

– Випуск 37. – с.19-27.

4. 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.

6. Рыбин А.И., Шарпан О.Б., Григоренко Е.Г., Сакалош Т.В. Коэффициенты трансформант нормализованных ортогональных преобразований и диагностика пульсограмм// Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування. 2005. Вип..30. с.148-156.

7. Рыбин А.И., Ткачук А.П. Анализ линейных систем в области трансформант собственных частот преобразования RTF// Радиоэлектроника. – 2006. - №11. – с.56-63.

Рибіна І.О., Кузьменко О.М., Ніжебецька Ю.Х, Вівчарик О.Я. Аналіз подібності та розбіжності реакції лінійної системи до еталонного сигналу за допомогою нормального перетворення. Продемонстровано методику оцінки спотворення вхідного сигналу при наявності розкиду параметрів компонентів кола за допомогою двократного нормального перетворення.

Ключові слова: нормальне перетворення, трансформанти перетворення

Рыбина И.А., Кузьменко О.Н., Нижебецкая Ю.Х., Вивчарык О.Я. Анализ подобия и расхождения реакции линейной системы к эталонному сигналу с помощью нормального преобразования. Продемонстрировано методику оценки искажения входного сигнала при наличии разброса параметров компонентов цепи с помощью двукратного нормального преобразования.

Ключевые слова: нормальное преобразование, трансформанты преобразования, искажение входного сигнала.

Ribina I.O, Kuzmenko O., Nizhebetska Y., Vivcharik O.Ya. Analysis of similarity and discrepancy of response of linear system to etalon signal by the instrumentality of double normal transformation. Methodology of distortion estimation of input signal with dispersion of component values by the instrumentality of double normal transformation was demonstrated.

Key words: normal transformation, transforms of transformation, linear system

УДК 621.372.061

ПОГОДЖЕНА ФІЛЬТРАЦІЯ ШУКАНОГО СИГНАЛУ З ПАЧКИ ДЕТЕРМІНОВАНИХ СИГНАЛІВ РІЗНОЇ ФОРМИ

Кузьменко О.М., Рибін О.І.

Класифікація (розпізнавання) сигналів (одно і багатовимірних) є однією з найважливіших задач сучасної технічної та медичної діагностики [1]. Таку задачу розв'язують за допомогою різноманітних методів, до яких належить класична лінійна (погоджена) фільтрація, нелінійні косинусна та нормальна фільтрація, а також погоджена фільтрація на базі перетворення Карунена – Лоева. Класична лінійна погоджена фільтрація знайшла широке розповсюдження для реєстрації наявності сигналів наперед заданої форми, наприклад, при реєстрації на фоні шумів високої інтенсивності, які маскують детермінований сигнал, в системах визначення "свій" – "чужий"[2]. Ідея такої фільтрації полягає в кумуляції (накопиченні, підсумуванні) амплітуд гармонік детермінованого сигналу в певний момент часу t_0 (момент спостереження).

Погоджені лінійні фільтри мають частотну характеристику

$$K_{\Phi}(j\omega) = k \cdot S(j\omega) \cdot e^{-j\omega t_0}$$

де t_0 - час спостереження (піку вихідного сигналу); $t_0 > \tau$ (τ - довжина сигналу); $S(j\omega)$ - спектр погодженого з фільтром сигналу; * - знак спряження.

Класичні лінійні погоджені фільтри при розпізнаванні сигналів штучного походження на фоні білого адитивного шуму дозволяють за рахунок подовження такого сигналу і відповідного збільшення його енергії для шуму відомої потужності забезпечити на виході значне підвищення співвідношення сигнал/шум. Це має місце внаслідок того, що квадрат амплітуди вихідного сигналу в момент спостереження зростає пропорційно його енергії, а діюче значення шуму – пропорційно кореню квадратному від енергії шуму на інтервалі існування сигналу. Ясно, що для сигналів природного походження лінійний погоджений фільтр втрачає свої переваги.

Головним недоліком класичного лінійного погодженого фільтру є його мала ефективність при виборі погодженого сигналу з послідовності різних за формою детермінованих сигналів [3]. В цьому випадку в разі малої енергії шуканого сигналу і великої енергії інших детермінованих сигналів, погоджений фільтр може давати вузький пік з амплітудою, що значно менша ніж миттєва реакція фільтру на непогоджений детермінований сигнал. Тоді не спрацьовує пороговий пристрій, що реєструє наявність шуканого сигналу. Одним з засобів подолання цього недоліку лінійного погодження фільтру є фільтр косинусний [3], який оцінює косинус кута між вектором відліків тестового сигналу в N – вимірному просторі і вектором відліків сигналу досліджуваного, який в даний момент часу знаходиться у часовому вікні, що дорівнює довжині тестового сигналу. Такий погоджений фільтр є нелінійним. Косинусні фільтри, порівняно з погодженими лінійними мають переваги при фільтрації шуканого сигналу з пачки детермінованих, але ці переваги втрачаються зі зменшенням відношення сигнал / шум на вході фільтра. Це зумовлено тим, що косинусний фільтр розраховує косинус кута між просторовим, що зображає шуканий сигнал, вектором та аналогічним просторовим вектором еталона. Миттєві викиди шуму на відліках сигналу можуть значною мірою вплинути на походження векторів – складових.

Існують інші можливості фільтрації для виявлення сигналів наданої форми з пачки детермінованих сигналів, які дозволяють чисельно оцінювати ступінь подібності та відмін двох сигналів $\overline{X_i}$, $\overline{X_j}$, тобто розв'язувати задачу класифікації. До таких методів фільтрації відносять, насамперед, застосування методів нормалізації сигналів[4,5] та методу ортогонального розкладу кореляційних матриць.

Нормальна фільтрація [6-8] з розрахунком гостроти [8] для детермінованих сигналів з високим відношенням сигнал/шум дозволяє реєструвати шукані сигнали з великою надійністю. Коефіцієнт трансформант [9,10] надає можливість чисельно оцінювати ступінь збіжності та відмінності до-

сліджуваного та еталонного сигналів. Нормалізовані фільтри погано розрізняють сигнали, форма яких відрізняється незначно. Тому для таких сигналів слід проводити фільтрацію на базі різниць між математичним очікуванням сигналу даного класу та реалізацією фільтрованого сигналу. Такими класифікаторами є класифікатори Карунена – Лоева [1,11-14].

Теоретичні положення

Для досліджуваного класу сигналів формується кореляційна матриця $\overline{\overline{Cor}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \overline{\Delta x} \cdot \overline{\Delta x}^T$, де $\overline{\Delta x} = \overline{x} - \overline{m}$ – стовпець відхилень значення кожного відліку дискретизованого сигналу з певного класу від математичного очікування цього ж класу сигналів. Матриця усереднена по кількості M сигналів в класі. Далі одержану кореляційну матрицю слід розкласти за власними значеннями та власними векторами: $\overline{\overline{Cor}} = \overline{\overline{P}} \cdot \overline{\overline{\lambda}} \cdot \overline{\overline{P}}^T$, де $\overline{\overline{\lambda}}$ – діагональна матриця власних значень, а кожне з N власних значень λ_i є коренями визначника матриці, утвореної з $\overline{\overline{Cor}}$ відніманням від неї діагоналі $\lambda \cdot \overline{\overline{E}}$, тобто $\left| \overline{\overline{Cor}} - \lambda \cdot \overline{\overline{E}} \right|_{\lambda=\lambda_i} \equiv 0$, де $\overline{\overline{E}}$ – одинична матриця; $|\dots|$ – визначник.

За визначеними власними значеннями обчислюють власні вектори, тобто розв’язки рівняння $\left[\overline{\overline{Cor}} - \lambda_i \cdot \overline{\overline{E}} \right] \cdot \overline{\overline{\pi}}_i = \overline{0}$. Усі власні вектори об’єднують в матрицю власних векторів $\overline{\overline{P}}$.

Для досліджуваного сигналу слід утворити миттєві (не усереднені) кореляційні матриці $Co\tilde{r}_i = \Delta\tilde{x}_i \cdot \Delta\tilde{x}_i^T$, де $\Delta\tilde{x}_i$ - вектор – стовпець відхилення і того відліку досліджуваного дискретизованого сигналу певного класу від математичного очікування того класу, належність до якого досліджується. Для отримання критерію для оцінки “близькості” досліджуваного образу до певного з класів для кожного класу формуємо добутки

$$\overline{\overline{P}}_1^T \cdot Co\tilde{r}_1 \cdot \overline{\overline{P}}_1 = \tilde{\lambda}_1, \quad \overline{\overline{P}}_2^T \cdot Co\tilde{r}_2 \cdot \overline{\overline{P}}_2 = \tilde{\lambda}_2, \quad \dots, \quad \overline{\overline{P}}_\alpha^T \cdot Co\tilde{r}_\alpha \cdot \overline{\overline{P}}_\alpha = \tilde{\lambda}_\alpha.$$

Гострота, значення якої визначатиме міру “близькості” досліджуваного сигналу до шуканого оцінюють за нормою $\Delta_i = \frac{1}{\left\| \tilde{\lambda}_i - \overline{\overline{\lambda}}_i \right\|}$.

Якщо сигнал не належить до класу шуканих сигналів, то гострота буде близькою до нуля. В протилежному випадку – гострота буде суттєво більшою від нуля.

Ілюстрація практичних результатів

Сформовано клас шуканих сигналів, до якого належить $M=10$ сигналів. Досліджувані сигнали дискретизовано на 16 відліків. Вікно, довжина якого дорівнює тривалості сигналу, по мірі свого руху захоплює по-дискретно відліки досліджуваних сигналів.

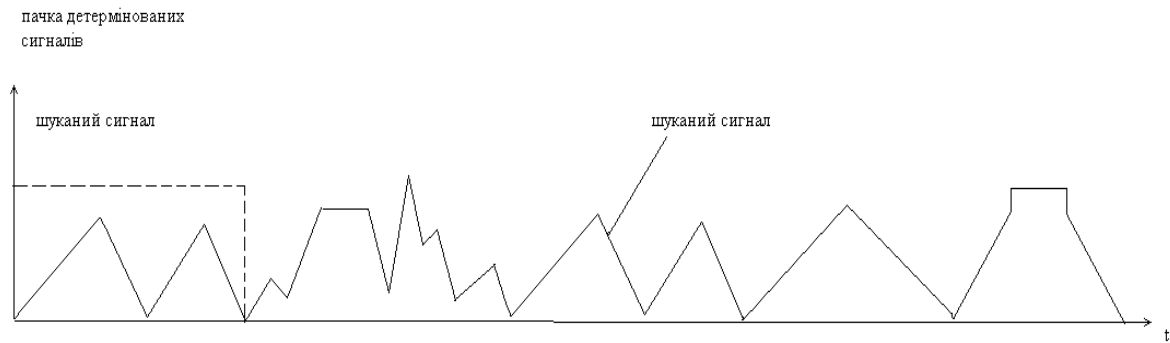


Рис. 1

Так, на рис. 1 (пунктирна лінія) зображено фільтруюче вікно, яке посувається вздовж. На рис.1 наведено досліджувану послідовність сигналів. Вікно в початковий момент знаходиться на шуканому сигналі, гострота при цьому дорівнює 171,5. Використовуючи описаний вище спосіб розпізнавання сигналів, отримуємо результати в табл. 1, в якій наведено значення гостроти при зміні положення фільтруючого вікна.

Таблиця 1

Зміщення	0	2	5	10	18	20	22	24	26	28	30	32
Гострота Δ_i	171,5	0.7	0.4	0.045	0.05	0.049	0.039	0.07	0.059	0.089	0.12	171.5
Зміщення	34	36	40	42	45	48	50	55	58	60	62	64
Гострота Δ_i	5.4	0.7	0.27	0.1	0.09	0.05	0.003	0.02	0.03	0.01	0.12	0.02

Висновки

Гострота при розміщенні вікна на шуканому сигналі ($\Delta_i = 171.5$) відрізняється на три і більше порядки від гостроти по мірі зсуву вікна на сигнали, котрі не належать до класу шуканого сигналу. Це свідчить про високу селективність фільтрації на базі модифікованого перетворення Карунена – Лоєва.

Література

1. Абакумов В.Г., Рибін О.І., Сватош Й. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг – К.: Нора-прінт, 2001. – 516 с.
2. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов.радио, 1970. 728 с.
3. Ян И. Нелинейная согласованная фильтрация для анализа различий// Радиотехника – 1999. - №6 - с.51-58.
4. Рыбин А.И. Нормализация дискретных ортогональных преобразований тестовым сигналом // Радиоэлектроника.– 2004.– №7.– с.39-46 (Изв. вузов).
5. Мельник А.Д., Рыбин А.И. Нормализация эталонного сигнала с постоянным шагом дискретизации // Радиоэлектроника.– 2008.– №1. – с.71-75 (Изв. вузов).
6. Рибін О.І, Ніжебецька Ю.Х. Нормальне дискретне ортогональне перетворення// Вісник НТУУ «КПІ». Сер.Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008-№37-с.8-15.

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 Карунэна – Лоева. Показана его высокая избирательность.

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