

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Філатова Ганна Євгенівна

УДК 004.9:616-079.3

ДИСЕРТАЦІЯ
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
В БІОМЕДИЧНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ
БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ ТА ЗОБРАЖЕНЬ

Спеціальність 05.11.17 – біотехнічні та медичні прилади і системи
технічні науки
15 – Автоматизація та приладобудування

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Г.Є. Філатова

Науковий консультант
Поворознюк Анатолій Іванович,
доктор технічних наук, професор



*Достатність дисертації
визначена комісією спеціалістів*

*Секретар
заводу вищої
Ш.050.17*

*Томашевський Р.Є.
01.09.2017*

Харків – 2017

АНОТАЦІЯ

Філатова Г.Є. Методи та засоби підтримки прийняття рішень в медицині на основі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.17 «Біотехнічні та медичні прилади і системи». – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2017.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми розвитку теоретичних основ і засобів підтримки прийняття рішень при проектуванні біомедичних систем на основі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками з використанням узгодженої морфологічної фільтрації, яка враховує в явному або неявному вигляді моделі корисних одновимірних і двовимірних сигналів.

Розроблено узагальнену модель процесу інструментального обстеження пацієнта у вигляді сукупності функціональної, інформаційної, структурної і математичної моделей. Розроблено півтоновий морфологічний фільтр на основі локальних статистик, який в неявному вигляді враховує модель корисного двовимірного сигналу. Розроблений узагальнений метод морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками за допомогою багатоканального узгодженого морфологічного фільтра. Розроблено критерій оцінки якості методу морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками на основі синтезованого багатоканального узгодженого морфологічного фільтра. Розроблена система альтернативних діагностичних ознак при морфологічному аналізі біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками, що враховує модель корисного одновимірного сигналу і властивості функції виявлення узгодженого морфологічного фільтра. Розроблена математична модель цифрового рентгенівського зображення, що враховує особливості візуалізації біологічних об'єктів і їх структурних елементів. Розроблений метод підвищення якості візуалізації біологічних

об'єктів на рентгенівських зображеннях широкого класу на основі морфологічного аналізу біомедичних зображень з локально зосередженими ознаками. Розроблений об'єктивний інтегральний критерій оцінки якості візуалізації біологічних об'єктів та їх структурних елементів на медичних слабоконтрастних півтонових рентгенологічних зображеннях. Розроблена структура узагальненої біомедичної системи підтримки прийняття рішень, а також програмне забезпечення модулів морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками. Виконано перевірку адекватності розроблених методів морфологічного аналізу при обробці реальних біомедичних сигналів та зображень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше запропонований, обґрунтований і застосований комплексний підхід до вирішення науково-прикладної проблеми підвищення ефективності функціонування біомедичних СППР на основі морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками з використанням моделей корисних сигналів. Основні отримані результати виконаної роботи:

- отримала подальший розвиток теорія морфологічного аналізу даних, яка полягає в розробці єдиного формалізованого підходу до морфологічного аналізу множини біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками, що дозволило враховувати особливості оброблюваних біомедичних сигналів/зображень у вигляді моделей корисних сигналів;

- отримали подальший розвиток методи системного аналізу, які полягають в побудові узагальненої моделі процесу інструментального обстеження у вигляді сукупності функціональної, інформаційної, структурної і математичної моделей, яка дозволила виділити основні джерела та потоки інформації, критичні етапи обробки діагностичної інформації з метою підвищення ефективності інструментального обстеження пацієнтів;

- вперше розроблена математична модель інструментального обстеження пацієнта у вигляді сукупності множин даних про пацієнта, реєстрованих біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками,

діагностичних ознак, їх значень і діапазонів, симптомокомплексів, діагнозів, нечітких діагностичних висновків, рекомендацій і відповідностей між цими множинами, за допомогою якої виконана формалізація знань, які формуються в результаті обробки цифрових біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками, що дозволило формалізувати задачу морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками;

– вперше виконана формалізація задачі узгодженої морфологічної фільтрації біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками, що дозволило з урахуванням моделей корисних сигналів розробити морфологічні фільтри для рішення як задач розпізнавання і локалізації об'єктів біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками, так і задачі підвищення якості візуалізації біологічних об'єктів і їх структурних елементів на рентгенівських зображеннях;

– вперше розроблений метод півтонової морфологічної фільтрації 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 накладення шумової складової, що дозволило використовувати розроблений фільтр як для вирішення задач шумозаглушення, так і вирішення задач морфологічного аналізу біомедичних зображень з локально зосередженими ознаками;

– вперше розроблений метод морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками, який заснований на узгодженої морфологічної фільтрації, що дозволило виконувати виявлення структурних елементів біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками з використанням різних моделей корисного сигналу;

– 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;

– вдосконалена математична модель зображення структури молочної залози на цифровій мамограмі, 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 біомедичних зображень з локально зосередженими ознаками і врахувати не тільки фізику процесу реєстрації рентгенівських зображень, але і узагальнену схему їх опису;

– отримав подальший розвиток метод морфологічного аналізу біомедичних зображень з локально зосередженими ознаками IMRI, в якому на відміну від декомпозиційного методу підвищення якості візуалізації анатомічних і патологічних структур на цифрових мамограмах для апроксимації фонові складові використовується розроблений полу тоновий 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 і їхніх структурних елементів на рентгенівських зображеннях широкого класу.

Практична цінність отриманих результатів для галузі медичного приладобудування полягає в тому, що розроблені в дисертаційній роботі моделі і методи морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень з локально зосередженими ознаками є науково-методичною основою для розробки відповідних алгоритмів і програмного забезпечення. Практична цінність отриманих результатів полягає в наступному: розроблені структура апаратно-програмного комплексу реалізації біомедичної СППР та алгоритми реалізації математичних методів і моделей; розроблено програмне забезпечення морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими

ознаками, яке реалізує метод морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками різної природи 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 зображень з локально зосередженими ознаками.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у вигляді моделей, алгоритмів і програмних модулів для вирішення задач підтримки прийняття рішень в біомедичних системах, що підтверджується актами про впровадження наступних організацій: Фірма «Радмір» ДП АТ НДІ 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) транстелефонного цифрового 12-канального ЕКГ-комплексу «Телекард» і комплексу радіомоніторного 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 екстреної 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» НТУ «ХП» в науково-дослідній роботі та навчальному процесі при вивченні дисциплін «Проектування комп'ютерних систем медичної діагностики» (навчальний посібник з грифом МОН України), «Обробка сигналів і зображень», «Системи підтримки прийняття рішень в медичній діагностиці», а також в курсових і дипломних роботах студентів за

спеціальністю «Комп'ютерна інженерія».

Ключові слова: біомедичні сигнали та зображення, локально зосереджені ознаки, модель корисного сигналу, морфологічний аналіз, біомедична система підтримки прийняття рішень.

Список публікацій здобувача

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Филатова А.Е. Экспериментальная проверка метода структурной идентификации квазипериодических сигналов / А.Е. Филатова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №3. – С. 60–63.

2. Поворознюк А.І. Перевірка ефективності методу структурної ідентифікації на прикладі виділення інформативних фрагментів електрокардіограми / А.І. Поворознюк, Г.Є. Філатова // Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – Вип. 6(16). – С. 94–97.

3. Поворознюк А.И. Адаптация метода структурной идентификации для обработки двумерных изображений / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – №18. – С. 97–100.

4. Филатова А.Е. Разработка подсистемы структурной идентификации сигналов в кардиологических системах / А.Е. Филатова // Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – Вип. 3(19), 2002. – С. 203–206.

5. Поворознюк А.И. Определение адаптивного порога при структурной идентификации биомедицинских сигналов / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – №19. – С. 125–128.

6. Филатова А.Е. Описание эталонных объектов при структурной идентификации поликардиограммы / А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2005. – №46. – С. 172–175.

7. Филатова А.Е. Синтез решающих правил с различными пороговыми функциями при структурной идентификации биомедицинских сигналов /

А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – №23. – С. 160–163.

8. Филатова А.Е. Нелинейная фильтрация биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками в задаче структурной идентификации / А.Е. Филатова. – Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – №17. – С. 168–174.

9. Поворознюк А.И. Описание эталона для синтеза функции отклика нелинейного фильтра в задаче структурной идентификация биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 38. – С. 136–141.

10. Бойко Д.А. Основные этапы обработки изображений при проектировании биотехнических систем в медицинской радиологии / Д.А. Бойко, А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: ХУПС, 2012. – Вип. 2(31). – С. 85–88.

11. Povoroznyuk A. Design of non-linear filter in the problem of structural identification of biomedical signals with locally concentrated properties / A. Povoroznyuk, A. Filatova, Y. Myrgorod // Science Journal of Circuits, Systems and Signal Processing. – 2013. – № 2(3). – P. 85–92.

12. Бойко Д.А. Метод визуализации патологических структур на маммограммах / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 39 (1012). – С. 9–14.

13. Бойко Д.А. Метод визуализации патологических структур на маммограммах с использованием послойного наложения / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – №6 (1049). – С. 29–34.

14. Поворознюк А.И. Проектирование нелинейного фильтра в задаче структурной идентификация биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 1. – С. 69–80.

15. Бойко Д.А. Разработка системы поддержки принятия решений в радиологии для улучшения визуализации патологий / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова, Е.А. Заможская // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 35 (1078). – С. 29–34.

16. Бойко Д.А. Метод повышения качества визуализации рентгенологических изображений / А.Е. Филатова, Д.А. Бойко. – Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – № 32 (1141). – С. 19–26.

17. Филатова А.Е. Компенсация краевых эффектов в методе повышения качества визуализации рентгенологических изображений / А.Е. Филатова. – Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – № 33 (1142). – С. 167–174.

18. Povoroznyuk A.I. Design of decision support system when undertaking medical-diagnostic action / A.I. Povoroznyuk, A.E. Filatova, W. Surtel, A. Burlibay, M. Zhassandykyzy // Optical Fibers and Their Applications 2015. – 2015. – Vol. 9816. – P. 98161O-1–98161O-7; doi: 10.1117/12.2229295.

19. Филатова А.Е. Параметрическая оптимизация метода повышения качества визуализации биомедицинских рентгенологических изображений / А.Е. Филатова // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2015. – № 2(34). – С. 113–115.

20. Филатова А.Е. Выбор параметров метода повышения качества визуализации маммограмм / А.Е. Филатова // Кибернетика и вычислительная техника. – 2016. – Вып. 183. – С. 25–38.

21. Povoroznyuk A. Development of alternative diagnostic feature system in the cardiology decision support systems / A. Povoroznyuk, A. Filatova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 3/9(81). – P. 39–44.

22. Филатова А.Е. Морфологическая фильтрация полутонных изображений на основе локальных статистик / А.Е. Филатова // Автоматизированные технологии и производства. – 2016. – № 3(13). – С. 33–39.

23. Filatova A.E. Development of the method of multi-criteria quality assessment of mammograms designed by SYMA / A.E. Filatova, D.A. Boyko, S.V. Litvinenko, E.V. Khomenko // Nauka i studia, 2016. – NR 24-7 (161). – P. 45–51.

24. Povoroznyuk A.I. Research of alternative diagnostic features in intelligent computer-based cardiological decision support systems / A.I. Povoroznyuk, A.E. Filatova, O.S. Kovalenko, W. Wójcik, M. Maciejewski, M. Szatkowska, A. Tuleshova // *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 93, 2017. – NR 3. – P. 125–128.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

25. Филатова А.Е. Исследование влияния параметров адаптивного порога на качество структурной идентификации биомедицинских сигналов / А.Е. Филатова // *Материалы пятой международной научно-технической конференции «Проблемы информатики и моделирования»*. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – С. 10.

26. Поворознюк А.И. Адаптивная фильтрация биосигналов с локально сосредоточенными параметрами на основе многокритериального синтеза модели сигнала / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // *Компьютерные науки и технологии. Ч.2.: сборник трудов первой Международной научно-технической конференции*. – Белгород: ГиК. – 2009. – С. 224–227.

27. Филатова А.Е. Многокритериальный синтез модели сигнала в задаче адаптивной фильтрации биосигналов с локально сосредоточенными параметрами / А.Е. Филатова // *Матеріали 16 міжнародної конференції по автоматичному управлінню «Автоматика-2009»*. – Чернівці: Книги – XXI. – С. 286–287.

28. Филатова А.Е. Адаптивная фильтрация биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками в интеллектуальных информационных кардиологических системах // А.Е. Филатова // *Матеріали 11 міжнародної науково-практичної конференції «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2010)*. – Одеса: ОНПУ. – 2010. – С. 22.

29. Филатова А.Е. Адаптивная фильтрация квазипериодических биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками в кардиологических системах / А.Е. Филатова // *Матеріали 17 міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика-2010»*. – Харків: ХНУРЕ, 2010. – С. 272–273.

30. Филатова А.Е. Метод нелинейной фильтрации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали 10-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2010). – Харків – Ялта: НТУ «ХП», 2010. – С. 78.

31. Филатова А.Е. Обобщенный метод нелинейной фильтрации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми інформаційних технологій, економіки та права». – Чернівці: Книги – XXI, 2011. – С. 96–97.

32. Филатова А.Е. Метод структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками на основе нелинейной фильтрации / А.Е. Филатова // Матеріали 12 міжнародної науково-практичної конференції «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2011). – Одеса: ОНПУ, 2011. – С. 36.

33. Бойко Д.А. Анализ методов структурной идентификации биомедицинских сигналов / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Компьютерные науки и технологии: сборник трудов Второй Международной научно-технической конференции. – Белгород: ООО «ГиК», 2011. – С. 545-548.

34. Бойко Д.А. Структурная идентификация биомедицинских сигналов на основе вейвлет-преобразования / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Матеріали 11-й Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2011). – Харків – Ялта: НТУ «ХП», 2011. – С. 8.

35. Povoroznyuk A. Generalized method of nonlinear filtering of biomedical signals with locally concentrated signs / A.Povoroznyuk, A. Filatova // Матеріали 11-ї міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії (TCSET'2012)». – Львів – Славське: Національний університет «Львівська політехніка», 2012. – С. 203.

36. Поворознюк А.И. Обобщенный метод нелинейной фильтрации в задаче структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Матеріали

14-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2012). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2012. – С. 221–222.

37. Бойко Д.А. Обзор методов сегментации медицинских изображений / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2012), Ч.ІІІ. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – С. 70.

38. Филатова А.Е. Применение вейвлет-преобразования для структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали 13 міжнародної науково-практичної конференції «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2012). – Одеса: ОНПУ, 2012. – С. 112.

39. Филатова А.Е. Проектирование системы поддержки принятия решений на основе нечетких нейронных сетей / А.Е. Филатова, Д.А. Галкин // Матеріали 12-й Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2012). – Харків – Ялта: НТУ «ХПІ», 2012. – С. 83.

40. Burtsev M. Design of Computer-Based Intelligent Support Decision Systems for Medicine / M. Burtsev, A. Povoroznjuk, O. Povoroznjuk, A. Filatova // Матеріали 12-ї міжнародної науково-технічної конференції «CADSM 2013». – Львів – Поляна: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. – С. 45–52.

41. Поворознюк А.И. Синтез обобщенного решающего правила для структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Матеріали 15-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2013). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2013. – С. 311–312.

42. Филатова А.Е. Оценка качества структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками на основе

нелинейного фильтра / А.Е. Филатова // Матеріали 14 міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології» (СИЕТ-2013). – Одеса: ОНПУ, 2013. – С. 34–37.

43. Филатова А.Е. Выбор моделей полезного сигнала для структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2013), Ч.ІІІ. – Харків, НТУ «ХПІ». – С. 124.

44. Филатова А.Е. Экспериментальная проверка качества структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками на основе нелинейного фильтра / А.Е. Филатова // Матеріали 13-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2013). – Харків – Ялта: НТУ «ХПІ», 2013. – С. 73.

45. Boyko D. The Imaging Method of Pathologic Structures on Mammograms Using Layerwise Overlay / D. Boyko, A. Filatova, A. Povoroznjuk // Матеріали 12-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії (TCSET 2014)». – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2014. – С. 745–747.

46. Филатова А.Е. Обобщенный метод структурной идентификации биомедицинских сигналов и изображений с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXII міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2014), Ч.ІІІ. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – С. 125.

47. Филатова А.Е. Метод структурной идентификации биомедицинских сигналов и изображений с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали 16-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2014). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2014. – С. 273–274.

48. Филатова А.Е. Метод структурной идентификации биомедицинских

ізображень с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали 15 міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології» (СІЕТ-2014). – Одеса: ОНПУ, 2014. – С. 20–21.

49. Boyko D. Development of the Modules of the Decision Support System for Structural Pathology Visualisation in Mammography / D. Boyko, A. Filatova // Тези доповідей XXII Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2014). – Вінниця: ВНТУ, 2014. – С.192.

50. Филатова А.Е. Проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений в медицине на основе морфологического анализа биомедицинских сигналов и изображений / А.Е. Филатова // Матеріали 14-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2014). – Харків – Ялта: НТУ «ХП», 2014. – С. 13.

51. Филатова А.Е. Цифровая обработка маммограмм в медицинских системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Матеріали міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблем обчислювального інтелекту» (ISDMCI'2015). – Херсон – смт. Залізний Порт: ХНТУ, 2015. – С. 216–218.

52. Филатова А.Е. Исследование параметров поля фрактальных размерностей при анализе медицинских изображений / А.Е. Филатова, И.В. Калугин // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2015), Ч.ІІІ. – Харків, НТУ «ХП». – С. 71.

53. Филатова А.Е. Программный модуль повышения качества визуализации рентгенологических изображений / А.Е. Филатова // Матеріали 17-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2015). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КП», 2015. – С. 175–176.

54. Филатова А.Е. Проектирование двумерного нелинейного фильтра на основе расчета фрактальных размерностей для морфологического анализа

маммограмм / А.Е. Филатова // Матеріали 15-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2015). – Харків – Одеса (Караліно-Бугаз): НТУ «ХП», 2015. – С. 12.

55. Povoroznyuk A.I. Optimization of Parameters of the Visualization Quality Improvement Method of X-Ray Images / A.I. Povoroznyuk, A.E. Filatova // Матеріали 13-ї міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії (TCSET 2016)». – Львів – Славське: Національний університет «Львівська політехніка», 2016. – С. 770–773.

56. Филатова А.Е. Разработка системы альтернативных диагностических признаков в интеллектуальных компьютерных кардиологических системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Матеріали міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблем обчислювального інтелекту (ISDMCI'2016). – Херсон – смт. Залізний Порт: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2016. – С. 224–226.

57. Филатова А.Е. Визуализация альтернативных диагностических признаков в интеллектуальных компьютерных кардиологических системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2016), Ч.ІІІ. – Харків, НТУ «ХП». – С. 57.

58. Филатова А.Е. Исследование альтернативных диагностических признаков в интеллектуальных компьютерных кардиологических системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Матеріали 18-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2016). – К.: ННК «ПСА» НТУУ «КП», 2016. – С. 258–259.

59. Филатова А.Е. Альтернативное представление ЭКГ в виде ЭКГ-годографа в кардиологических системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Матеріали 16-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2016). – Харків – Одеса (Караліно-Бугаз): НТУ «ХП», 2016. – С. 12.

60. Комп'ютерна програма «Програмний модуль підвищення якості візуалізації рентгенологічних зображень» / Г.Є. Філатова // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 67828. – Зареєстр. в Держ. службі інтелектуальної власності України 15.09.16.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

61. Філатова А.Е. Методы проведения биохимического скрининга в пренатальной диагностике / А.Е. Філатова, А.Е. Ігнат'єва // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – №19. – С.191–194.

62. Ігнат'єва А.Е. Комп'ютерна система прийняття рішень в пренатальной диагностике / А.Е. Ігнат'єва, А.Е. Філатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – №24. – С. 72–76.

63. Бойко Д.А. Создание информационной структуры базы данных компьютерной системы поддержки принятия решений для диагностики митохондриальных заболеваний / Д.А. Бойко, О.В. Васильєва, Д.А. Галкин, Ю.Б. Гречанина, А.Н. Дурнев, А.И. Поворознюк, А.Е. Філатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – № 13. – С. 14–22.

64. Козіна О.А. Комп'ютерні системи медичної діагностики: Навч. посібник. Ч.1. (гриф Міністерства освіти і науки України) / О.А. Козіна, А.І. Поворознюк, Г.Є. Філатова. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – 224 с.

ABSTRACT

Filatova A.E. Methods and means for decision support in medicine based on the morphological analysis of biomedical signals and images. – Qualification scientific work on the rights of manuscript.

The dissertation for getting scientific degree of Doctor of Technical Sciences on specialty 05.11.17 – Biological and Medical Devices and Systems. – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov, 2017.

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and applied problem of the development of theoretical foundations and decision support means in the design of biomedical systems based on the morphological analysis of biomedical signals and images with locally concentrated features using consistent morphological filtering that takes into account explicitly or implicitly models of useful one- and two-dimensional signals.

The generalized model of the instrumental examination process of the patient as a set of functional, informational, structural and mathematical models was developed. The halftone morphological filter on the basis of local statistics which implicitly takes into account the model of a useful two-dimensional signal was developed. The generalized method for the morphological analysis of biomedical signals with locally concentrated features using a multichannel matched morphological filter was developed. The criterion for evaluating the quality of the morphological analysis method of biomedical signals with locally concentrated features on the basis of a synthesized multichannel matched morphological filter was developed. The system of alternative diagnostic features in the morphological analysis of biomedical signals with locally concentrated features taking into account the model of a useful one-dimensional signal and the properties of the detecting function of matched morphological filter was developed. The mathematical model of a digital X-ray image that takes into account the visualization features of biological objects and their structural elements was developed. The method for improving the quality of visualization of biological objects on X-ray images of a wide class was developed on the basis of the morphological analysis of biomedical images with locally concentrated

features. The objective integral criterion for assessing the quality of visualization of biological objects and their structural elements on medical low-contrast grayscale X-ray images was developed. The structure of the generalized biomedical decision support system as well as the software for modules of morphological analysis of biomedical signals and images with locally concentrated features were developed. The adequacy of the developed methods of morphological analysis in the processing of real biomedical signals and images was checked.

The scientific novelty of the results is that the complex approach to the solution of the scientific and applied problem of increasing the efficiency of functioning of biomedical decision support systems on the basis of the morphological analysis of biomedical signals and images with locally concentrated features using models of useful signal was first proposed, justified and applied. The main results of the performed work are:

- the theory of morphological analysis of data was further developed, which consists in the development of a single formalized approach to the morphological analysis of a set of biomedical signals and images with locally concentrated features, which allowed to take into account the characteristics of the processed biomedical signals and images in the form of useful signal models;

- the methods of system analysis were further developed, which consist in constructing the generalized model of the instrumental examination in the form of the set of functional, informational, structural, and mathematical models, allowing to identify the main sources and flows of information, critical stages of processing diagnostic information for the purpose of improving the effectiveness of instrumental examination of patients;

- for the first time, the mathematical model of instrumental examination of a patient was developed in the form of a set of sets of patient data, recorded biomedical signals and images with locally concentrated signs, diagnostic features, their values and ranges, a symptom complex, diagnoses, fuzzy diagnostic conclusions, recommendations, and correspondences between these sets, which is made using formalization of knowledge, which are formed as a result of processing of digital

biomedical signals and images with locally concentrated features, which allowed to formalize the problem of the morphological analysis of biomedical signals and images with locally concentrated features;

– for the first time, the formalization of the task of matched morphological filtration of biomedical signals and images with locally concentrated features was made, which allowed to develop morphological filters, taking into account the models of useful signals, to solve both problems of recognition and localization of objects of biomedical signals and images with locally concentrated features and problem of improving the visualization quality of biological objects and their structural elements on X-ray images;

– for the first time, the method of grayscale morphological filtering based on local statistics was developed that takes into account the statistical characteristics of a useful two-dimensional signal in a window without the need for knowledge of the law of distribution of pixel brightness values, as well as the type and method of imposing the noise component, which made it possible to use the developed filter for both noise reduction problems and solution of problems of morphological analysis of biomedical images with locally concentrated features;

– for the first time, the method of morphological analysis of biomedical signals with locally concentrated features was developed, which is based on matched morphological filtration, which made it possible to perform the detection of structural elements of biomedical signals with locally concentrated features using various models of the useful signal;

– for the first time, the presentation of structural elements of biomedical signals with locally concentrated features in the alternative feature space at the morphological analysis of biomedical signals in the form of hodographs was proposed, which, in contrast to the traditional view, provides additional diagnostic information by visualizing not only the structural elements adopted in medical practice, but an alternative structural elements that are not analyzed in the course of classical diagnostics, which ultimately improves the quality of diagnostics during the instrumental examination of a patient;

– the mathematical model of the image of the structure of the mammary gland on a digital mammogram is improved, in which in addition to the components characterizing the structure and average intensity of the shadows of the visualized tissues, the component characterizing the unevenness of the background is taken into account, which made it possible to generalize the mathematical model to X-ray biomedical images with locally concentrated features and take into account not only physics of the process of recording X-ray images, but also a generalized scheme for their description;

– the IMRI method of morphological analysis of biomedical images with locally concentrated features was developed, in which, in contrast to the decomposition method of quality improvement of visualization of anatomical and pathological structures on digital mammograms, the developed grayscale morphological filter based on local statistics is used to approximate the background component, automatic adjustment of the parameters of the method depending on the statistical characteristics of X-ray images and compensation of edge effects on the «tissue-background» border is performed, which allowed to solve the problem of quality improvement of visualization of biological objects and their structural elements on X-ray images of a wide class.

The practical value of the obtained results for the field of medical instrument making lies in the fact that the models and methods of morphological analysis of biomedical signals and images with locally concentrated features developed in the dissertation work are the scientific and methodological basis for the development of appropriate algorithms and software. The practical value of the results obtained is as follows: the structure of the hardware and software complex for implementing the biomedical decision support system and algorithms for implementing mathematical methods and models are developed; the software of the morphological analysis of biomedical signals with locally concentrated features is developed, which realizes the method of morphological analysis of biomedical signals with locally concentrated features of various nature on the basis of models of a useful one-dimensional signal; the software for visualization of structural elements of biomedical signals with locally

concentrated features in an alternative feature space at the morphological analysis of biomedical signals is developed; the software of quality improvement of visualization of digital X-ray images using morphological analysis of biomedical images with locally focused features is developed.

The results of the dissertation work are implemented in the form of models, algorithms and software modules for decision support tasks in biomedical systems, which is confirmed by the acts on the implementation of the following organizations: the company «Radmir» of subsidiary of the joint stock company of the Research Institute of Radio Engineering Measurements for the development of software of the morphological analysis module of digital X-ray images for the digital mammography complex SYMA (Kharkiv); LLC «TREDEX Company» for software development of the module for the morphological analysis of electrocardiograms (ECG) of the transtelephonic digital 12-channel ECG-system «Telecard» and the radio monitoring ECG-monitoring complex «RadioHolter» (Kharkiv); State institution «Institute of Medical Radiology named after S.P. Grigoryev of National Academy of Sciences of Ukraine» for decision support on the basis of the morphological analysis of digital mammograms in the diagnosis of breast cancer (Kharkiv); Municipal institution of healthcare «Center for Emergency Medical Care and Disaster Medicine» for decision support on the basis of morphological analysis of quasi-periodic physiological signals in conditions of providing of emergency medical care (Kharkiv); Department of «Computer Engineering and Programming» NTU «KhPI» in research and teaching process in the study of disciplines «Designing computer systems for medical diagnostics» (manual with the stamp of the Ministry of Education and Science of Ukraine), «Signal and image processing», «Decision support systems in medical diagnostics», as well as in the course and diploma work of students in the specialty «Computer Engineering».

Keywords: biomedical signals and images, locally concentrated features, useful signal model, morphological analysis, biomedical decision support system.

List of applicant's publications

Scientific works in which the main scientific results of the dissertation are published

1. Филатова А.Е. Экспериментальная проверка метода структурной идентификации квазипериодических сигналов / А.Е. Филатова // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №3. – С. 60–63.
2. Поворознюк А.І. Перевірка ефективності методу структурної ідентифікації на прикладі виділення інформативних фрагментів електрокардіограми / А.І. Поворознюк, Г.Є. Філатова // Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – Вип. 6(16). – С. 94–97.
3. Поворознюк А.И. Адаптация метода структурной идентификации для обработки двумерных изображений / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – №18. – С. 97–100.
4. Филатова А.Е. Разработка подсистемы структурной идентификации сигналов в кардиологических системах / А.Е. Филатова // Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – Вип. 3(19), 2002. – С. 203–206.
5. Поворознюк А.И. Определение адаптивного порога при структурной идентификации биомедицинских сигналов / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – №19. – С. 125–128.
6. Филатова А.Е. Описание эталонных объектов при структурной идентификации поликардиограммы / А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2005. – №46. – С. 172–175.
7. Филатова А.Е. Синтез решающих правил с различными пороговыми функциями при структурной идентификации биомедицинских сигналов / А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – №23. – С. 160–163.
8. Филатова А.Е. Нелинейная фильтрация биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками в задаче структурной идентификации /

А.Е. Филатова. – Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – №17. – С. 168–174.

9. Поворознюк А.И. Описание эталона для синтеза функции отклика нелинейного фильтра в задаче структурной идентификация биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 38. – С. 136–141.

10. Бойко Д.А. Основные этапы обработки изображений при проектировании биотехнических систем в медицинской радиологии / Д.А. Бойко, А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: ХУПС, 2012. – Вип. 2(31). – С. 85–88.

11. Povoroznyuk A. Design of non-linear filter in the problem of structural identification of biomedical signals with locally concentrated properties / A. Povoroznyuk, A. Filatova, Y. Myrgorod // Science Journal of Circuits, Systems and Signal Processing. – 2013. – № 2(3). – P. 85–92.

12. Бойко Д.А. Метод визуализации патологических структур на маммограммах / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 39 (1012). – С. 9–14.

13. Бойко Д.А. Метод визуализации патологических структур на маммограммах с использованием послойного наложения / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – №6 (1049). – С. 29–34.

14. Поворознюк А.И. Проектирование нелинейного фильтра в задаче структурной идентификация биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 1. – С. 69–80.

15. Бойко Д.А. Разработка системы поддержки принятия решений в радиологии для улучшения визуализации патологий / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова, Е.А. Заможская // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 35 (1078). – С. 29–34.

16. Бойко Д.А. Метод повышения качества визуализации рентгенологических изображений / А.Е. Филатова, Д.А. Бойко. – Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – № 32 (1141). – С. 19–26.

17. Филатова А.Е. Компенсация краевых эффектов в методе повышения качества визуализации рентгенологических изображений / А.Е. Филатова. – Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – № 33 (1142). – С. 167–174.

18. Povoroznyuk A.I. Design of decision support system when undertaking medical-diagnostic action / A.I. Povoroznyuk, A.E. Filatova, W. Surtel, A. Burlibay, M. Zhassandykyzy // *Optical Fibers and Their Applications 2015*. – 2015. – Vol. 9816. – P. 98161O-1–98161O-7; doi: 10.1117/12.2229295.

19. Филатова А.Е. Параметрическая оптимизация метода повышения качества визуализации биомедицинских рентгенологических изображений / А.Е. Филатова // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2015. – № 2(34). – С. 113–115.

20. Филатова А.Е. Выбор параметров метода повышения качества визуализации маммограмм / А.Е. Филатова // *Кибернетика и вычислительная техника*. – 2016. – Вып. 183. – С. 25–38.

21. Povoroznyuk A. Development of alternative diagnostic feature system in the cardiology decision support systems / A. Povoroznyuk, A. Filatova // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – Vol. 3/9(81). – P. 39–44.

22. Филатова А.Е. Морфологическая фильтрация полутонных изображений на основе локальных статистик / А.Е. Филатова // *Автоматизированные технологии и производства*. – 2016. – № 3(13). – С. 33–39.

23. Filatova A.E. Development of the method of multi-criteria quality assessment of mammograms designed by SYMA / A.E. Filatova, D.A. Boyko, S.V. Litvinenko, E.V. Khomenko // *Nauka i studia*, 2016. – NR 24-7 (161). – P. 45–51.

24. Povoroznyuk A.I. Research of alternative diagnostic features in intelligent computer-based cardiological decision support systems / A.I. Povoroznyuk, A.E. Filatova, O.S. Kovalenko, W. Wójcik, M. Maciejewski, M. Szatkowska, A. Tuleshova // *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 93, 2017. – NR 3. –

P. 125–128.

Scientific work which testify the approbation of the materials of the dissertation

25. Филатова А.Е. Исследование влияния параметров адаптивного порога на качество структурной идентификации биомедицинских сигналов / А.Е. Филатова // Материалы пятой международной научно-технической конференции «Проблемы информатики и моделирования». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2005. – С. 10.

26. Поворознюк А.И. Адаптивная фильтрация биосигналов с локально сосредоточенными параметрами на основе многокритериального синтеза модели сигнала / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Компьютерные науки и технологии. Ч.2.: сборник трудов первой Международной научно-технической конференции. – Белгород: ГиК. – 2009. – С. 224–227.

27. Филатова А.Е. Многокритериальный синтез модели сигнала в задаче адаптивной фильтрации биосигналов с локально сосредоточенными параметрами / А.Е. Филатова // Матеріали 16 міжнародної конференції по автоматичному управлінню «Автоматика-2009». – Чернівці: Книги – XXI. – С. 286–287.

28. Филатова А.Е. Адаптивная фильтрация биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками в интеллектуальных информационных кардиологических системах // А.Е. Филатова // Матеріали 11 міжнародної науково-практичної конференції «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2010). – Одеса: ОНПУ. – 2010. – С. 22.

29. Филатова А.Е. Адаптивная фильтрация квазипериодических биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками в кардиологических системах / А.Е. Филатова // Матеріали 17 міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика-2010». – Харків: ХНУРЕ, 2010. – С. 272–273.

30. Филатова А.Е. Метод нелинейной фильтрации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали 10-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2010). – Харків – Ялта: НТУ «ХПИ», 2010. – С. 78.

31. Филатова А.Е. Обобщенный метод нелинейной фильтрации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми інформаційних технологій, економіки та права». – Чернівці: Книги – XXI, 2011. – С. 96–97.

32. Филатова А.Е. Метод структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками на основе нелинейной фильтрации / А.Е. Филатова // Матеріали 12 міжнародної науково-практичної конференції «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2011). – Одеса: ОНПУ, 2011. – С. 36.

33. Бойко Д.А. Анализ методов структурной идентификации биомедицинских сигналов / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Компьютерные науки и технологии: сборник трудов Второй Международной научно-технической конференции. – Белгород: ООО «ГиК», 2011. – С. 545-548.

34. Бойко Д.А. Структурная идентификация биомедицинских сигналов на основе вейвлет-преобразования / Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Матеріали 11-й Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2011). – Харків – Ялта: НТУ «ХПИ», 2011. – С. 8.

35. Povoroznyuk A. Generalized method of nonlinear filtering of biomedical signals with locally concentrated signs / A.Povoroznyuk, A. Filatova // Матеріали 11-ї міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії (TCSET'2012)». – Львів – Славське: Національний університет «Львівська політехніка», 2012. – С. 203.

36. Поворознюк А.И. Обобщенный метод нелинейной фильтрации в задаче структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Матеріали 14-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2012). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2012. – С. 221–222.

37. Бойко Д.А. Обзор методов сегментации медицинских изображений /

Д.А. Бойко, А.Е. Филатова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2012), Ч.ІІІ. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – С. 70.

38. Филатова А.Е. Применение вейвлет-преобразования для структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали 13 міжнародної науково-практичної конференції «Современные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2012). – Одеса: ОНПУ, 2012. – С. 112.

39. Филатова А.Е. Проектирование системы поддержки принятия решений на основе нечетких нейронных сетей / А.Е. Филатова, Д.А. Галкин // Матеріали 12-й Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2012). – Харків – Ялта: НТУ «ХП», 2012. – С. 83.

40. Burtsev M. Design of Computer-Based Intelligent Support Decision Systems for Medicine / M. Burtsev, A. Povoroznjuk, O. Povoroznjuk, A. Filatova // Матеріали 12-ї міжнародної науково-технічної конференції «CADSM 2013». – Львів – Поляна: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. – С. 45–52.

41. Поворознюк А.И. Синтез обобщенного решающего правила для структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Матеріали 15-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2013). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КП», 2013. – С. 311–312.

42. Филатова А.Е. Оценка качества структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками на основе нелинейного фильтра / А.Е. Филатова // Матеріали 14 міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології» (СИЕТ-2013). – Одеса: ОНПУ, 2013. – С. 34–37.

43. Филатова А.Е. Выбор моделей полезного сигнала для структурной

идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2013), Ч.ІІІ. – Харків, НТУ «ХПІ». – С. 124.

44. Филатова А.Е. Экспериментальная проверка качества структурной идентификации биомедицинских сигналов с локально сосредоточенными признаками на основе нелинейного фильтра / А.Е. Филатова // Матеріали 13-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2013). – Харків – Ялта: НТУ «ХПІ», 2013. – С. 73.

45. Boyko D. The Imaging Method of Pathologic Structures on Mammograms Using Layerwise Overlay / D. Boyko, A. Filatova, A. Povoroznjuk // Матеріали 12-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії (TCSET 2014)». – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2014. – С. 745–747.

46. Филатова А.Е. Обобщенный метод структурной идентификации биомедицинских сигналов и изображений с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXII міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2014), Ч.ІІІ. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – С. 125.

47. Филатова А.Е. Метод структурной идентификации биомедицинских сигналов и изображений с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали 16-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2014). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2014. – С. 273–274.

48. Филатова А.Е. Метод структурной идентификации биомедицинских изображений с локально сосредоточенными признаками / А.Е. Филатова // Матеріали 15 міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології» (CIET-2014). – Одеса: ОНПУ, 2014. – С. 20–21.

49. Boyko D. Development of the Modules of the Decision Support System for Structural Pathology Visualisation in Mammography / D. Boyko, A. Filatova // Тези доповідей XXII Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах» (КУСС-2014). – Вінниця: ВНТУ, 2014. – С.192.

50. Филатова А.Е. Проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений в медицине на основе морфологического анализа биомедицинских сигналов и изображений / А.Е. Филатова // Матеріали 14-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2014). – Харків – Ялта: НТУ «ХП», 2014. – С. 13.

51. Филатова А.Е. Цифровая обработка маммограмм в медицинских системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Матеріали міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблем обчислювального інтелекту» (ISDMCI'2015). – Херсон – смт. Залізний Порт: ХНТУ, 2015. – С. 216–218.

52. Филатова А.Е. Исследование параметров поля фрактальных размерностей при анализе медицинских изображений / А.Е. Филатова, И.В. Калугин // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2015), Ч.ІІІ. – Харків, НТУ «ХП». – С. 71.

53. Филатова А.Е. Программный модуль повышения качества визуализации рентгенологических изображений / А.Е. Филатова // Матеріали 17-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2015). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КП», 2015. – С. 175–176.

54. Филатова А.Е. Проектирование двумерного нелинейного фильтра на основе расчета фрактальных размерностей для морфологического анализа маммограмм / А.Е. Филатова // Матеріали 15-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2015). – Харків – Одеса (Караліно-Бугаз): НТУ «ХП», 2015. – С. 12.

55. Povoroznyuk A.I. Optimization of Parameters of the Visualization Quality

Improvement Method of X-Ray Images / A.I. Povoroznyuk, A.E. Filatova // Матеріали 13-ї міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій, комп'ютерної інженерії (TCSET 2016)». – Львів – Славське: Національний університет «Львівська політехніка», 2016. – С. 770–773.

56. Филатова А.Е. Разработка системы альтернативных диагностических признаков в интеллектуальных компьютерных кардиологических системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Матеріали міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблем обчислювального інтелекту (ISDMCI'2016)». – Херсон – смт. Залізний Порт: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2016. – С. 224–226.

57. Филатова А.Е. Визуализация альтернативных диагностических признаков в интеллектуальных компьютерных кардиологических системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції (MicroCAD-2016), Ч.ІІІ. – Харків, НТУ «ХПІ». – С. 57.

58. Филатова А.Е. Исследование альтернативных диагностических признаков в интеллектуальных компьютерных кардиологических системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Матеріали 18-й Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» (SAIT 2016). – К.: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2016. – С. 258–259.

59. Филатова А.Е. Альтернативное представление ЭКГ в виде ЭКГ-годографа в кардиологических системах поддержки принятия решений / А.Е. Филатова // Матеріали 16-й міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми інформатики та моделювання» (ПІМ 2016). – Харків – Одеса (Караліно-Бугаз): НТУ «ХПІ», 2016. – С. 12.

60. Комп'ютерна програма «Програмний модуль підвищення якості візуалізації рентгенологічних зображень» / Г.Є. Філатова // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 67828. – Зареєстр. в Держ. службі інтелектуальної власності України 15.09.16.

Scientific works which additionally reflect the scientific results of the dissertation

61. Филатова А.Е. Методы проведения биохимического скрининга в пренатальной диагностике / А.Е. Филатова, А.Е. Игнатъева // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – №19. – С.191–194.

62. Игнатъева А.Е. Компьютерная система принятия решений в пренатальной диагностике / А.Е. Игнатъева, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – №24. – С. 72–76.

63. Бойко Д.А. Создание информационной структуры базы данных компьютерной системы поддержки принятия решений для диагностики митохондриальных заболеваний / Д.А. Бойко, О.В. Васильева, Д.А. Галкин, Ю.Б. Гречанина, А.Н. Дурнев, А.И. Поворознюк, А.Е. Филатова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – № 13. – С. 14–22.

64. Козіна О.А. Комп'ютерні системи медичної діагностики: Навч. посібник. Ч.1. (гриф Міністерства освіти і науки України) / О.А. Козіна, А.І. Поворознюк, Г.Є. Філатова. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – 224 с.

ЗМІСТ

	стр.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПРОЕКТУВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ ТА ЗОБРАЖЕНЬ, ПОСТАНОВКА МЕТИ ТА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
1.1. Особливості побудови біомедичних систем підтримки прийняття рішень	21
1.2. Структура медичної інформації і аналіз особливостей її обробки	30
1.3. Аналіз методів цифрової обробки біомедичних сигналів та зображень в біомедичних СППР.....	39
1.3.1. Методи цифрової обробки сигналів.....	39
1.3.2. Методи поелементної обробки цифрових зображень.....	41
1.3.3. Віконні методи обробки цифрових зображень.....	45
1.3.4. Режими накладання шарів в Adobe Photoshop.....	50
1.4. Аналіз методів морфологічного аналізу біомедичних сигналів та зображень	55
1.4.1. Морфологічний аналіз сигналів.....	56
1.4.2. Морфологічний аналіз зображень.....	58
1.5. Постановка мети і задач дослідження.....	64
РОЗДІЛ 2 ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ ТА ЗОБРАЖЕНЬ.....	67
2.1. Розробка узагальненої моделі процесу інструментального обстеження пацієнта.....	67
2.1.1. Розробка функціональної моделі інструментального обстеження.....	68

2.1.2. Розробка інформаційної моделі інструментального обстеження. ...	76
2.1.3. Розробка структурної моделі інструментального обстеження.....	83
2.1.4. Розробка математичної моделі інструментального обстеження.....	87
2.2. Формалізація задачі узгодженої морфологічної фільтрації біомедичних сигналів та зображень	105
2.3. Півтонова морфологічна фільтрація на основі локальних статистик	112
2.3.1. Розробка півтонового морфологічного фільтра на основі локальних статистик.	112
2.3.2. Дослідження роботи півтонового морфологічного фільтра на основі локальних статистик у залежності від типу завади.	115
2.3.3. Дослідження роботи півтонового морфологічного фільтра на основі локальних статистик в залежності від розміру апертури.....	120
2.3.4. Дослідження роботи півтонового морфологічного фільтра на основі локальних статистик при наявності градієнтного фону.....	132
Висновки по другому розділу	137
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДУ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ БІОМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ З ЛОКАЛЬНО ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ОЗНАКАМИ	139
3.1. Формалізація задачі морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками.....	139
3.1.1. Моделі корисного одновимірного сигналу.	139
3.1.2. Методи перетворення БМС з ЛЗО.	142
3.2. Морфологічний аналіз біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками на основі моделей корисного одновимірного сигналу.....	145
3.2.1. Морфологічний аналіз біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками за допомогою методу перетворення в фазовий простір.	146
3.2.2. Морфологічний аналіз біомедичних сигналів з локально	

зосередженими ознаками за допомогою методу перетворення в адаптований простір параметрів апроксимуючих функцій.....	147
3.3. Морфологічний аналіз біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками на основі УМ-фільтрації.....	149
3.3.1. Синтез одноканального УМ-фільтра для морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками.....	149
3.3.2. Синтез багатоканального УМ-фільтра для морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками.	155
3.3.3. Узгоджена морфологічна фільтрація тестового сигналу з локально зосередженими ознаками.....	160
3.4. Критерій оцінки якості морфологічного аналізу на основі УМ-фільтра	165
3.5. Альтернативні діагностичні ознаки при морфологічному аналізі біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками.....	170
3.5.1. Розробка системи альтернативних діагностичних ознак.....	170
3.5.2. Візуалізація структурних елементів у альтернативному просторі ознак.....	172
Висновки по третьому розділу.....	174
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА МЕТОДУ МОРФОЛОГІЧНОГО АНАЛІЗУ БІОМЕДИЧНИХ РЕНТГЕНОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ЛОКАЛЬНО ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ОЗНАКАМИ.....	176
4.1. Формалізація задачі морфологічного аналізу біомедичних зображень з локально зосередженими ознаками	176
4.1.1. Моделі корисного двовимірного сигналу.....	177
4.1.2. Морфологічний аналіз біомедичних зображень з локально зосередженими ознаками на основі УМ-фільтрації.....	181
4.1.3. Методи перетворення БМЗ з ЛЗО в задачі підвищення якості візуалізації біологічних об'єктів.....	183
4.2. Розробка методу підвищення якості візуалізації біологічних об'єктів на рентгенологічних зображеннях ІМРІ, заснованого на	

морфологічному аналізу зображень	191
4.2.1. Математична модель цифрового рентгенологічного зображення.	191
4.2.2. Підвищення якості візуалізації біологічних об'єктів на рентгенологічному знімку.....	196
4.2.3. Компенсації крайових ефектів на межі «тканина-фон».....	205
4.3. Оцінка якості цифрових рентгенівських півтонових зображень	210
4.4. Оптимізація параметрів методу підвищення якості візуалізації біологічних об'єктів на рентгенологічних зображеннях ІMRI.....	217
4.4.1. Визначення оптимального параметра гама-корекції.....	217
4.4.2. Вибір сигмоїди для нелінійного контрастування.	221
4.4.3. Вибір параметрів функції нелінійного контрастування в методі ІMRI.....	223
Висновки по четвертому розділу.....	226
РОЗДІЛ 5 ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ БІОМЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	228
5.1. Аналіз засобів створення програмного забезпечення біомедичної СППР.....	228
5.1.1. Вибір програмного забезпечення для створення модулів біомедичної СППР.....	229
5.1.2. Вибір системи управління базами даних.....	233
5.1.3. Вибір операційної системи.....	235
5.1.4. Способи проектування складних систем.....	237
5.2. Проектування біомедичної СППР на основі морфологічного аналізу БМС/З з ЛЗО	240
Висновки по п'ятому розділу.....	247
РОЗДІЛ 6 АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНИХ ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В МЕДИЦИНІ.....	248
6.1. Апробація методу морфологічного аналізу біомедичних сигналів з локально зосередженими ознаками	248
6.1.1. Морфологічний аналіз ЕКГ.....	248

6.1.2. ЕКГ-годографи.	254
6.2. Апробація методу морфологічного аналізу біомедичних зображень з локально зосередженими ознаками на основі УМ-фільтрації	261
6.3. Апробація методу підвищення якості візуалізації рентгенівських зображень	266
6.3.1. Підвищення якості візуалізації мамограм.	266
6.3.2. Підвищення якості візуалізації рентгенівських зображень.	273
6.4. Аналіз ефективності проведення інструментального обстеження з використанням біомедичних СППР	274
Висновки по шостому розділу	277
ВИСНОВКИ	279
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	283
ДОДАТОК А. Акти впровадження результатів розробки	316
ДОДАТОК Б. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на програмний код.....	325
ДОДАТОК В. Статистичні характеристики цифрових мамограм	327
ДОДАТОК Г. Результати оцінки якості мамограм.....	340
ДОДАТОК Д. Приклади підвищення якості рентгенівських зображень	353
ДОДАТОК Ж. Список опублікованих праць за темою дисертації	363