

КЛАСИФІКАЦІЯ СИГНАЛІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ НОРМАЛЬНОГО ОРТОГОНАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

Ніжебецька Ю.Х., аспірантка

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут", м.Київ, Україна

Вступ

Оцінка подібності та відмінностей між сигналами заданої форми, а також між реакціями досліджуваного і еталонного образу має важливе значення при розв'язанні задачі класифікації (розпізнавання) [1]. Серед відомих методів оцінки подібності найбільш поширеними та простими вважаються методи лінійної погодженої фільтрації. Однак, класичний лінійний погоджений фільтр, дозволяє реєструвати наявність (або відсутність) сигналу, близького до еталонного в адитивній суміші з шумом, але не дозволяє дати чисельну оцінку ступеня подібності чи розбіжності замаскованого шумом сигналу до еталону. До того ж класичний погоджений фільтр не дозволяє розпізнавати близького до еталонного сигналу і оцінювати ступінь його подібності чи розбіжності в послідовності детермінованих сигналів в тих випадках, коли миттєві значення детермінованих сигналів в послідовності значно перевищують значення шуканого сигналу [2].

Вказані недоліки у значній мірі долаються при використанні методів нормалізації дискретних ортогональних перетворень за кроком [3] та формою [4 – 6]. Перевагою методів нормалізації є те, що спектр трансформант тестового сигналу для нормалізованого дискретного ортогонального перетворення містить лише одну ненульову трансформанту. У випадку спотворень тестового сигналу в спектрі трансформант з'являються додаткові ненульові трансформанти, причому ступінь спотворень можна чисельно оцінити за допомогою коефіцієнта трансформант [7].

Проте нормалізація згідно запропонованих методів вносить ряд незручностей в процедуру аналізу. Ці ускладнення можуть бути пов'язані або з не еквідистантним кроком дискретизації, або з непрозорістю чисельної оцінки спотворень. До того ж обидва згаданих вище метода виявляються непридатними для обчислення відгуку лінійної системи при нормалізації вхідного сигналу, як в області натуральних координат, так і в області трансформант відповідного перетворення [8, 9].

Саме тому для вирішення такого роду задач було запропоновано нормальне дискретне перетворення [7], для якого одна із трансформант збігається із заданим дискретним сигналом довільної форми, а, отже, спектр такого перетворення містить лише одну ненульову складову при співпадінні

досліджуваного сигналу з тестовим, тоді як поява інших складових у спектрі свідчить про їх відмінності.

Алгоритм нормального перетворення

Ідею нормального перетворення проілюструємо на матричному операторі четвертого порядку. Порядок матриці вибраний виходячи з міркувань простоти та наочності ілюстрації ідеї.

Нехай еталонний сигнал $x(t)$ представлений на періоді чотирма еквідистантними відліками

$$\bar{X} = [x_1, x_2, x_3, x_4]^T,$$

де T – знак транспонування.

На першому кроці створимо матрицю $\overline{\overline{W}}_1$ дискретного ортогонального перетворення у вигляді

$$\overline{\overline{W}}_1 = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & 0 & 0 \\ -x_2 & x_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x_3 & x_4 \\ 0 & 0 & -x_4 & x_3 \end{bmatrix}.$$

Добуток матриці $\overline{\overline{W}}_1$ на стовпець \bar{X} дасть проріджений спектр першого кроку перетворення

$$\overline{\overline{W}}_1 \cdot \bar{X} = \bar{X}_1 = [(x_1^2 + x_2^2), 0, (x_3^2 + x_4^2), 0]^T.$$

Для забезпечення ортогональності результуючого перетворення прононруємо матрицю $\overline{\overline{W}}_1$, для чого знайдемо добуток

$$\overline{\overline{W}}_1 \cdot \overline{\overline{W}}_1^T = \text{Diag}\{[(x_1^2 + x_2^2), (x_1^2 + x_2^2), (x_3^2 + x_4^2), (x_3^2 + x_4^2)]^T\}.$$

Кожен рядок матриці $\overline{\overline{W}}_1$ поділимо на квадратні корені відповідних значень діагональної матриці $a_1 = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$, $a_2 = \sqrt{x_3^2 + x_4^2}$ та отримаємо

$$\overline{\overline{\overline{W}}}_{1N} = \begin{bmatrix} \frac{x_1}{a_1} & \frac{x_2}{a_1} & 0 & 0 \\ -\frac{x_2}{a_1} & \frac{x_1}{a_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{x_3}{a_2} & \frac{x_4}{a_2} \\ 0 & 0 & -\frac{x_4}{a_2} & \frac{x_3}{a_2} \end{bmatrix}.$$

Тоді

$$\overline{\overline{\overline{W}}}_{1N}^T \cdot \overline{\overline{\overline{W}}}_{1N} = \overline{\overline{E}},$$

де $\overline{\overline{E}}$ – одинична матриця, та $\overline{\overline{W_{1N}^{-1}}} = \overline{\overline{W_{1N}^T}}$.

Знайдемо добуток

$$\overline{\overline{W_{1N}}} \cdot \overline{X} = \overline{X_{1N}} = [a_1, 0, a_2, 0]^T.$$

Матриця $\overline{\overline{W_2}}$ другого кроку перетворення може бути записана двома способами

$$\begin{aligned} \overline{\overline{W_{2a}}} &= \begin{bmatrix} a_1 & 0 & a_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -a_2 & 0 & a_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \\ \overline{\overline{W_{2b}}} &= \begin{bmatrix} a_1 & 0 & a_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -a_2 & 0 & a_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (1)$$

При цьому в обох випадках добуток

$$\overline{\overline{W_2}} \cdot \overline{X_{1N}} = \overline{X_2} = [\sqrt{a_1^2 + a_2^2}, 0, 0, 0]^T.$$

Таким чином, спектр сумарного перетворення буде мати лише одну складову.

Знайдемо добуток

$$\overline{\overline{W_{2a}}} \cdot \overline{\overline{W_{2a}}}^T = \text{Diag}\{[(a_1^2 + a_2^2), 1, (a_1^2 + a_2^2), 1]^T\}$$

та пронормуємо (діленням першого та третього рядка на $\sqrt{a_1^2 + a_2^2}$) матрицю $\overline{\overline{W_2}}$.

Добуток матриць

$$\overline{\overline{W_{2N}}} \cdot \overline{\overline{W_{1N}}} = \overline{\overline{W_{\Sigma N}}} \quad (2)$$

дасть шукане результуюче нормальне перетворення.

Добуток

$$\overline{\overline{W_{\Sigma N}}} \cdot \overline{X} = \overline{X_{\Sigma}} \quad (3)$$

дає спектр, який містить тільки одну (першу) ненульову трансформанту у вигляді

$$\overline{X_{\xi}} = \left[\frac{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2}{b}, 0, 0, 0 \right]^T,$$

де $b = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$.

Описану методику легко поширити на матрицю $\overline{\overline{W_{\Sigma N}}}$ будь-якого формату $N=2^n$, n – ціле число. Очевидно, що покроковий спосіб отримання

матриці нормального перетворення \overline{W}_{kN} , де k – номер кроку нормалізації, досить трудомісткий. Так, при форматі $N=1024$ кількість матриць, що перемножуються в (2) буде рівною 10. При цьому не уникнути досить істотної операційної похибки за рахунок скінченної розрядності операнд.

Саме тому розроблено алгоритм безпосереднього формування дискретного матричного оператора нормального перетворення, який значно спрощує процедуру створення оператора перетворення $\overline{W}_{\Sigma N}$, легко програмується внаслідок формалізації та дозволяє уникнути накопичення операційної похибки [10].

Описана процедура застосована для одновимірних сигналів та може використовуватися для створення погоджених фільтрів, оснований на нормальній фільтрації та оцінці коефіцієнта трансформант [5 – 6]

$$k_{mp} = \sqrt{\sum_{i=2}^N X_{\xi_i}^2} / \sqrt{X_{\xi_1}^2}. \quad (4)$$

Згідно із виразом (4), нормальний фільтр є нелінійним.

Проводилося порівняння результатів класичної лінійної та нормальної погодженої фільтрації [11 – 13]. Класичний лінійний погоджений фільтр, так само як і нормальний фільтр, дозволяє реєструвати наявність (або відсутність) сигналу, близького до еталонного в адитивній суміші з шумом. Але, на відміну від нормального, такий фільтр не дозволяє дати чисельну оцінку ступеня подібності/розбіжності замаскованого шумом сигналу до еталону. На відміну від нормального, класичний погоджений фільтр не дозволяє розпізнавати сигналу, близького до еталонного, і оцінювати ступінь його подібності/розбіжності в послідовності детермінованих сигналів, тобто не може бути використаним для розв'язання задач класифікації (в тих випадках, коли миттєві значення детермінованих сигналів в пачці значно перевищують значення шуканого сигналу). Між нормальним і класичним погодженим фільтром існує жорсткий зв'язок. Нормальний фільтр містить в одному зі своїх каналів (трансформанті матричного оператора дискретного ортогонального нормального перетворення) імпульсну характеристику погодженого фільтра. Відгук цього каналу відповідає значенню реакції погодженого фільтра в момент спостереження. Таким чином, нормальний та класичний лінійний фільтри інформаційно доповнюють один одного, хоча й призначені для розв'язання різних радіотехнічних задач.

Запропоновано декілька підходів до створення оператора комплексного нормального перетворення для випадку комплексного вхідного сигналу [14]. Відмінність цих підходів ґрунтується на представленні еталонного сигналу: матрицю $\overline{W}_{\Sigma N}$ перетворення (3) можна будувати для відліків комплексного сигналу $\dot{z}(t) = x(t) + jy(t)$

$$\dot{\bar{Z}}_{\xi} = \overline{\overline{W}}_{\Sigma N} \cdot \dot{\bar{Z}},$$

організувати для дійсної та уявної складових окремо

$$\bar{X}_{\xi R} = \overline{\overline{W}}_{\Sigma N R} \cdot \bar{X} \quad \text{та} \quad \bar{Y}_{\xi I} = \overline{\overline{W}}_{\Sigma N I} \cdot \bar{Y}$$

чи представити перетворенням дискретних відліків амплітуди \bar{A} та фази $\bar{\varphi}$ комплексного сигналу аргументу t $\dot{z}(t) = A(t)e^{j\varphi(t)}$

$$\bar{A}_{\xi} = \overline{\overline{W}}_{\Sigma N A} \cdot \bar{A} \quad \text{та} \quad \bar{\varphi}_{\xi} = \overline{\overline{W}}_{\Sigma N \varphi} \cdot \bar{\varphi}.$$

Запропоновану методику по створенню нормального перетворення можна поширити і на багатовимірний дискретний сигнал. При цьому для кожного k -го рядку матриці пікселів образу слід створити свою матрицю дискретного нормального перетворення $\overline{\overline{W}}_{\Sigma N1 k}$. Очевидно, що для тестового сигналу спектри перетворень кожного рядка будуть містити ненульові трансформанти тільки з номерами один. Результати нормальних перетворень всіх рядків на двовимірній площині трансформант двовимірного спектру утворюють один (перший) ненульовий стовпець перших трансформант. Тому на другому кроці двовимірного нормального перетворення слід провести нормальне перетворення трансформант першого стовпця, внаслідок чого в результуючому спектрі нульовою буде тільки одна трансформанта, що знаходиться в комірці (1, 1) спектральної площини.

Визначення двовимірного нормального перетворення можна записати як вираз у матричній формі

$$\overline{\overline{X}}_{\xi\xi} = \overline{\overline{W}}_{\Sigma N1} \cdot \overline{\overline{X}} \cdot \overline{\overline{W}}_{\Sigma N2},$$

де $\overline{\overline{X}}_{\xi\xi}$ – спектр сигналу $\overline{\overline{X}}$ в області двовимірного нормального перетворення, яке передбачає нормалізацію по стовпцям, що здійснюється матричним оператором $\overline{\overline{W}}_{\Sigma N1}$ та по рядкам, що здійснюється оператором $\overline{\overline{W}}_{\Sigma N2}$. В загальному випадку для деякого досліджуваного образу $N_x \neq N_y$, де $N_x = 2^n$, $N_y = 2^m$, n і m – цілі додатні числа. В такому разі тривимірний матричний оператор $\overline{\overline{W}}_{\Sigma N1}$ повинен відповідати формату $N_x \times N_x \times N_y$, а оператор $\overline{\overline{W}}_{\Sigma N2}$ – формату $N_y \times N_y \times N_x$.

Приклади застосування алгоритму

Чутливість та надійність методу оцінки відмінностей між сигналами на основі нормального перетворення перевірялась при розв'язанні задачі аутентифікації особи за динамічно введеним підписом [15 – 19]. Для цього використовуються траєкторії $x(t)$ та $y(t)$ параметричного розкладу процесу написання підпису. Після нормування по часу та по амплітуді проводиться усереднення підписів одної і тієї самої людини. Математичні очікування двох таких підписів (M_x, M_y) для траєкторій $x(t)$ та $y(t)$ наведені

на рис. 1, 2 разом з ансамблем реалізацій (сірі лінії навколо математичних очікувань).

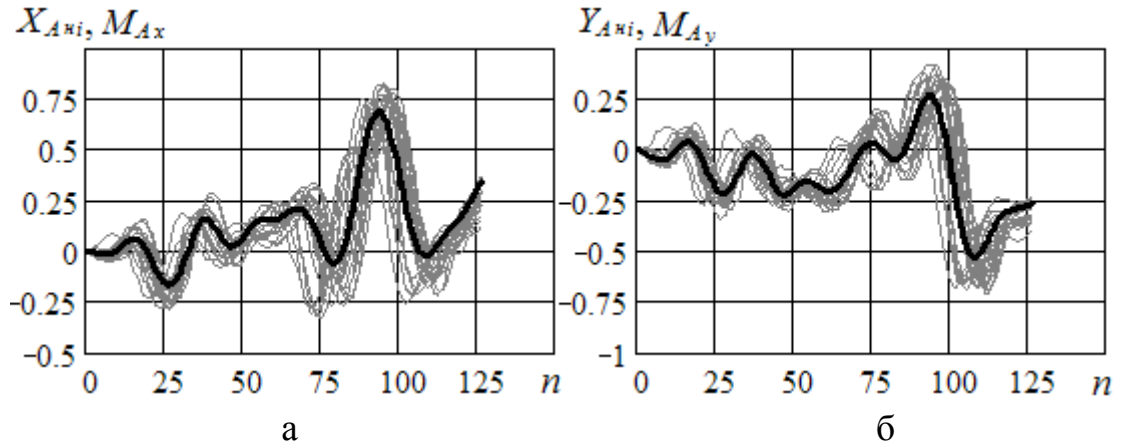


Рис. 1. Компоненти \bar{X}_{Ani} (а) та \bar{Y}_{Ani} (б) нормованих реалізацій динамічно введеного підпису особи А та їх математичні очікування.

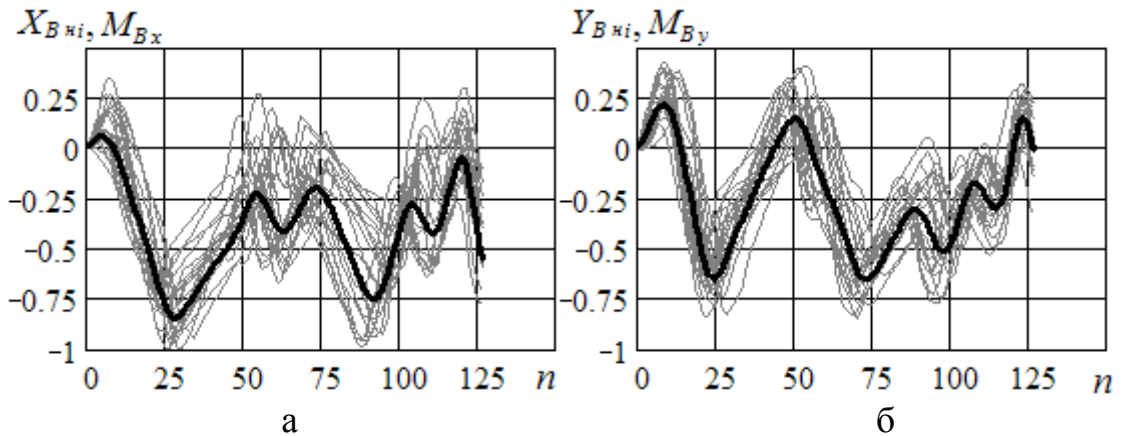
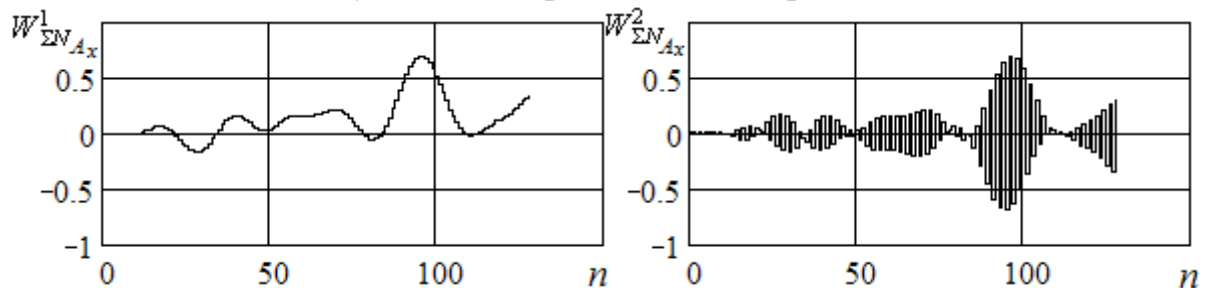


Рис. 2. Компоненти \bar{X}_{Bni} (а) та \bar{Y}_{Bni} (б) нормованих реалізацій динамічно введеного підпису особи В та їх математичні очікування. Ансамбль реалізацій при цьому утворює виборку із 100 підписів.

Деякі трансформанти матриці нормального перетворення $\bar{W}_{\Sigma N_{Ax}}$, побудованої на базі математичного очікування \bar{M}_{Ax} як еталонного сигналу для компоненти \bar{X}_{An} підпису особи А, представлені на рис. 3.



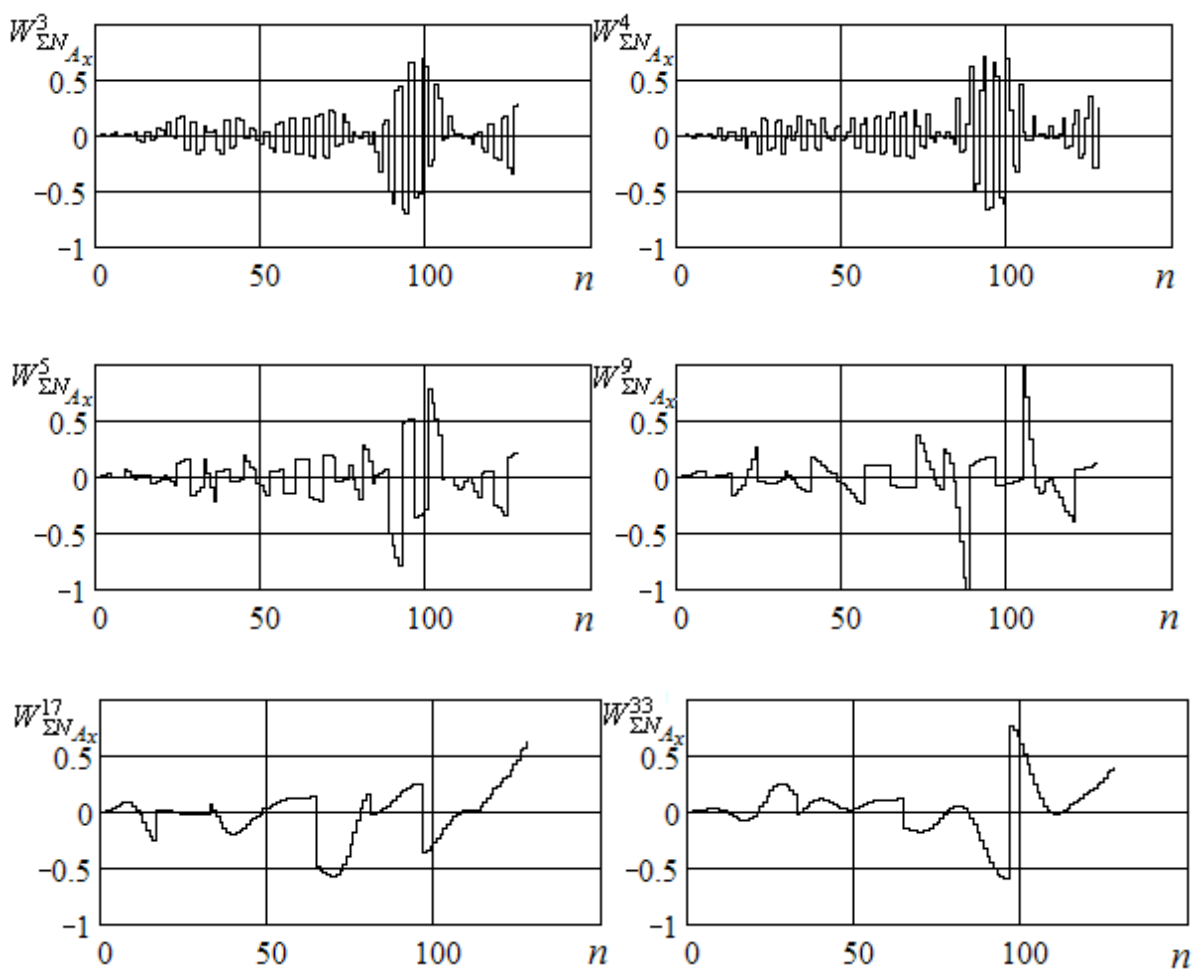
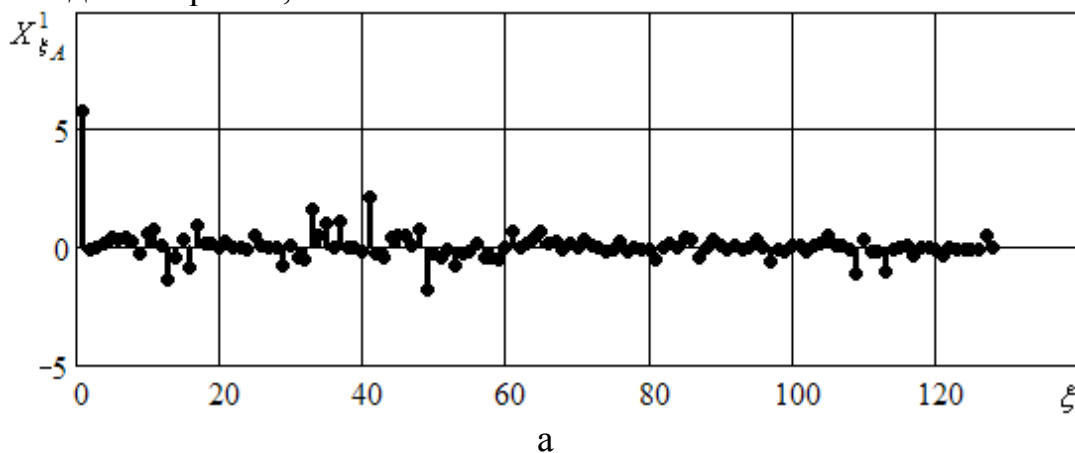


Рис. 3. 1-та – 5-та, 9-та, 17-та та 33-тя трансформанти матриці нормального перетворення $\overline{\overline{W}}_{\Sigma N_{Ax}}$

Спектри трьох реалізацій нормованих компонент \overline{X}_n підписів особи A та B в області перетворення $\overline{\overline{W}}_{\Sigma N_{Ax}}$ (при перевірці належності підпису особі A) наведені на рис. 4, 5.



а

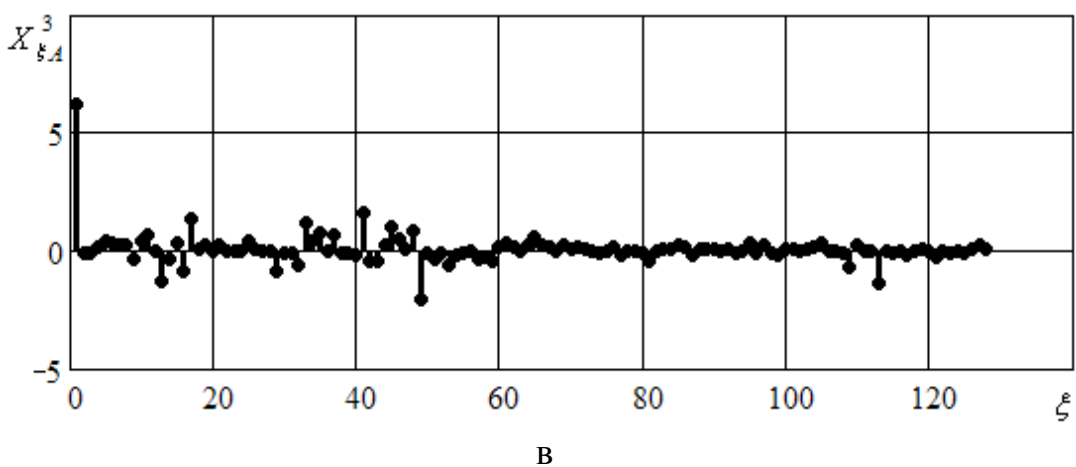
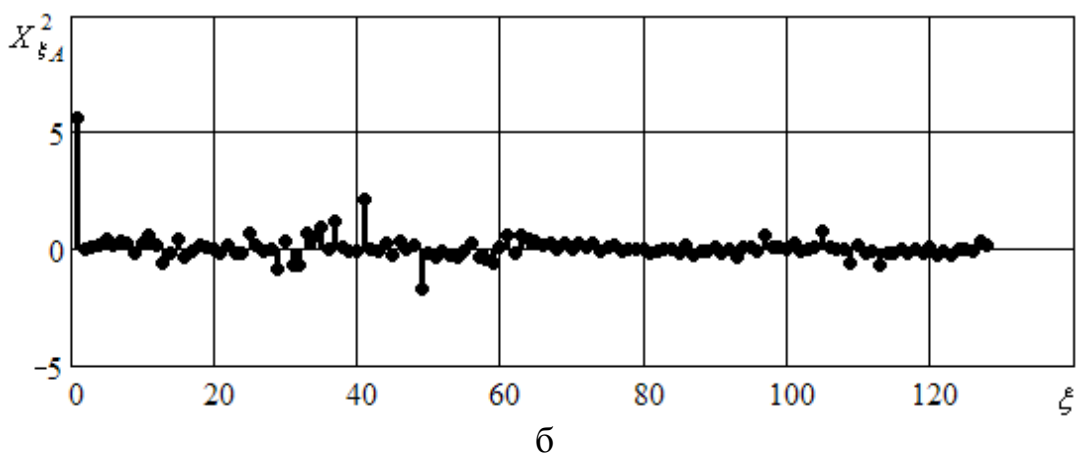
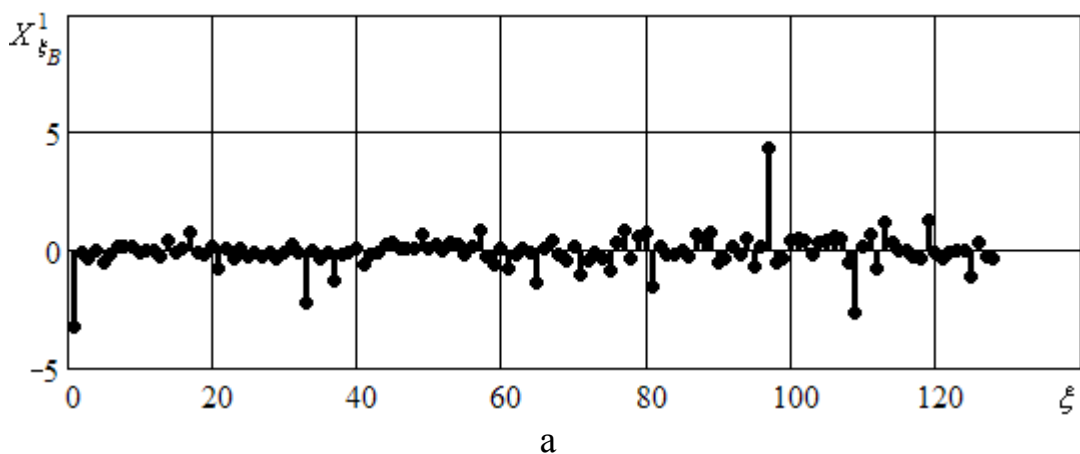


Рис. 4. Спектри трьох реалізацій компонент \overline{X}_{A_n} підписів особи A
в області перетворення $\overline{W}_{\Sigma N_{Ax}}$.



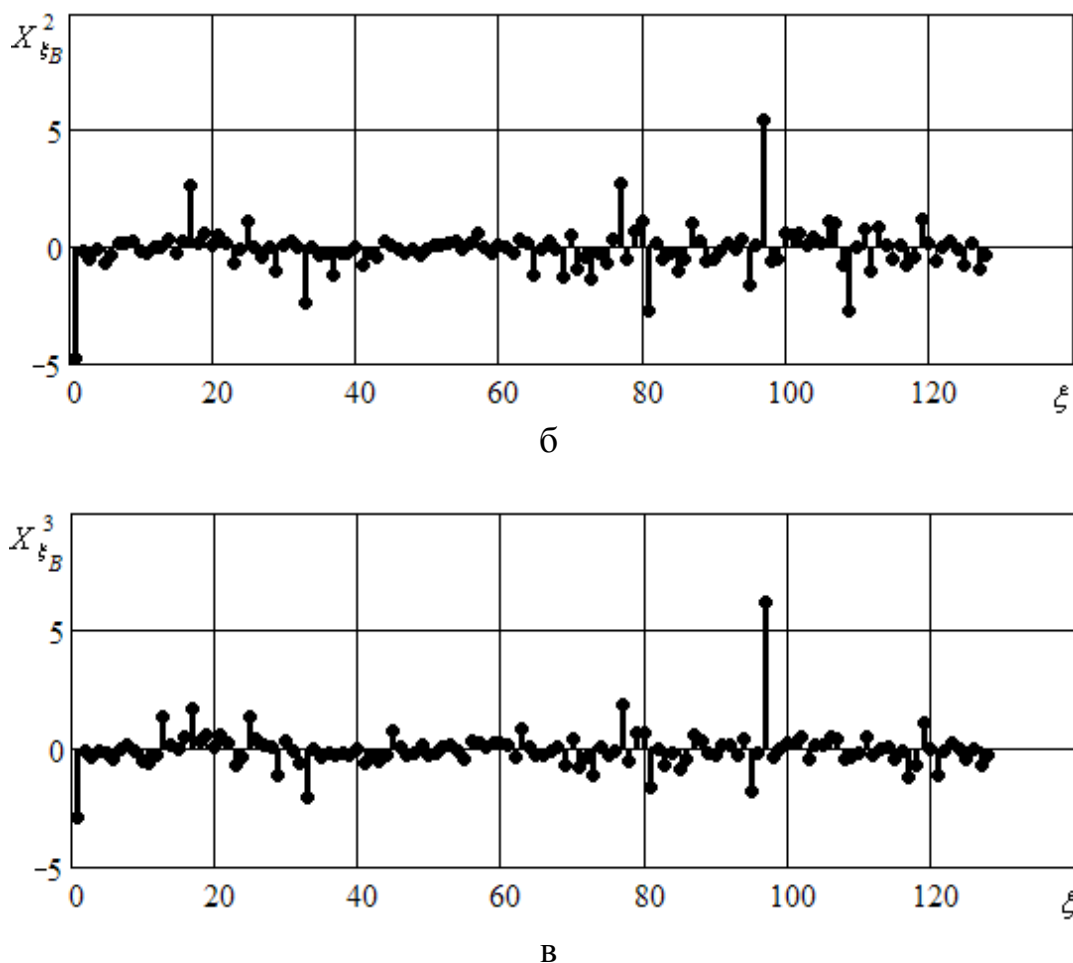


Рис. 5. Спектри трьох реалізацій компонент \overline{X}_{B_n} підписів особи B в області перетворення $\overline{W}_{\Sigma N_{Ax}}$.

Результати оцінок відмінностей між підписами, що відповідають еталону, і чужими чи підробленими підписами дають коефіцієнти трансформант, що відрізняються в 2 – 10 разів. В табл. 1 подані коефіцієнти трансформант, розраховані для спектрів на рис. 4, 5.

Таблиця 1. Коефіцієнти трансформант для спектрів рис. 4, 5.

№ реалізації компоненти \overline{X}_n підпису, i	1	2	3
k_{AAmpx_i}	0,931	0,799	0,789
k_{BAmpx_i}	2,352	1,488	3,109

В результаті проведення аутентифікації особи за використанням нормального перетворення були отримані наступні ймовірнісні характеристики запропонованого алгоритму: ймовірність правильного розпізнавання $p_{ПР} = 0.98$, ймовірність надання доступу людині, яка не має на це право (помилка II-го роду) $p_{II} = 1$, ймовірність не розпізнання підпису людини, що має право доступу (помилка I-го роду) $p_I = 0.02$, ймовірність правиль-

ного не розпізнавання $p_{ПН} = 1$.

Аналогічний аналіз проводився для розпізнавання стану пацієнта за його пульсограмою [20]. За еталонний сигнал було взято математичне очікування періоду пульсової хвилі людини у нормальному стані (рис. 6).

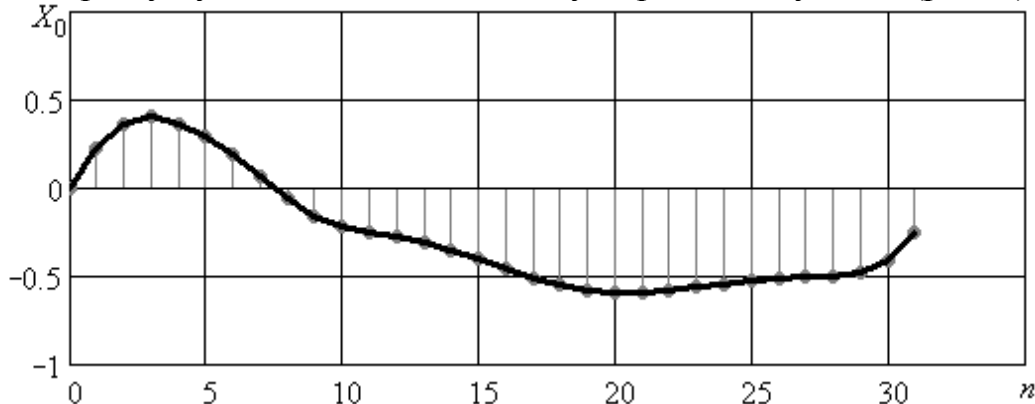


Рис. 6. Математичне очікування періоду пульсограми, взяте за еталонний сигнал

Цей сигнал за допомогою апарату нормального перетворення було порівняно із окремо взятими періодами пульсової хвилі людини до, після та через 5 хвилин після куріння. Результати розрахунку коефіцієнтів трансформант для п'яти сигналів з кожного класу занесено до табл. 2.

Таблиця 2. Значення коефіцієнтів трансформант для періодів пульсограми людини у різних станах

№ періоду пульсової хвилі, i	1	2	3	4	5
k_{mp0i}	0,022	0,043	0,019	0,017	0,009
k_{mp1i}	0,124	0,265	0,122	0,286	0,093
k_{mp2i}	0,421	0,355	0,275	0,305	0,458

де k_{mp0i} – i -те значення коефіцієнту трансформант спектру сигналу до куріння, k_{mp1i} – i -те значення коефіцієнту трансформант спектру після куріння, k_{mp2i} – i -те значення коефіцієнту трансформант спектру сигналу через п'ять хвилин після куріння.

З поданої таблиці видно, що обравши порогове значення коефіцієнту трансформант спектру періоду пульсової хвилі на рівні $k_{mp\text{нор}} = 0,05$, можна безпомилково відрізнити стан людини до паління від стану після паління.

Таким чином, запропонована методика класифікації сигналів (образів) на базі нормального перетворення є достатньо чутливою до зміни графоеlementів, що відкриває додаткові можливості при розв'язанні задачі розпізнавання образів [21 – 26].

Запропонована процедура формування матричного оператора нормального дискретного ортогонального перетворення досить проста та її алгори-

тми легко програмуються на ПЕОМ.

Висновки

1. Розроблено новий метод класифікації сигналів – метод нормального дискретного ортогонального перетворення.

2. Головною особливістю запропонованого методу є те, що одна із трансформант збігається із заданим дискретним сигналом довільної форми, а, отже, спектр такого перетворення містить лише одну ненульову складову при співпадинні досліджуваного сигналу з тестовим, тоді як поява інших складових у спектрі свідчить про їх відмінності.

3. Показано, що методи класифікації, що базуються на побудові дискретного нормального перетворення є простими, надійними та чутливими до змін графоелементів.

4. Метод нормального перетворення поширено на випадок комплексного та двовимірного вхідного сигналу: розроблено алгоритми відповідно комплексного та двовимірного нормального перетворення.

5. Застосування для оцінки подібності сигналів коефіцієнтів трансформант (чи оберненої до нього величини – гостроти) спектру нормального перетворення дозволяє ввести чисельну міру оцінки такої подібності.

6. До незручностей, що вносить запропоноване нормальне перетворення слід віднести відсутність в отриманих трансформантах трансформанти з постійним значенням. Для компенсації впливу постійної складової потрібно проводити центрування як еталонного, так і тестового сигналу.

7. Запропоновано метод аутентифікації особи за динамічно введеним підписом шляхом нормальної фільтрації компонент підпису, який дозволяє достатньо надійно провести аутентифікацію особи, легко програмується та не вимагає значних обчислювальних ресурсів.

Література

1. Абакумов В.Г., Рибін О.І., Сватош Й. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг – К.: Нора-прінт, 2001. – 516 с.

2. Ян И. Нелинейная согласованная фильтрация для анализа различий // Радиотехника. – 1999 – №6 – С.51-58. (Изв. вузов).

3. Рыбин А.И. Нормализация дискретных ортогональных преобразований тестовым сигналом // Радиотехника. – 2004. – №7. – С.39-46 (Изв. вузов).

4. Мельник А.Д., Рыбин А.И. Нормализация эталонного сигнала с постоянным шагом дискретизации // Радиотехника. – 2008 – №1 – С.71-75. (Изв. вузов).

5. Рыбин А.И., Мельник А.Д. Согласованная нормализованная фильтрация сигналов // Радиотехника. – 2008 – №2 – С.77-80. (Изв. вузов).

6. Рыбин А.И., Мельник А.Д. Согласованная вейвлет-фильтрация сигналов с измененным масштабом // Радиотехника. – 2008 – №3 – С.76-80. (Изв. вузов).

7. 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.

8. Рыбин А.И., Ткачук А.П. Анализ линейных систем в области трансформант собственных частот преобразования RTF // Радиотехника. – 2006. – №11. – С.56-63 (Изв. вузов).

9. Ніжебецька Ю.Х., Рибін О.І., Шарпан О.Б. Підвищення точності ортогональних

перетворень для аналізу лінійних систем // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2008 – №5. С.12-18.

10. Рибін О.І., Ніжебецька Ю.Х. Алгоритм формування матричного оператора дискретного нормального перетворення // Вісник НТУУ „КПІ”. Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008 – №37 – С.19-27.

11. Рибін О.І., Рибіна І.О., Ніжебецька Ю.Х. Порівняння методів нормальної фільтрації та ортогонального розкладу матриці // Вісник НТУУ „КПІ”. Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010 – №42 – С.3-11.

12. Рибін О.І., Ніжебецька Ю.Х., Рибіна І.О. Погоджена фільтрація: класичний лінійний та нормальний фільтри // Вісник НТУУ „КПІ”. Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010 – №41 – С.5-12.

13. Ю.Х. Ніжебецька, І.О. Рибіна Порівняння погодженого класичного лінійного та нормального фільтрів. Матеріали IV науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Радіоелектроніка у XXI столітті”. – Київ. – 22-23 квітня 2010 р.

14. Ніжебецька Ю.Х., Рибіна І.О., Якубенко О.А. Комплексне нормальне ортогональне перетворення // Вісник НТУУ „КПІ”. Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2009 – №38 – С.5-11.

15. Тараненко В. Скрытая психодинамика в практическом изложении. Почерк, портрет, характер. – Киев, 2001 – 136 с.

16. Рибін О.І., Ніжебецька Ю.Х., Луцків А.М. Аутентифікація особи за динамічно введеним підписом // Вісник НТУУ „КПІ”. Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010 – №40 – С.28-30.

17. Ніжебецька Ю.Х., Рибіна О.І. Аутентифікація особи за динамічно введеним підписом з використанням нормального перетворення // Радіоелектроніка в XXI столітті. Матеріали III наук.-техн. конф. Київ, НТУУ “КПІ”, РТФ. – 2009. – с.24 – 26.

18. Ніжебецька Ю.Х. Застосування нормального перетворення до аутентифікації особи за динамічно введеним підписом. Матеріали 5-ої міжнародної молодіжної науково-технічної конференції “Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций “РТ-2009”. – м. Севастополь. – 20-25 квітня 2009 р.

19. Rybina I., Nizhebetska Y. Authentication of person with dynamically entered signature using of normal orthogonal discrete transformation // Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science. Proceedings of the Xth International Conference TCSEET'2010. – February 23-27, 2010, Lviv – Slavske, Ukraine.

20. Ніжебецька Ю.Х., Пляцко Н.С., Рибін О.І. Класифікація стану судинної системи за графоелементами пульсової хвилі // Вісник НТУУ „КПІ”. Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008 – №36 – С.104-108.

21. Рыбин А.И., Нижебецкая Ю.Х. Анализ подобия и различия образов с использованием нормального ортогонального преобразования // Радиоэлектроника.— 2010.— №3.— С.58— 64. (Изв. вузов).

22. Рибіна І.О., Кузьменко О.М., Ніжебецька Ю.Х., Вівчарик О.Я. Аналіз подібності і розбіжності реакції лінійної системи до еталонного сигналу за допомогою нормального перетворення // Вісник НТУУ „КПІ”.

Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2010 – №41 – с. 25-29.

23. Рибін О.І., Ніжебецька Ю.Х. Нормальне дискретне ортогональне перетворення // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008. – Вип. 37. – с.8 – 15.

24. Ніжебецька Ю.Х., Рибін О.І., Шарпан О.Б. Класифікація сигналів в базисі ортогональних перетворень вісник ЖДТУ №2 (45), Житомир, 2008.

25. Рыбин А.И., Нижебецкая Ю.Х. Анализ подобия и различия образов с использо-

ванием нормального ортогонального преобразования // Радиотехника. – 2010. – №3. – с. 58-64. (Изв. вузов).

Ніжебецька Ю.Х. Класифікація сигналів при застосуванні нормального ортогонального перетворення Розглянуто можливість розпізнавання образів за запропонованою автором процедурою створення дискретного ортогонального перетворення, в якому перша трансформанта співпадає з еталонним сигналом. При співпадінні досліджуваного сигналу з тестовим спектр такого перетворення містить лише одну ненульову складову, тоді як поява інших складових у спектрі свідчить про їх відмінності. Застосування для оцінки подібності сигналів коефіцієнтів трансформант спектру нормального перетворення дозволяє ввести чисельну міру оцінки такої подібності. Процедур розпізнавання поширено на випадки двовимірних та комплексних вхідних сигналів. Наведено результати використання нормального перетворення для задач аутентифікації людини за динамічно введеним підписом та класифікації стану людини за характером пульсової хвилі.

Ключові слова: класифікація сигналів, нормальне перетворення, коефіцієнт трансформант, нормальна фільтрація, аутентифікація за динамічним підписом.

Нижебецкая Ю.Х. Классификация сигналов при использовании нормального ортогонального преобразования Рассмотрена возможность распознавания образов по предложенной автором процедуре создания дискретного ортогонального преобразования, в котором первая трансформанта совпадает с эталонным сигналом. При совпадении исследуемого сигнала с тестовым спектр такого преобразования содержит лишь одну ненулевую составляющую, тогда как появление других составляющих в спектре свидетельствует об их отличиях. Применение для оценки подобия сигналов коэффициентов трансформант спектра нормального преобразования позволяет ввести численную меру оценки такого подобия. Процедура распознавания распространена на случаи двумерных и комплексных входных сигналов. Приведены результаты использования нормального преобразования для задач аутентификации человека по динамически введенной подписи и классификации состояния человека по характеру пульсовой волны.

Ключевые слова: классификация сигналов, нормальное преобразование, коэффициент трансформант, нормальная фильтрация, аутентификация по динамической подписи.

Nizhebetska Y. Classification of signals by using normal orthogonal transformation Possibility of pattern recognition is considered on the procedure of creation of discrete orthogonal transformation offered by an author, in that the first transform coincides with a etalon signal. At the coincidence of the investigated signal with a test the spectrum of such transformation contains one unzero transform only, while appearance of other transforms in a spectrum testifies to their differences. Application of normal transformation for the estimation of similarity of signals by coefficients of transforms allows to enter numeral measure of estimation of such similarity. Procedure of recognition is widespread on the cases of two-dimensional and complex signals. Results over of the use of normal transformation are brought for the tasks of authentication of person by the dinamically entered signature and classification of the state of person by the pulse wave.

Keywords: classification of signals, discrete orthogonal transformation, coefficient of transforms, normal filtering, authentication by the dynamically entered signature.