

7. Рибін О.І, Ніжебецька Ю.Х. Алгоритм формування матричного оператора дискретного ортогонального нормального перетворення // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008-№37-с.19-27.
8. Ніжебецька Ю.Х., Рибін О.І, Ткачук А.П., Шарпан О.Б. Нормальне дискретне перетворення сигналу довільної форми // Наукові вісті НТУУ «КПІ». 2008. №4. с.34-40.
9. Рыбин А.И., Шарпан О.Б., Григоренко Е.Г., Сакалош Т.В. Коэффициенты трансформант нормализованных ортогональных преобразований и диагностика пульсограмм // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Приладобудування – 2005-№30-с.148 – 156.
10. Ніжебецька Ю.Х., Рибіна І.О., Якубенко О.А. Комплексне дискретне ортогональне нормальне перетворення // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2009 - №38 - с.5-11.
11. Кузьменко О.М., Ніжебецька Ю.Х., Рибіна І.О. Застосування кореляційної матриці до розв'язання задачі ідентифікації особи за динамічно введеним підписом // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2009 - №39 - с.5-8.
12. Рибін О.І., Мельник А.Д. Алгоритм класифікації звукових сигналів // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008 - №36 - с.5-9.
13. Рибін О.І, Нежібецька Ю.Х., Шарпан О.Б. Класифікація сигналів в базисі ортогональних перетворень кореляційної матриці // Вісник ЖДТУ. 2008 - №2. с.85 – 89.
14. Рибін О.І, Мельник А.Д. Розпізнавання голосних звуків “а”, “о”, “у”, “е” української мови // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2009.- №1 – с.20-25.

Кузьменко О.М., Рибін О.І. Погоджена фільтрація шуканого сигналу з пачки детермінованих сигналів різної форми. Виконано дослідження ефективності методу фільтрації сигналів, побудованого на модифікованому алгоритмі Карунена – Лоева. Показана його висока селективність.

Ключові слова: фільтрація сигналу, шуканий сигнал, перетворення Карунена-Лоева.

Кузьменко О.Н., Рыбин А.И. Согласованная фильтрация искомого сигнала из пакета детерминированных сигналов разной формы. Выполнено исследование эффективности метода фильтрации сигналов, построенного на модифицированном алгоритме Карунена – Лоева. Показана его высокая избирательность.

Ключевые слова: фильтрация сигналов, искомый сигнал, модифицированное преобразование Карунена – Лоева.

Kuzmenko O.M., Ribin O.I. Matched filtering of required signal from package deterministic signals with different forms. A research of efficiency of signal filtering method, built on modify algorithm of Karunen-Loev was carried out. High selectivity of this method is illustrated.

Key words: filtering signal, deterministic signal, modify algorithm of Karunen-Loev

УДК 621.372.061

КЛАСИФІКАТОР ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ КАРУНЕНА-ЛОЕВА ДЛЯ Р ІНТЕРВАЛУ

Литвиненко О.О., Якубенко О.А.¹

Основою будь-якого методу класифікації є оцінка ступеня подібності та розбіжності між досліджуваними сигналами. Одним з перспективних методів класифікації є визначення умовної Байєсівської імовірності з використанням перетворення Карунена–Лоева. В роботі розглянуто ефективний

¹ Робота виконана під науковим керівництвом д.т.н., проф. Рибіна О.І.

пошук необхідного інтервалу протягом досліджуваної вибірки, побудову та навчання модифікованого класифікатора Карунена–Лоева для P – зубця електрокардіограм відомих класів (клас без патології та клас хвороб серцево-судинної системи).

Теоретичні положення

Згідно з [1] велике практичне значення має визначення форми зубця P , оскільки саме за нею можливо класифікувати такі патології, як мітральний порок серця та гіпертрофія лівого передсердя на I, VL, V5, V6 відведеннях, а на відведеннях II, III, VF – гіпертрофію правого передсердя у хворих з легеневим серцем. Для розв’язання задачі класифікації застосовано модифікований метод Карунена – Лоева, який полягає в оцінці умовної імовірності приналежності досліджуваного сигналу \tilde{S}_t до певного класу ω_i , вважаючи, що N – вимірна щільність імовірностей для N відліків цього сигналу розподілена за нормальним законом [6-9]

$$P\left(\frac{\tilde{S}_t}{\omega_i}\right) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{N}{2}} \sqrt{\det(\overline{\overline{Cor}}(\overline{S}_t))}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\tilde{S}_t - \overline{M}_i)^T \overline{\overline{Cor}}^{-1}(\overline{S}_t)(\tilde{S}_t - \overline{M}_i)\right\}, \quad (1)$$

де $\overline{\overline{Cor}}(\overline{S}_t)$ – кореляційна матриця сигналів класу ω_i , отримана на навчальній множині сигналів цього класу; \overline{M}_i – математичне очікування дискретних відліків сигналів \overline{S}_t класу ω_i ; \tilde{S}_t – досліджуваний сигнал; $\det(\)$ – визначник матриці $\overline{\overline{Cor}}(\overline{S}_t)$; T – знак транспонування.

З (1) видно, що найбільша імовірність $P\left(\frac{\tilde{S}_t}{\omega_i}\right)$ приналежності сигналу \tilde{S}_t до класу ω_i буде у випадку, коли показник експоненти наближається до нуля, тому дискримінантне число

$$D = (\tilde{S}_t - \overline{M}_i)^T \overline{\overline{Cor}}^{-1}(\overline{S}_t)(\tilde{S}_t - \overline{M}_i). \quad (2)$$

Якщо $D < D_1$, то сигнал належить до класу ω_i , якщо $D > D_2$, то ні. Причому $D_2 > D_1$, а чисельні оцінки значення порогів, визначаються в процесі навчання класифікатора. Дискримінантні числа (2) є мірою відповідності до класу ω_i досліджуваного сигналу, але математичну реалізацію обернення матриці $\overline{\overline{Cor}}(\overline{S}_t)$ слід здійснювати за рахунок ортогонального розкладу матриць за допомогою перетворення Карунена-Лоева [2-5]

$$\overline{\overline{Cor}} = \overline{\overline{P}} \overline{\overline{\lambda}} \overline{\overline{P}}^T, \quad (3)$$

де $\overline{\overline{\lambda}}$ – діагональна матриця власних значень λ_i , T – знак транспонування; $*$ – знак комплексного спряження.

Внаслідок ортонормованості матриць $\overline{\overline{P}}$ та $\overline{\overline{P}}^T$, з (3) отримуємо

$$\overline{\overline{P}}^T \overline{\overline{Cor}} \overline{\overline{P}} = \overline{\overline{\lambda}}.$$

При умові приналежності сигналу \tilde{S}_t в (1) до навчальної множини, можна отримати матрицю \tilde{C}_{or} «миттєвої» кореляції $\tilde{C}_{or} = [\tilde{S}_t - \overline{M}_i][\tilde{S}_t - \overline{M}_i]^T$
 Добуток

$$\overline{\Pi}^T \tilde{C}_{or} \overline{\Pi}^* = \tilde{\lambda} \quad (4)$$

дає матрицю $\tilde{\lambda}$, яка близька до $\overline{\lambda}$, але вже не є діагональною. Норма

$$\delta = \|\overline{\lambda} - \tilde{\lambda}\| \quad (5)$$

є теж дискримінантним числом, яке буде «малим», якщо сигнал \tilde{S}_t належить до класу ω_i і «великим» в протилежному випадку. Порогові значення δ_1, δ_2 слід обчислювати в процесі навчання класифікатора.

Експериментальна частина

Нами проаналізовано ряд електрокардіограм здорових пацієнтів та з хворобами, основною ознакою яких є двугорбкість P зубця, з метою перевірити чутливість та адекватність комбінованої оцінки модифікованого перетворення Карунена–Лоева. Відомо, що при дослідженні гіпертрофії лівого передсердя спостерігається подвоєння зубця P за рахунок неправильного збудження передсердь. На рис.1 зображено P зубці для здорового та хворого на гіпертрофію лівого передсердя пацієнтів.

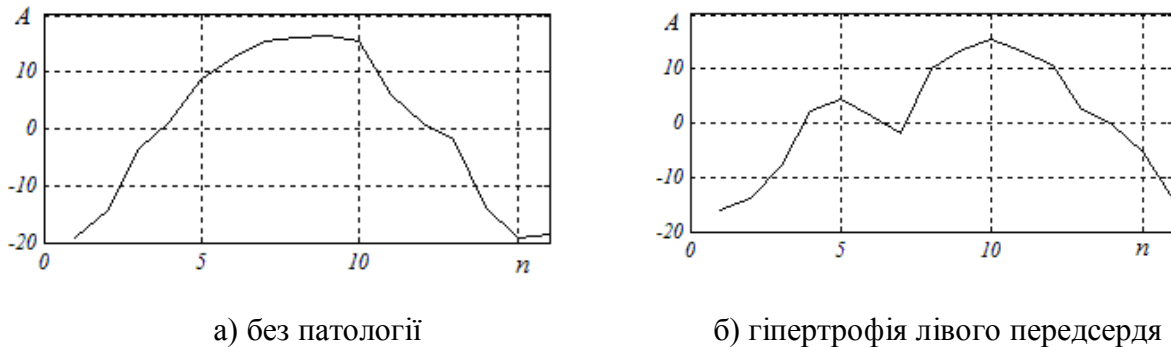


Рис.1. P зубці (A – максимальне амплітудне значення, n – кількість відліків)

Навчимо наш класифікатор розпізнавати серед вибірки досліджуваних сигналів P інтервали та класифікувати на наявність патології в залежності від відведення. Досліджуємо І стандартне відведення за Ейтховеном. Вибірку пацієнта, на якій необхідно знайти P зубці, та проаналізувати їх приналежність до класу патології чи класу без патології зображено на рис. 2.

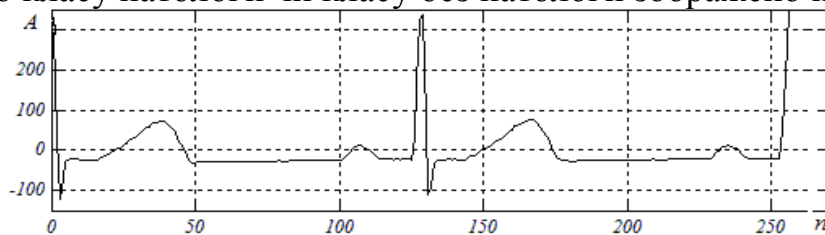


Рис.2. Досліджувана вибірка ЕКГ І стандартного відведення за Ейтховеном

Основною проблемою є правильність автоматичного визначення необхідного зубця, оскільки зубці P та T схожі за своєю формою. З метою підвищення ефективності пропонуємо спочатку знаходити на ЕКГ комплекси невід'ємною складовою яких є зубець P , наприклад PQR , а вже в знайденому – необхідний зубець P . Оцінку проводимо за допомогою коефіцієнта гостроти, що допомагає чисельно оцінити правильність розташування. Графічно коефіцієнти гостроти для другої ітерації такого пошуку проілюстровано на рис. 3.

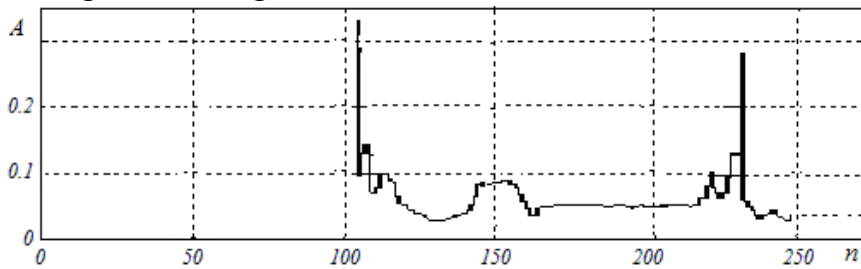


Рис.3. Значення коефіцієнта гостроти при пошуку P інтервалу на I стандартному відведенні за Ейтховеном

Максимальні значення коефіцієнта гостроти свідчать про знаходження на досліджуваній вибірці саме шуканого зубця, що свідчить про ефективність запропонованого підходу до знаходження місця розташування необхідного зубця на ЕКГ. На досліджуваній вибірці ЕКГ I стандартного відведення за Ейтховеном два P зубці, що розташовані на 108 та 236 відліку. Досліджуємо II стандартне відведення за Ейтховеном (рис. 4).

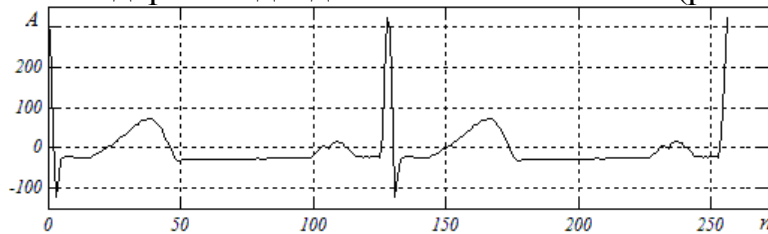


Рис.4. Досліджувана вибірка ЕКГ II стандартного відведення за Ейтховеном

Так само, як і для першої досліджуваної вибірки, виділяємо місце розташування P зубців застосувавши той самий алгоритм. Про ефективність пошуку свідчать коефіцієнт гостроти, що зображено на рис. 5.

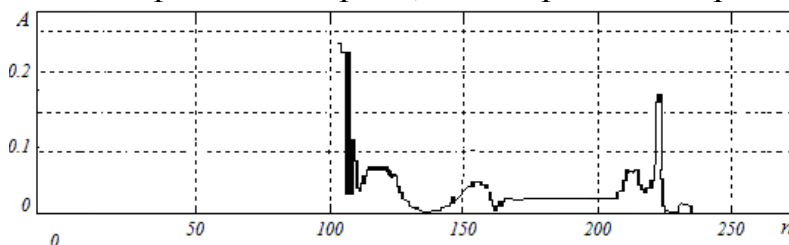


Рис.5. Значення коефіцієнта гостроти при пошуку P інтервалу на II стандартному відведенні за Ейтховеном

Таким чином максимальне значення коефіцієнта гостроти співпадає з початком P зубця на досліджуваній вибірці, що свідчить про ефективність запропонованого підходу до знаходження місця розташування необхідного зубця на ЕКГ. Оскільки відомо розташування P інтервалу на досліджуваній вибірці, то за допомогою класифікації на основі модифікованого методу Карунена-Лоева можна отримати висновки про приналежність досліджуваних інтервалів до діагностичного класу. Діагностичні класи відрізняються між собою набором критеріїв (векторних ознак), за якими відбувається оцінка між еталонним інтервалом та інтервалом, що досліджується. Критерієм приналежності є значення дискримінантних чисел. Якщо інтервал належить до певного класу, то значення дискримінантного числа буде менше одиниці, якщо навпаки то більше. На кожній з досліджуваних вибірок маємо по два P інтервали, нехай перший інтервал P_1 та другий інтервал P_2 . Класифікуємо знайденні інтервали на приналежність до класу (класу з патологією або без неї) за допомогою дискримінантних чисел.

Результати дослідження зведено до табл. 1.

Таблиця 1

P зубці	Досліджувана вибірка I стандартного відведення за Ейтховеном	
	Значення дискримінантних чисел	
	Без патології інтервал	З патологією інтервал
P_1	0.001	3.25
P_2	0.003	2.75
	Досліджувана вибірка II стандартного відведення за Ейтховеном	
P_1	3.25	0.60
P_2	2.75	0.59

За допомогою ефективного пошуку P інтервалу на досліджуваних вибірках виявлено по два інтервали. Завдяки модифікованому класифікатору Карунена-Лоева для P – інтервалу для ЕКГ за допомогою дискримінантних чисел на досліджуваній вибірці I стандартного відведення за Ейтховеном знайденні P_1 та P_2 належать – до «класу без патології»; на досліджуваній вибірці II стандартного відведення за Ейтховеном P_1 та P_2 – до «класу патології», патологічний прояв свідчить про спотворення, що спостерігаються при гіпертрофії правого передсердя у хворих з легенеvim серцем.

Модифікований класифікатор Карунена-Лоева є достатньо чутливим для знаходження патологічних змін при дослідженні конкретних інтервалів на відведеннях ЕКГ. З метою підвищення надійності класифікації доцільно спочатку знайти на досліджуваній вибірці необхідний комплекс, а вже за його наявності застосувати модифікований класифікатор Карунена-Лоева.

Приналежність до певного класу визначаємо за допомогою чисельної оцінки еталонного інтервалу та інтервалу, що досліджується у вигляді зна-

чень дискримінантних чисел. За якими можна на певному відведенні ЕКГ робити оцінку про прояв патології.

Література

1. Электрокардиография: Учебн. пособие / Мурашко В. В., Струтынский А. В. – 8-е изд. – М.: МЕДпресс –информ, 2007. – 320с.
2. Рибін О. І., Шарпан О. Б., Данилевська В. Г. Діагностичні можливості ортогональних перетворень кореляційних матриць пульсових хвиль // Наукові вісті НТУУ «КПІ» – 2006. – №2. – С. 12 – 17.
3. Рибін О. І., Мельник А. Д. Алгоритм класифікації звукових сигналів // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратуробудування. – 2008. – №37. – С. 8 – 15.
4. Ніжебецька Ю.Х., Рибін О.І., Шарпан О.Б. Класифікація сигналів в базисі ортогональних перетворень кореляційної матриці//Вісник ЖДТУ. - 2008. – №2. С. 85 – 89.
5. Рибін О. І., Мельник А. Д. Розпізнавання голосних звуків «а», «о», «е», «у» української мови // Наукові вісті НТУУ «КПІ» – 2009. – №1. – С. 20 – 25.
6. Абакумов В. Г., Рибін О. І., Сватош Й. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг. – К.: Нора – принт, 2001. – 516с.
7. Экспертные системы. Принципы работы и примеры. Под ред. Р. Форсайта. – М.: Радио и связь, 1987. – 224с.
8. Ахмед Н., Рао К. Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов: Пер. с англ./ Под ред. И. Б.Фоменко. – М.:Связь, 1980. – 248с.
9. Продеус А.Н., Захрабова Е.Н. Экспертные системы в медицине. К.: ВЕК+,1998. 320с.

Литвиненко О.А., Якубенко А.А. Класифікатор електрокардіограм на основі модифіцированого методу Карунена-Лоева для Р інтервала. В роботі розглянуто рішення задачі ефективного пошуку Р – інтервала електрокардіограм та класифікація цього інтервала при допомозі модифіцированого класифікатора Карунена-Лоева. На прикладі ЕКГ побудовано та навчено класифікатор пошуку Р інтервала.

Ключевые слова: електрокардіограма, перетворення Карунена-Лоева, діагностика

Литвиненко О.О., Якубенко О.А. Класифікатор електрокардіограм на основі модифікованого методу Карунена-Лоева для Р інтервалу. Розглянуто розв'язання задачі ефективного пошуку зубця Р електрокардіограм та діагностики цього інтервалу за допомогою створення та навчання модифікованого класифікатора Карунена-Лоева.

Ключові слова: електрокардіограма, перетворення Карунена-Лоева, діагностика

Litvinenko O.A., Yakubenko A.A. Breakdown of electrocardiogram based on modified method of Computational Methods for P-interval. ECG prong effective search problem solution and classification of this interval by means of modified Karunena-Loev's qualifier are considered.

Key words: Electrocardiogram, Karunen-Loev's transformation, ECG analysis, diagnostic