приватне мале підприємство «ІІТ»,

Приватне акціонерне товариство «Квантор». Окремі результати роботи впроваджено в освітній процес підготовки фахівців в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

Вважаю, що наукові та практичні результати здобувача є важливими для розвитку наукоємних досліджень галузей інформаційних технологій та нейромедицини.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукові положення та висновки обґрунтовані і підтверджуються отриманими результатами.

Наукову новизну дисертаційного дослідження складають:

1) Вперше розроблено та програмно реалізовано методику оцінювання стану пацієнтів на предмет наявності есенціального тремору на основі використання гібридних математичних моделей багатокомпонентної нейро-біо-feedback-системи, яка описує стан і поведінку 3D-елементів траєкторій АНР Т-об'єкта з врахуванням матриці когнітивних впливів груп нейро-вузлів КГМ і включає розв'язання нових неklasичних задач багатопараметричної ідентифікації досліджуваних feedback-систем. Це дозволило покращити якість, зручність збору та оцінки даних, підвищити точність діагностування стану пацієнтів медичних закладів.

2) Вперше розроблено гібридну математичну модель задачі ідентифікації когнітивних feedback-впливів EEG-сигналів на АНР-траєкторії на основі feedback-зв'язків і впливів нейро-вузлів кори головного мозку, що дало змогу на декілька порядків знизити обсяги обчислень у порівнянні з витратними чисельними методами.

3) Вперше застосовано високопродуктивний регуляризаційний спосіб ідентифікації параметрів систем та feedback-впливів, які ґрунтуються на виразах градієнтів функціоналів-нев'язки і допускають покомпонентне оцінювання взаємовпливів з урахуванням багатоядерної і багатопоточної архітектури обчислювальних систем, що дозволило використання ефективних алгоритмів з елементами декомпозиції та розпаралелювання обчислень.

4) З використанням архітектурно-центрованого раціонального уніфікованого підходу розробки ПЗ, орієнтованого на модель варіантів використання, розроблено багаторівневу архітектуру ПЗ системи, яка забезпечує стійкість для інтеграції нових вимог та потреб програмного забезпечення, що підвищило ефективність застосування методики автоматизованого діагностування патології есенціального тремору з допомогою розроблених програмно-апаратних засобів в умовах клінічних досліджень.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях

Оформлення дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 199 сторінках друкованого тексту, в якій наведено 48 рисунків та 2 таблиці, список

використаних джерел складає 125 найменувань. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним атестаційним вимогам.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Згідно результатів проведеної перевірки дисертаційної роботи на наявність академічного плагіату, у ній не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела. Результати свідчать про високу індивідуальність роботи та академічну доброчесність дисертанта.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях. Результати дисертаційного дослідження опубліковані в п'ятнадцятьох наукових публікаціях, зокрема в:

- трьох статтях у наукових фахових періодичних виданнях (одна українського видання, дві закордонні);
- патенті на корисну модель;
- дванадцяти публікаціях у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових, науково-технічних конференцій (п'ять публікацій входить до міжнародної наукометричної бази Scopus, дві роботи входять до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus).

Отримані наукові результати досліджень пройшли апробації на міжнародних науково-технічних науково-практичних конференціях. Дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року № 167.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

Дисертаційне дослідження виконано на достатньому науковому та інженерному рівнях.

Існують дискусійні положення, уточнення, зауваження та рекомендації для подальшого вдосконалення досліджуваної тематики:

1. Назва теми дисертаційної роботи містить слова «Автоматизовані системи ...» в значенні множини систем, що не зовсім відповідає реальним отриманим результатам, адже подана в роботі система була розроблена та впроваджена як єдине ціле чи програмно-апаратний комплекс. Тим більше, автор декларує мету роботи як побудова комп'ютеризованої системи автоматизованої діагностики неврологічних захворювань людини. Тому варто було б використати словосполучення «автоматизована система», або «програмно-апаратний комплекс».
2. Предметом дослідження дисертаційної роботи краще було написати математичні моделі і методи діагностування тремору, а не як записано програмні засоби автоматизації діагностичного спрямування, способи збору та аналізу даних рухів кінцівок людини.
3. Автор в дисертаційній роботі, а також в окремих його публікаціях використовує словосполучення нейро-біо-feedback-система, feedback-зв'язки, feedback-впливи. Послання в одному понятті слів української мови і англійської є небажаним, тому варто було

підібрати найбільш прийнятний термін українською мовою (наприклад зворотних зв'язків чи інше).

4. Наведені висновки в дисертації не структуровані, що робить незручним в ознайомленні з дисертацією, а окремі висновки носять швидше декларативний характер та потребують підтвердження точними даними. Натомість варто було би чітко підтвердити і охарактеризувати досягнення поставлених в дисертації цілей і отриманих результатів.
5. На наведені в таблиці 1 дані порівняння втрат інформації при виконанні тесту спіралі Архімеда різними пацієнтами з різним ступенем тремору варто було зробити посилання на джерело інформації. Відсутні і ряд інших посилань на інформаційні джерела, які автор використовує в дисертації.
6. Розроблена гібридна математична модель аналізу аномальних неврологічних рухів Т-об'єкта на основі зворотних зв'язків і впливів нейронних вузлів кори головного мозку не проаналізована щодо обчислювальної складності та валідності отримуваних результатів.
7. Автор стверджує, що підвищило ефективність застосування методики автоматизованого діагностування патології есенціального тремору з допомогою розроблених програмно-апаратних засобів в умовах клінічних досліджень, однак кількісних характеристик в дисертації не наведено.
8. Представлення кінцевої архітектури системи немає чіткого позиціонування щодо загальновідомих архітектурних моделей та шаблонів.
9. В роботі зустрічається ряд синтактичних помилок і описок: с. 28, с. 65, с. 80, та інших. На рисунок 1.1 в тексті немає посилання, як і немає посилання на інформаційне джерело.
10. Не всі скорочення термінів, які автор використовує в роботі наведені в переліку, що дещо ускладнює ознайомлення з роботою.

Однак, наведені зауваження та рекомендації не є критичними, принциповим, не стосуються наукових положень дисертації та не знижують позитивної оцінки загалом і наукової цінності виконаної здобувачем роботи.

Висновки


Дисертаційна робота Мудрика Івана Ярославовича на тему «Автоматизовані системи діагностування стану пацієнтів, хворих на есенціальний тремор» є завершеною науково-дослідною працею, у якій отримано нові наукові результати. Розв'язано важливе наукове завдання, яке полягає у проектуванні та реалізації програмної системи автоматизованої діагностики неврологічних захворювань людини (тремору) з використанням цифрового графічного планшета, методів математичного моделювання та обробки інформації.

Одержані наукові та практичні результати є вагомим внеском в розвиток інформаційних технологій в медицині та можуть мати продовження у системних дослідженнях для підвищення якості профілактики, діагностики та лікування неврологічних хвороб.

Дисертаційна робота за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення поставлених задач, новизною і ступенем обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, викладом в наукових публікаціях, відсутністю порушень академічної доброчесності відповідає Постанові «Про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167, а її автор, здобувач Мудрик Іван Ярославович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення галузі знань 12 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри програмного забезпечення
Національного університету
«Львівська політехніка»

 Д. В. Федасюк

Підпис Федасюка Д.В. засвідчую

Вчений секретар





Брилинський Р.Б.