

Відгук офіційного опонента

на дисертаційну роботу Філатової Ганни Євгенівни на тему «*Методи та засоби підтримки прийняття рішень в біомедичних системах на основі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень*», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.17 - біотехнічні та медичні прилади і системи (технічні науки), 15 – автоматизація та приладобудування

1.Актуальність теми. Розвиток та вдосконалення в сучасних умовах біомедичних приладів, дослідницьких методик та розширення їх можливостей тощо вимагає підвищення надійності їх роботи, швидкодії, точності вимірювання, ефективності та обґрунтованості прийняття рішень. Вирішення актуальної та важливої науково-технічної проблеми прийняття рішень при проектуванні біомедичних систем на основі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень із локально зосередженими ознаками з використанням узгодженої морфологічної фільтрації, яка враховує в явному або неявному вигляді моделі корисних одновимірних і двовимірних сигналів безсумнівно є важливим та своєчасним кроком, направленим на підвищення якості та достовірності, обґрунтованості процесу лікування хворих та постраждалих при великій кількості та складності захворювань. Підвищення якості лікування неможливе без своєчасного науково обґрунтованого діагностування функціонального стану організму. Незважаючи на широкий арсенал існуючих сьогодні діагностичних методів, виникає потреба у розробленні нових, більш простих, менш кошовних, разом з тим, достатньо чутливих та інформативних методів. Одним з таких методів, та навіть цілим напрямком, є розробка та обґрунтування узагальненої моделі інструментального обстеження пацієнта у вигляді сукупності функціональної, інформаційної, структурної та математичної моделей. Розробка та удосконалення методів, алгоритмів, технічних засобів визначення показників та критеріїв оцінки якості методу морфологічного аналізу, біомедичних сигналів із локально зосередженими ознаками на основі синтезованого багатоканального узгодженого морфологічного фільтра буде суттєво сприяти підвищенню якості та достовірності прийняття рішень та виборі технологій лікування. Важливим досягнення роботи є розробка системи альтернативних діагностичних ознак при морфологічному аналізі біомедичних сигналів із локально зосередженими характеристиками, що враховує модель корисного одновимірного сигналу та властивості функції виявлення узгодженого морфологічного фільтра. Сюди слід також віднести розроблену математичну модель цифрового рентгенівського зображення, що враховує особливості візуалізації біологічних об'єктів та їх структурних елементів. Слід визнати, що в наш час не існує єдиного формалізованого підходу до вирішення задачі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками для побудови

біомедичних систем підтримки прийняття рішень, не виділені етапи перетворення інформації, одержуваної в результаті інструментального обстеження пацієнта.

Тому тема даної дисертаційної роботи, що спрямована на розроблення нових та удосконалення існуючих методів та засобів діагностування функціонального стану, прогнозування алгоритмів лікування, обґрунтуванням їх правильного вибору та всієї подальшої стратегії та тактики лікування є актуальною та важливою.

Цей висновок підтверджується також тим, що тематика роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку медичної науки в Україні, оскільки робота пов'язана із загальним напрямком роботи кафедри «Обчислювальна техніка та програмування» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», в тому числі № М6016 – «Розробка теорії та методів структурної ідентифікації при проектуванні комп'ютерних систем медичної діагностики» (№ г/р 0104U003361), № М 6018 «Розробка теорії і методів побудови інтелектуальних медичних систем на основі структурної ідентифікації» (№ г/р 0107U000599), № М 6019 «Розробка теорії і методів побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень в медицині на основі синтезу структурованих моделей» (№ г/р 0110U001246), № М 6022 «Розробка інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень для діагностики, управління та оптимізації технічних і біотехнічних об'єктів» (№ г/р 0113U000449), а також досить великої кількості госпдоговірних тем та договорів про науково-технічне співробітництво: «Програмний модуль морфологічного аналізу мамограм на основі нелінійної фільтрації цифрових півтонових зображень» (№ г/р 0115U001307) – замовник ДП АТ НДІРВ «Радмір», м. Харків), № 60/14-08 – з Інститутом неврології, психіатрії та наркології АМН України, м. Харків; № 60/17-08 - з інститутом дерматології та венерології АМН України, м. Харків; № 60/18-08 – з інститутом охорони здоров'я дітей та підлітків АМН України, м. Харків; № 60/30-09 – з Харківським спеціалізованим медико-генетичним центром АМН України, м. Харків; № 60/135-2016 – з ООО «Компанія Тредекс», м. Харків.

2.Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у роботі.

Наукові положення, розроблені методики, висновки, рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, підтверджуються наступним:

- коректністю постановки задач та цілей досліджень;
- вірно обраними методами досліджень, які базуються на системному аналізі, графічному структурному аналізі, теорії графів, на теорії множин і теорії імовірності, теорії морфологічного аналізу, теорії цифрової обробки сигналів, теорії прийняття рішень, кластерному аналізі, методах реєстрації рентгенівських біомедичних зображень, методах цифрової фільтрації та поелементних перетворень;
- адекватністю математичного апарату, що використовується, задачам роботи;

- застосуванням комплексу запропонованих теоретичних та експериментальних методик і отриманих результатів досліджень, які підтверджують висновки та положення роботи;
- позитивними практичними медичними результатами впровадження у лікувальний процес.

3. Новизна отриманих у дисертаційній роботі результатів.

Основними теоретичними та практичними результатами дисертаційної роботи є те, що в роботі вперше запропонований, обґрунтований і застосований комплексний підхід до вирішення науково-технічної проблеми підвищення ефективності функціонування біомедичних систем підтримки прийняття рішень на основі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень із локально зосередженими ознаками та з використанням моделей корисних сигналів.

В роботі:

1. Вперше розроблена математична модель інструментального обстеження пацієнта у вигляді сукупності множин даних про пацієнта, реєстрованих біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками;
2. Вперше виконана формалізація задачі, узгодженої морфологічної фільтрації біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками, що дозволило розробити морфологічні фільтри для рішення як задач розпізнавання та локалізації об'єктів біомедичних сигналів та зображень, так і задачі підвищення якості візуалізації біологічних об'єктів та їхніх структурних елементів на рентгенівських зображеннях;
3. Вперше розроблений півтоновий морфологічний фільтр на основі локальних статистик, який враховує статистичні характеристики корисного двовимірного сигналу у вікні без необхідності знання закону розподілу значень яскравості пікселів, а також виду і способу накладання шумової складової, що дозволило використовувати розроблений фільтр як для вирішення задач шумозаглушення, так і вирішення задач морфологічного аналізу біомедичних зображень з локально зосередженими ознаками;
4. Вперше розроблений метод морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками, який заснований на узгодженні морфологічної функції, що дозволило виконувати виявлення структурних елементів біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками із використанням різних моделей корисного сигналу;
5. Вперше запропоновано представлення структурних елементів біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками в альтернативному просторі ознак при морфологічному аналізі біомедичних сигналів у вигляді годографів, яке на відміну від традиційних представлень, надає додаткову діагностичну інформацію за рахунок візуалізації не тільки структурних елементів, які не аналізуються при класичній діагностиці, що в кінцевому підсумку підвищує якість діагностики при проведенні інструментального обстеження пацієнта;
6. В роботі отримав також подальший розвиток метод морфологічного аналізу біомедичних рентгенівських зображень з локально зосередженими

ознаками в якому використовується розроблений півтоновий морфологічний фільтр на основі локальних статистик, виконується автоматичне налагодження параметрів методу в залежності від статистичних характеристик рентгенівських зображень, компенсація крайових ефектів на межі «тканина-фон», що дозволило вирішити задачу підвищення якості візуалізації біологічних об'єктів та їхніх структурних елементів на рентгенівських зображеннях широкого класу;

7. В роботі вдосконалена математична модель зображення структури молочної залози на цифровій маммограмі, в якій крім складових, що характеризують структуру і середню інтенсивність тіней візуалізуємих тканин, враховується складова, яка характеризує нерівномірність фону, що дозволило виконати узагальнення математичної моделі на рентгенівські біомедичні зображення з локально зосередженими ознаками і врахувати не тільки фізику процесу реєстрації рентгенівських зображень, але і узагальнену схему їх опису.

4. Практична цінність отриманих у дисертаційній роботі результатів.

З точки зору спеціалістів та фахівців, що працюють в галузі розробки та вдосконалення діагностичного медичного обладнання, приладів і систем одержані теоретичні результати дисертаційної роботи розширюють область застосування розроблених в роботі методів діагностики, оцінювання функціонального стану людини. Результати роботи можуть бути науково-методичною основою для розробки відповідних алгоритмів і програмного забезпечення. Практична цінність отриманих результатів полягає у наступному:

- розроблені структура апаратно-програмного комплексу реалізації біомедичної системи підтримки прийняття рішень та алгоритми реалізації математичних методів і моделей;
- розроблено програмне забезпечення морфологічного аналізу біомедичного сигналу з локально зосередженими ознаками, яке реалізує метод морфологічного аналізу на основі моделей корисного одновимірного сигналу;
- розроблено програмне забезпечення візуалізації структурних елементів біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками в альтернативному просторі ознак при морфологічному аналізі біомедичних сигналів;
- розроблено програмне забезпечення підвищення якості візуалізації цифрових рентгенівських зображень за допомогою морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками.

Практична цінність розробок підтверджена впровадженням результатів дисертаційної роботи у вигляді моделей, алгоритмів і програмних модулів для вирішення задач підтримки прийняття рішень в біомедичних системах, що підтверджується актами впровадження наступних організацій:

- Фірма «Радмір» ДП АТ Науково-дослідного інституту радіотехнічних вимірювань для розробки програмного забезпечення модуля

- морфологічного аналізу цифрових рентгенівських зображень цифрового мамографічного комплексу SYMA (м. Харків);
- ТОВ «Компанія TREDEX» для розробки програмного забезпечення модуля морфологічного аналізу електрокардіограм (ЕКГ) транс телефонного цифрового 12-канального ЕКГ- комплексу «Телекард» і комплексу радіомоніторингового ЕКГ-контролю «РадіоХолтер» (м. Харків);
 - Державна установа «Інститут медичної радіології ім.. С.П. Григор'єва Національної академії наук України» для підтримки прийняття рішень на основі морфологічного аналізу цифрових мамограм при діагностиці раку молочної залози (м. Харків);
 - Комунальна установа охорони здоров'я «Центр медичної допомоги та медицини катастроф» для підтримки прийняття рішень на основі морфологічного аналізу квазіперіодичних фізіологічних сигналів в умовах надання екстреної медичної допомоги (м. Харків);\
 - Кафедра «Обчислювальна техніка та програмування» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» в науково-дослідній роботі та навчальному процесі при вивченні дисциплін «Проектування комп'ютерних систем медичної діагностики» (навчальний посібник з грифом МОН України), «Обробка сигналів та зображень», «Системи підтримки прийняття рішень в медичній діагностиці», а також в курсових і дипломних роботах студентів за спеціальністю «Комп'ютерна інженерія» (м. Харків).

5.Пропозиції щодо використання отриманих в роботі результатів.

Отримані результати дисертаційної роботи можуть знайти використання при розробці та вдосконаленні комплексу методів та засобів медичного діагностичного обладнання, розповсюдженні вже існуючих та створенні нових уточнених методик діагностики функціонального стану організму, можливих порушень функцій окремих органів та систем організму, а також комплексу морфологічних досліджень. Результати отримані в дисертаційній роботі дають можливість на якісно новому рівні проводити діагностичні заходи, підвищувати їх достовірність, розширити та поглибити можливості вже існуючих діагностичних методів.

6.Апробація роботи.

Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на численних міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях (2005 – 2017 рр.) в м. Харків, Белгород, Чернівцях, Одесі, Львові, Києві, смс. Залізний Порт. Основні положення і результати дисертації опубліковані в 64 роботах: 27 статей в наукових журналах та збірниках (з них 9 статей без співавторів), зокрема 21 стаття у наукових фахових виданнях України (20 у виданнях, включених до міжнародних науково-метричних баз), 6 статей у закордонних періодичних фахових виданнях (3 – у виданнях, що входять в науково-метричну базу Scopus), 35 тез доповідей (1 – у виданні, що входить в науково-метричну базу Scopus), 1 свідоцтво України про реєстрацію

авторського права на програмний код; 1 навчальний посібник з грифом МОН України.

7. Мова та стиль дисертації. Текст дисертації та автореферату, оформлення роботи, стиль представлення та викладення її основного змісту – чіткий, зрозумілий, побудований та структурований методично правильно, легко сприймається читачем, послідовний, супроводжується необхідними поясненнями, посиланнями, ілюстраціями. Текст автореферату ідентичний змісту та основним положенням дисертації.

9. Переваги. Робота містить чіткі висновки та рекомендації, необхідні пояснення, хороший та якісний ілюстративний матеріал. В роботі запропоновано досить ефективний комплекс методів діагностики, який знайшов використання при діагностуванні захворювань молочної залози, отримав подальший розвиток методів морфологічного аналізу біомедичних рентгенівських зображень з локально зосередженими ознаками, в якому на відміну від декомпозиційного методу підвищення якості візуалізації анатомічних і патологічних структур на цифрових зображеннях для апроксимації фонові складові використовується розроблений півтоновий морфологічний фільтр на основі локальних статистик, виконується автоматичне налагодження параметрів методу в залежності від статистичних характеристик рентгенівських зображень і компенсація крайових ефектів на межі «тканина-фон», що дозволило вирішити задачу підвищення якості візуалізації біологічних об'єктів та їхніх структурних елементів на рентгенівських зображеннях широкого класу.

Слід зазначити також, що в роботі вперше запропоновано представлення структурних елементів біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками в альтернативному просторі ознак при морфологічному аналізі біомедичних сигналів у вигляді годографів, яке, на відміну від традиційного представлення, надає додаткову діагностичну інформацію за рахунок візуалізації не тільки структурних елементів, прийнятих у медичній практиці, а й альтернативних структурних елементів, які не аналізуються при класичній діагностиці, що в кінцевому підсумку підвищує якість діагностики при проведенні інструментального обстеження пацієнта.

В роботі виконано перевірку адекватності розроблених методів морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками при обробці реальних біомедичних сигналів та зображень, що дало можливість при морфологічному аналізі електрокардіограм запропонованим методом зменшити помилки класифікації на 9,87%. Ефективність проведення інструментального обстеження з використанням розроблених в роботі модулів біомедичних системи підтримки прийняття рішень збільшилася, зокрема час інструментального обстеження скоротився з 60 хв (без використання інформаційних систем) до 21 хв, а ймовірність безпомилкового закінчення інструментального обстеження збільшилася з 70% (без використання інформаційних систем) до 89%. Проведене оцінювання результатів дисертаційної роботи підтвердило високу ефективність розроблених методів, моделей в цілому.

Представлена робота має величезний потенціал, який повинен бути розвинений у подальшій діяльності автора даної дисертаційної роботи.

9. Зауваження та недоліки.

9.1. Постановочна частина дисертації виглядала б краще, якби більш наглядно (у вигляді прикладів обробки реальних фізіологічних сигналів та зображень) був наведений аналіз існуючих методів цифрової обробки та морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень (підрозділи 1.3 та 1.4). Це підвищило б ступінь обґрунтованості зроблених автором висновків щодо необхідності розробки нових спеціалізованих методів морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками.

9.2. У другому розділі автором розроблена структурна модель M_S процесу інструментального обстеження пацієнтів в вигляді орієнтованого графу, що відображає основні стани цього процесу та їх взаємодії (рис. 2.9 дисертації й рис. 3 автореферату). Однак структурна модель M_S була б більш інформативною, якщо був би декомпозований стан невизначеності S_0 (можливо ймовірність p_0 може змінюватися в залежності від різних переходів до цього стану).

9.3. Яким чином при реалізації структурної моделі M_S враховується можливість необмеженого знаходження системи у стані S_0 ?

9.4. В третьому розділі була розроблена система альтернативних діагностичних ознак при морфологічному аналізі сигналів, за допомогою якої виконана візуалізація структурних елементів цих сигналів у вигляді годографів. Також виконаний якісний аналіз розташування об'єктів в запропонованому просторі ознак, але кількісної оцінки щодо форми отриманих годографів не наведено.

9.5. В четвертому розділі дисертаційної роботи розроблена математична модель цифрового рентгенологічного зображення. Слід зауважити, що у розділі не наведено перевірки адекватності розробленої математичної моделі реальним рентгенологічним зображенням.

9.6. Чому не пронумеровано деякі аналітичні вирази та формули ? (стор. 9 – посередині; стор.10 – вверху; стор. 13 - чотири вирази вверху, посередині, внизу; стор.14 – посередині; стор. 18 – посередині; стор.23 - - вверху, посередині, внизу – три вирази...). Це ускладнює сприйняття змісту автореферату.

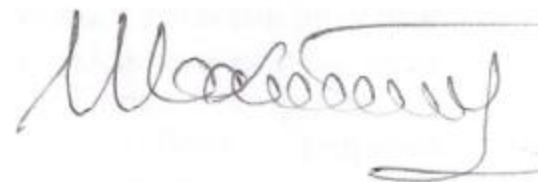
9.7. Текст автореферату не позбавлений деяких стилістичних помилок. Наприклад. на стор.3, 9-й рядок знизу написано «...фільтрації і поелементних...». бажано писати «...фільтрації та». Стор 4, 7-й рядок зверху написано: «...структурної і...», бажано писати:

«....структурної та». Стор.4, 4-й абзац: написано: «..... об'єктів і їхніх....», бажано писати: «... об'єктів та їхніх....», тим більше. Що в одному реченні з (три) рази повторюється «і». Аналогічно – стор.5, 11-й рядок зверху: « ... і їхніх...», краще писати: « ...та їхніх...». Крім того, в одному реченні з (три) рази повторюється буква «і». На стор. 7 , 11-й рядок тексту зверху написано: «..... інформації і». бажано писати : «....інформації та...».

10. Висновки. Дисертаційна робота Філатової Ганни Євгенівни на тему «*Методи та засоби підтримки прийняття рішень в біомедичних системах на основі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень*», незважаючи на зроблені зауваження та вказані недоліки є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати щодо вдосконалення методів діагностичних досліджень в лікувальних закладах, підвищення їх точності, достовірності та ефективності, що має важливе економічне, соціальне, наукове, інженерно-медичне значення, стимулює розвиток робіт в цій галузі. Дисертаційна робота написана на високому науково-технічному рівні, відповідає паспорту спеціальності 05.11.17.

Враховуючи актуальність теми, високий науковий рівень, новизну досліджень і отриманих результатів, а також їхню практичну корисність, можна зробити загальний висновок про те, що дисертаційна робота «*Методи та засоби підтримки прийняття рішень в біомедичних системах на основі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень*», відповідає вимогам п. 9, 10, 12 Постанови Кабінету міністрів України від 24.02.2013, № 567 про «Порядок присудження наукових ступенів», а її автор Філатова Ганна Євгенівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,
професор кафедри професійної та технологічної
освіти і загальної фізики
інституту фізичних, технічних
і комп'ютерних наук Чернівецького
національного університету
імені Юрія Федьковича



О.Г.Шайко-Шайковський

