

**Розробка неінвазивних технологій та систем високого розрізнення для
ранньої діагностики серцево-судинних захворювань.
Разработка неинвазивных технологий и систем высокого разрешения для
ранней диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.
Development of non-invasive technologies and high resolution systems for early
diagnosis of cardiovascular diseases.**

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0110U002463**
- 2. Науковий керівник -** к.т.н., проф. Фесечко В.О., Фесечко В.А., Fesechko Volodymyr O.
- 3. Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

Створено нові методи і засоби виявлення і дослідження пізніх потенціалів передсердя і шлуночків серця людини на підставі технологій високого розрізнення аналізу даних медико-біологічних вимірювань, застосування яких призведе до підвищення достовірності діагностики стану серцево-судинної системи на ранніх стадіях захворювань.

Розроблено для потреб медичних закладів нові методи, алгоритми і програми діагностики серцево-судинних захворювань людини на ранньому етапі за рахунок впровадження в техніку комп'ютерної діагностики основних досягнень сучасних інформаційних технологій високого розрізнення в електрокардіографії та коронарографії.

Робота спрямована на створення та удосконалення методів і засобів діагностики функціонального стану серцево-судинної системи на підставі технологій, що дозволяють досліджувати найтонші механізми прояву діяльності серця. До технологій, які дають можливість з високою роздільною здатністю оцінювати електричну активність серця, відносять електрокардіографію високого розрізнення (ЕКГ ВР) як неінвазивний метод, що за допомогою досконалих технічних засобів і цифрової обробки електрокардіосигналів виявляє низькоамплітудні сигнали пізніх потенціалів передсердь та шлуночків, які не можна побачити на звичайній електрокардіограмі.

Виконано визначення ознак високого ризику дестабілізації характеристик електрокардіограм і атеросклеротичної поверхні коронарних судин і оцінка ступеню підвищеного ризику виникнення серцево-судинної патології. Розроблено нові методи обробки електрокардіограм, аналізу зображень спіральної, позитронно-емісійної, рентгенівської та магніто-резонансної томографії, внутрішньо-ультразвукової і оптичної когерентної томографії із застосуванням ангиографічного режиму з врахуванням можливостей високого розрізнення. Вирішено питання оптимальної фільтрації, реконструкції зображень, неінвазивного вимірювання геометричних розмірів патологій, а також підвищення ефективності комп'ютерних систем діагностики серцево-судинної системи та впровадження розроблених методів та алгоритмів обробки біомедичних сигналів та зображень у виробництво діагностичної апаратури.

Вивчено можливості застосування показника варіабельності ритму серця як універсальної характеристики балансу активності симпатичної та парасимпатичної системи і гуморальних впливів для діагностики серцево-судинних захворювань, зокрема на ранніх стадіях та із застосуванням переваг, які надають технології високого розрізнення. В результаті виконання етапу було запропоновано новий підхід до аналізу характеристик варіабельності, що полягає в розкладі варіабельності на компоненти, кожний з яких відповідає процесам різної тривалості, які спричиняють зміни серцевої діяльності. Розроблено новий метод аналізу параметрів варіабельності серцевого ритму на основі діадного ортогонального вейвлет-розкладу, особливістю якого є можливість попереднього визначення тривалості процесів, що впливають на зміни варіабельності, шляхом обрання відповідної материнської вейвлет-функції та масштабного коефіцієнту.

(рос.)

Приведены теоретические основы неинвазивных технологий высокого разрешения для ранней диагностики сердечно-сосудистой системы. Разработаны алгоритмы и программы

для ранней диагностики состояния сердечно-сосудистой системы на основе развития методик распознавания образов структурных компонентов электрокардиограммы. Представлена методика компонентного анализа вариабельности сердечного ритма на основе ортогонального диадного вейвлет-анализа. Приведены методы высокого разрешения для пространственной фильтрации, сегментации, морфологической обработки изображений ультразвуковой интроскопии, позитронно-эмиссионной, магнито-резонансной и рентгеновской интроскопии. Изложены результаты разработки комплексной системы неинвазивной диагностики состояния сердечно-сосудистой систем с высоким разрешением.

(англ.)

Theoretical foundations of non-invasive high resolution technologies for early diagnosis of cardiovascular system are given. Algorithms and programs for early diagnosis of cardiovascular system based on the development of techniques for pattern recognition of structural components electrocardiogram are developed. The technique of component analysis of heart rate variability based on orthogonal dyadic wavelet analysis is presented. High resolution methods for spatial filtering, morphological imaging for ultrasound introscopy, positron emission, magnetic resonance and X-ray introscopy are developed. Results of development of a comprehensive system of non-invasive diagnosis of cardiovascular system with high resolution are presented.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

Подано заявку на корисну модель U 2011 13883 від 25.11.2011

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а новий підхід до аналізу характеристик вариабельності, що полягає в розкладі вариабельності на компоненти, кожний з яких відповідає процесам різної тривалості, які спричиняють зміни серцевої діяльності. Розроблено новий метод аналізу параметрів вариабельності серцевого ритму на основі діадного ортогонального вейвлет-розкладу, не має аналогів у світовій практиці аналізу сигналів серцево-судинної системи.

Розроблено комплексний метод адаптивної попередньої обробки сигналів ЕКГ з метою виявлення низькоамплітудних складових, на основі якого запропоновано спеціалізований алгоритм адаптивної фільтрації мережевої завади для ЕКГ ВР, за допомогою якого вперше отримано значення подавлення завади 90 дБ, що відповідає світовому рівню.

Розроблені в роботі методи високого розрізнення електричних сигналів у кардіології, а також при одержанні зображень у рентгенівській томографії, УЗІ та ін., значно підвищують діагностичну цінність інформації і достовірність діагнозу різних захворювань. В роботі показано, що лише за рахунок збільшення точності вимірювання медичних сигналів можна значно підвищити чутливість і якість діагностування на існуючій апаратурі, а також при розробці нової з новими технічними характеристиками. Чутливість запропонованої системи на репрезентативній вибірці дорівнює 97%, що знаходиться на рівні світових зразків.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Розроблені в роботі методи високого розрізнення електричних сигналів у кардіології а також при одержанні зображень у рентгенівській томографії, УЗІ та ін., значно підвищують діагностичну цінність інформації і достовірність діагнозу різних захворювань. В роботі показано, що лише за рахунок збільшення точності вимірювання медичних сигналів можна значно підвищити чутливість і якість діагностування на існуючій апаратурі, а також при розробці нової з новими технічними характеристиками. Чутливість запропонованої системи на репрезентативній вибірці дорівнює 97%, що знаходиться на рівні світових зразків.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Всі результати НДР готові до впровадження, та реалізовані на рівні дослідних зразків. Впровадження отриманих теоретичних і практичних результатів НДР можливе шляхом проведення експериментальних та клінічних досліджень ефективності створених алгоритмів та програмних комплексів на базі провідних організацій в галузі медичного приладобудування та основних клінічних установ України – Інститут нейрохірургії АМН України, Інститут геронтології АМН України, ТОВ «ЮТАС», НВП «Арсенал», НВП «ВЕЛ»,

фірми «Медінтех», «Телеоптик». Ці ж організації можуть згодом розглядатися як споживачі розроблених методик і підприємства впровадження.

Розроблені зразки програмного забезпечення можуть передаватися для апробації та впровадження в медичні заклади для експериментального використання та проведення наукових досліджень, а також для застосування в лікувальному процесі.

8. Стан готовності розробки.

Розроблені та виготовлені макети системи електрокардіографії високого розрізнення; відпрацьовані та реалізовані у вигляді експериментального програмного забезпечення відповідні алгоритми аналізу біомедичних сигналів і зображень. Можлива розробка дослідно-промислових зразків систем електрокардіографії високого розрізнення для впровадження у промислове виробництво.

9. Існуючі результати впровадження.

Основні положення роботи впроваджені у навчальному процесі при формуванні нових навчальних програм бакалавра та магістра в галузі знань «Електроніка» напряму «Мікро- та наноелектроніка» для спеціальності «Електронні та інформаційні біомедичні системи». З урахуванням результатів НДР вдосконалено навчальну та робочу навчальні програми дисциплін «Біомедична інтроскопія», «Біомедичні комп'ютерні системи», «Теорія сигналів» та «Методи перетворення сигналів». У навчальному курсі «Теорія сигналів» результати роботи використано в нових підрозділах «Поняття про параметричні та непараметричні моделі сигналів», «Спектральний аналіз дискретних сигналів», «Дискретизація реальних сигналів», «Частотно-часові перетворення сигналів», «Вейвлет-перетворення сигналів», «Кореляційний аналіз детермінованих сигналів», «Фільтрація сигналів», «Спектральний аналіз вищих порядків», «Параметричні методи оцінки спектрів випадкових процесів», «Оцінювання спектрів випадкових сигналів», «Формально-лінгвістичні методи розпізнавання образів».

Оновлено цикл нових робіт для комп'ютерного практикуму: «Моделювання лінійних систем», «Спектральний аналіз сигналів за Фур'є», «Перетворення Уолша та Хаара», «Вейвлет-перетворення», «Фільтрація сигналів».

В курсі «Біомедичні комп'ютерні системи» результати НДР використані в нових лекціях: «Особливості аналізу сигналів медичного походження», «Методи підвищення інформаційної достовірності сигналу», «Ідентифікація сигналів», «Аналіз сигналів електроенцефалограм», «Побудова систем діагностичного моніторингу», «Методи оцінки глибини анестезії», «Методи оцінки стану нервової системи оператора в екстремальних умовах». Для залучення студентів до виконання НДР запропоновано написання аналітичних оглядів за тематиками, пов'язаними з тематикою НДР.

За матеріалами роботи захищено дві кандидатські дисертації: «Аналізатор інфрачервоного поглинання в засобах неінвазивного контролю глюкози крові», «Підвищення точності реєстрації параметрів для діагностування у електрокардіографії». Підготовлено до захисту кандидатську дисертацію «Розпізнавання образів низькоамплітудних компонент електрокардіосигналів».

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ"КПІ", НДІ Прикладної електроніки, (044)454-99-09, e-mail: anton.popov@ieee.org

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Иванушкина Н.Г. Технологии распознавания образов поздних потенциалов предсердий: формирование признаков/ Иванушкина Н.Г., Иванько Е.О. // Электроника и связь: тематический выпуск "Электроника и нанотехнологии". – 2010.– №5(58).– с.177-184.
2. Иванько Е.О. Технологии распознавания образов поздних потенциалов предсердий: подходы к классификации/ Иванько Е.О., Иванушкина Н.Г., Матвеева Н.А., Споревой С.И.// Электроника и связь: тематический выпуск "Электроника и нанотехнологии". – 2011.– №2(61).– с.130-134.

3. Іванько К.О. Комплексний метод виявлення пізніх потенціалів передсердь на основі аналізу власних підпросторів вейвлет-образів електрокардіосигналів/ Іванько К.О., Іванушкіна Н.Г.// Наукові вісті. – 2010.– №6.– с.11-18.
4. Фесечко В.А. Мониторинг биомедицинских сигналов в автоматизированных комплексах ранней диагностики/ Фесечко В.А., Ткаченко В.Л., Синекон Ю.С., Иванушкина Н.Г., Попов А.А., Карплюк Е.С., Іванько Е.О., Бодиловский О.К., Луай Х.А.// Электроника и связь: тематический выпуск “Электроника и нанотехнологии”. – 2010.– №2(55).– с.154-160.
5. Anton Popov, Yevgeniy Karplyuk, Volodymyr Fesechko, "Estimation of heart rate variability fluctuations by wavelet transform", International Journal of Electronics and Telecommunications, Vol. 57, # 3, 2011. P. 395-400; doi: 10.2478/v10177-011-0054-3
6. Oleg Panichev, Anton Popov, Oleg Bodilovskyi and Valerii Tkachenko, "Simulation of electroencephalographic signals for depth of anesthesia assessment", Proc. SPIE 8008, 80081G (2011); doi:10.1117/12.905097.
7. Канайкин, А.М. Обнаружение артефактов в сигнале электроэнцефалограммы с помощью вейвлет-преобразования / А.М. Канайкин, А.А. Попов, К.А. Рощина, О.Р. Чертов, В.А. Шашков // Электроника и связь. - 2011. - № 4. - С. 126 - 130.
8. Коротенко, Я.С. Електроокулографічна система інтерфейсу мозок-комп'ютер /Я.С. Коротенко, Ю.І. Якименко, А.О. Попов, Є.С. Карплюк, М.А. Ципарський // Электроника и связь. - 2011. - № 3. - С. 162 - 166.
9. Popov, A. Adapeted Mother Wavelets for Identification of Epileptiform Complexes in Electroencephalogram / A. Popov, A. Kanaykin, M. Zhukov, O. Panichev, O. Bodilovsky // Electronics and Electrical Engineering. - 2010. - № 8(104). - P. 89 - 92.
10. Попов, А.О. Вейвлет-аналіз дискретних сигналів для довільних масштабів / А.О. Попов // Наукові Вісті НТУУ "КПІ". - 2010. - № 2. - С. 16 - 23.
11. Фесечко, В.А. Мониторинг биомедицинских сигналов в автоматизированных комплексах ранней диагностики / В.А. Фесечко, В.Л. Ткаченко, Ю.С. Синекон, Н.Г. Иванушкина, А.А. Попов, Е.С. Карплюк, Е. О. Іванько, О.К. Бодиловский, Луай Х.А. Афана // Электроника и связь. - 2010. - № 2. - С. 154 - 160.
12. Кіркач, О.Є. Застосування вейвлет-аналізу при детектуванні R-зубців електрокардіограми для оцінки варіабельності серцевого ритму / О.Є. Кіркач, А.О. Попов, Т.Р. Монтрін. // Электроника и связью - 2010. - № 5. - С. 132 - 136.
13. Popov, A. Selection of scales for continuous wavelet transform for improving patterns detectability /A. Popov // Электроника и связь. - 2010. - № 4. - P. 68 - 73.
14. Борисов, О.В. Модифікований метод анізотропної фільтрації ультразвукових зображень зі спеклом // О.В.В. Борисов, В.О. Фесечко, П.Г. Малоков, Э.В. Хитрик // Электроника и связь. - 2010. - № 5. - P. 79 - 83.
15. Синекон, Ю.С. Анализ и построение алгоритма интерпретации результатов спирометрического тестирования / Ю.С. Синекон, В.А. Лопата, М.Г. Гаганидзе, М.А. Эль-Шабах // Электроника и связь. - 2010. - № 5. - P. 189 - 192.
16. Синекон, Ю.С. Підбір оптимального режиму інсулінотерапії з використанням спектрального налізу / Ю.С. Синекон, І.І. Карпов // Электроника и связь. - 2010. - № 5. - P. 137 - 142.
17. Синекон, Ю.С. Экспериментальное определение основных характеристик ультразвуковых диагностических приборов Д-типа / Ю.С. Синекон, А.И. Мухомор, Р.В. Бубнов, А.А. Горбач, Д.А. Пуляткин, Л.С. Гнатюк. // Электроника и связь. - 2010. - № 5. - P. 154 - 159.
18. Жарков, Я.В. Експериментальні дослідження параметрів аплікатора кріохірургічної установки з метою оптимізації теплових потоків /Я.В. Жарков, А.Я. Жарков, М.М. Баран. // Электроника и связь. - 2010. - № 3. - P. 119 - 122.
19. Молюков, В.А. Автоматическое построение и коррекция многорастрового рентгеновского изображения / В.А. Молюков, А.В. Борисов, В.В. Романов, Е.В. Хитрик // Электроника и связь. - 2010. - № 4. - P. 65 - 68.