

Анотація

Берестовський Володимир Олександрович. Комп'ютерна імітаційна модель електрокардіосигналу при фізичному навантаженні для тестування алгоритмів його опрацювання. - Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 8.09100204 - біотехнічні та медичні апарати та системи, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2011.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню комп'ютерної імітаційної моделі електрокардіосигналу при фізичному навантаженні. У магістерській роботі вперше розроблено імітаційну модель електрокардіосигналу у вигляді імпульсного періодично корельованого випадкового процесу, а саме в межах періоду у вигляді суми продовжених по часовій осі хвиль електрокардіосигналу, а із врахуванням зміни періоду - у вигляді суми продовжених по всій часовій осі k -их періодів електрокардіосигналів.

Розроблена модель дає змогу по відомих медичних параметрах моделювати сигнали патологій і норм із високою вірогідністю відтворення і врахуванням у собі поєднання властивостей повторності із випадковості.

Ключові слова: Електрокардіосигнал, фізичне навантаження, математична модель, комп'ютерна імітаційна модель, моделювання, верифікація.

ЗМІСТ	
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1 ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ СТАНУ СЕРЦЯ ЛЮДИНИ ПРИ ФІЗИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ	10
1.1. Вплив фізичних навантажень на серцево-судинну систему людини	10
1.2. Відомі методи дослідження функціонального стану серцево-судинної системи організму людини при фізичних навантаженнях	11
1.3. Електрокардіографія як метод дослідження серцево-судинної системи людини при фізичних навантаженнях	12
1.4. Математичні моделі електрокардіосигналів	15
1.4.1. Детерміновані математичні моделі електрокардіосигналів	15
1.4.2. Стохастичні математичні моделі електрокардіосигналів	16
1.5. Висновки до розділу 1	19
2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ	20
2.1. Основні вимоги щодо побудови математичної моделі	20
2.2. Механізм породження електрокардіосигналу	24
2.3. Клас n'	27
2.4. Математична модель ЕКС у вигляді імпульсного періодично корельованого випадкового процесу	28
2.5. Висновки до розділу 2	30
3 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ ПРИ ФІЗИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ	31
3.1. Принцип реєстрації електрокардіосигналу	31
3.2. Інформативні ознаки електрокардіосигналу	32
3.3. Алгоритм імітаційного моделювання електрокардіосигналу	35
3.4. Імітаційна модель електрокардіосигналу	39
3.5. Імітаційна модель зміни періоду електрокардіосигналу	43
4 Моделювання електрокардіосигналу	45
5 Моделювання коефіцієнта зміни періоду	53
6 Висновки до розділу 3	55
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ ПРИ ФІЗИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB	56
4.1. Блок-схема програми імітаційного моделювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні	56
4.2. Розроблення програмного забезпечення	58
4.2.1. Розроблення програми функції генератора зміни періоду електрокардіосигналу	59
4.2.2. Розроблення програми функції генератора електрокардіосигналу	60
4.2.3. Розроблення програми інтерфейсу імітаційного моделювання електрокардіосигналу	64
4.3. Результати імітаційного моделювання електрокардіосигналу	74
4.4. Висновки до розділу 4	78
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	81

ДОДАТКИ	85
ДОДАТОК А Програма для імітування зміни періоду ЕКС	86
ДОДАТОК В Програма для імітування ЕКС	87
ДОДАТОК С Програма інтерфейсу користувача	89
ДОДАТОК D Теза на тему „Імітаційна модель електрокардіосигналу при Фізичному навантаженні”	108

ВСТУП

Актуальність теми. Зміна електрокардіосигналу (ЕКС) під впливом дозованих фізичних навантажень є універсальним методом контролю і регулювання інтенсивності фізичних навантажень та слугує для виявлення патології серцево-судинної системи (ССС) [2,21,22].

На сьогодні у медичній практиці для діагностики змін стану ССС під впливом дозованих фізичних навантажень використовують комп'ютерні автоматизовані ергонометричні кардіосистеми (КАЕК) ("Кардіолаб" ХАІ Медика, Україна; "Полі-спектр-тм" Нейро-софт, Росія; "Easy ECG Stress" Ates medica deice S.R.L., Італія; "Cortex MetaLyzer" Cortex, Німеччина; "EN-Stair" Enraf-nonius, Голландія; "Schiller" Schiller AG, Швейцарія; "E-Bike" General electric, США, та інші), які повинні автоматично видавати лікареві достовірні дані про момент появи таких змін, що полегшить лікареві діагностику, а це можливо лише за наявності адекватної до такої задачі математичної моделі і розробленої на її основі комп'ютерної імітаційної моделі.

На сьогодні можна виділити низку відомих комп'ютерних імітаційних моделей ЕКС, у яких локалізація ділянок змін міокарда задається апріорно, проте у цих моделей є ряд недоліків, зокрема:

- Модель у вигляді вектора дискретних стаціонарних лінійних випадкових процесів (Лупенко С.А., Литвиненко Я.В., Щербак А.М.) [1] не враховує фактору випадковості цієї локалізації.
- Модель у вигляді адитивної суміші стаціонарних і нестаціонарних процесів, які відповідають зонам електричного спокою та активності, відповідно, (Литвиненко Я.В.) [25] модифікує попередню, зберігаючи її недоліки і, крім того, не враховує у своїй структурі випадковості часових інтервалів, що є природнім для реальних електрокардіосигналів.
- Модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу (Хвостівський М.О., Дедів Л.С., Дунець В.Л., Шадріна Г.М.) [17] не враховує зміну періоду.
- Неформалізована абстрактна модель у вигляді кусково-лінійної апроксимації (Losada R.) [38] відтворює вигляд ЕКС, не враховуючи плавність переходів між зубцями P, Q, R, S, T, U та циклами електрокардіосигналу.

Аналіз комп'ютерних імітаційних моделей ЕКС показав, що відомі комп'ютерні імітаційні моделі не враховують у своїй структурі зміну періоду при фізичному навантаженні, що є характерною особливістю для даного типу сигналу.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є удосконалення комп'ютерної імітаційної моделі електрокардіосигналу при фізичному навантаженні для потреб тестування алгоритмів роботи автоматизованих кардіодіагностичних систем. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

- Провести огляд відомих комп'ютерних імітаційних моделей електрокардіосигналів з метою вибору напрямку наукового дослідження.

- Удосконалити комп'ютерну імітаційну модель електрокардіосигналу при фізичному навантаженні, яка уможлиблює врахування зміни періоду за наперед заданою формою.
- Провести процес комп'ютерного імітаційного моделювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні.
- Оцінити точність комп'ютерного імітаційного моделювання.
- Розробити програмне забезпечення для проведення процесу комп'ютерного імітаційного моделювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні.

Об'єкт дослідження: процес комп'ютерного імітаційного моделювання електрокардіосигналу при фізичному навантаженні.

Предмет дослідження: імітаційна модель електрокардіосигналу при фізичному навантаженні.

Методи дослідження побудовано на базі енергетичної теорії стохастичних сигналів (ЕТСС), зокрема подання імпульсного періодично корельованого випадкової послідовності для удосконалення структури комп'ютерної імітаційної моделі математичної електрокардіосигналу. Для програмної реалізації імітації електрокардіосигналу використано пакет прикладних програм MATLAB 7.0.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблено комп'ютерну імітаційну модель електрокардіосигналу при фізичному навантаженні у вигляді синусоїд з експонентційним згасанням на характерних часових рівнях із випадковими значеннями амплітуд та їх тривалостей, яка дає змогу по відомих медичних параметрах моделювати сигнали патологій і норм із високою вірогідністю відтворення і врахуванням у собі поєднання властивостей повторності із випадковістю.

Апробація результатів магістерської роботи. Викладені в магістерській роботі результати доповідалися і обговорювалися на IV Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 19-20 квітня 2011 р.