

Земляк О.М., Маркіна Т.М. **Ефект прискорення при оптимізації електронних кіл.** Проаналізовано ефект додаткового прискорення процесу оптимізації електронного кола. Цей ефект виникає внаслідок різної поведінки траєкторій проектування при зміні вектора керуючих функцій. Ефект проявляється для всіх кіл, що аналізуються, і дозволяє додатково скоротити витрати машинного часу на кілька порядків.

**Ключові слова:** оптимізація електронних кіл, електронні кола.

Земляк А.М., Маркіна Т.М. **Эффект ускорения при оптимизации электронных цепей.** Проанализирован эффект дополнительного ускорения процесса оптимизации электронной цепи. Этот эффект возникает вследствие различного поведения траекторий проектирования при изменении вектора управляющих функций. Эффект проявляется для всех анализируемых цепей и позволяет дополнительно сократить затраты машинного времени на несколько порядков.

**Ключевые слова:** оптимизация электронных цепей, электронные цепи

Zemliak A.M., Markina T.M. **Effect of acceleration in optimization of the electronics circuits.** An additional acceleration effect has been analyzed for the electronic circuit optimization process. This effect has been appeared due to the different behavior of the design trajectories whenever the vector of the control functions was changed. Effect was obtained for all analyzed circuits and it can reduce the computer time to some powers.

**Key words:** optimization electronics circuits, electronics circuits, design, electronics circuits

УДК 621.372.061:391.266

## ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА ДИНАМІЧНО ВВЕДЕНИМ ПІДПИСОМ ПРИ НАЯВНОСТІ АДИТИВНОГО ШУМУ

*Рибін О.І., Кузьменко О.М.*

Задача аутентифікації особи за динамічно введеним підписом є частковим випадком задачі класифікації сигналів. Таку задачу розв'язують за допомогою різноманітних методів, до яких належить класична лінійна (погоджена) фільтрація [1], нелінійні косинусна [2] та нормальна [3-7] фільтрація, а також погоджена фільтрація на базі перетворення Карунена – Лосєва [8-10]. В роботах [9,10] було запропоновано модифікований алгоритм з використанням перетворення Карунена – Лосєва, який показав надзвичайну надійність [10] саме при розв'язанні задачі аутентифікації за динамічно введеним підписом. Достатня для оптимістичних висновків, але недостатня для статистичних досліджень вибірка підписів тієї самої особи (для багатьох осіб) не дозволяє встановити границі надійної аутентифікації при зростанні випадкових відхилень реалізацій підписів від математичного очікування (що, наприклад, має місце при варіації підпису через тривалий період часу для тієї самої особи).

### Теоретичні положення

У відповідності до алгоритму [10] аутентифікації особи для кожного класу підписів формується кореляційна матриця

$$\overline{\overline{Cor}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \overline{\Delta x} \cdot \overline{\Delta x}^T, \quad (1)$$

де  $\overline{\Delta x} = \overline{x} - \overline{m}$  – стовпець відхилень значення кожного відліку дискретизованого підпису з певного класу (тобто певної особи) від математичного очі-

кування цього ж класу підписів. Матриця усереднена по кількості  $M$  підписів в класі. Далі одержану кореляційну матрицю слід розкласти за власними значеннями та власними векторами:

$$\overline{\overline{Cor}} = \overline{\overline{P}} \cdot \overline{\overline{\lambda}} \cdot \overline{\overline{P}}^T, \quad (2)$$

де  $\overline{\overline{\lambda}}$  – діагональна матриця власних значень, а кожне з  $N$  власних значень  $\lambda_i$  є коренями визначника матриці, утвореної з (2) відніманням  $\lambda \cdot \overline{\overline{E}}$ , 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

$$\left[ \overline{\overline{Cor}} - \lambda_i \cdot \overline{\overline{E}} \right] \cdot \overline{\overline{\pi}}_i = \overline{\overline{0}} \quad (3)$$

Усі власні вектори об’єднують в матрицю власних векторів  $\overline{\overline{P}}$ .

Для досліджуваного сигналу слід утворити миттєві (неусереднені) кореляційні матриці

$$Co\tilde{r}_i = \Delta\tilde{x}_i \cdot \Delta\tilde{x}_i^T, \quad (4)$$

де  $\Delta\tilde{x}_i$  - вектор-стовпець відхилення  $i$ -того відліку досліджуваного дискретизованого підпису 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

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

Дискримінантне число, значення якого визначатиме міру “близькості” досліджуваного підпису до  $i$ -того класу оцінюють за нормою

$$\delta_i = \left\| \tilde{\lambda}_i - \overline{\overline{\lambda}}_i \right\| \quad (5)$$

Якщо підпис належить до даного класу, то дискримінантне число буде близьким до нуля, оскільки миттєва та усереднена кореляційна матриці будуть майже рівними (в ідеальному випадку абсолютно рівними). В протилежному випадку – дискримінантне число буде суттєво більшим від нуля [10].

### Ілюстрація практичних результатів

Сформовано класи підписів, до кожного з яких належить  $R=10$  підписів. Підпис представлено нормованими компонентами  $X_{ni}(n)$  та  $Y_{ni}(n)$ , котрі дискретизовані на 256 відліків.

Використовуючи описаний спосіб, отримуємо результати в табл.1, в якій наведено значення дискримінантних чисел (5) для досліджуваних проєкцій особи №1, приналежність динамічно введеного підпису якої перевіряється на приналежність до класу №1 та особи №2, підпис якої до цього класу не належить.

Таблиця 1

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\delta x_{11i}$	1.41	2.67	3.06	2.55	3.61	1.91	3.16	2.70	3.42	2.10
$\delta x_{12i}$	1.54	1.36	1.55	1.49	1.22	1.08	1.28	1.59	1.70	1.56
	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$

При цьому оцінка середньоквадратичних відхилень сигналів навчальної множини (множини підписів даної особи) становить  $\sigma_{x1} = 0.065$ .

Великі відмінності в дискримінантних числах при істинній і хибних належностях до певного з класів (у даному випадку при перевірці належності підписів з першого класу до першого і другого класів) свідчать про надійність методу аутентифікації. Але внаслідок невеликої вибірки ( $M = 10$ ) навчальної множини слід провести подальше математичне моделювання. Для цього спочатку представимо підпис як згенеровану навколо математичних очікувань відліків підписів певного класу послідовність випадкових чисел, середньоквадратичні відхилення від математичних очікувань яких будуть більшими чи рівними, ніж відхилення точок підписів у виборці досліджуваного класу. Додамо, що згенерований шум не є корельованим з реалізаціями підпису.

Оскільки кожна з компонент підпису дискретизована на 256 відліків і маємо 256 математичних очікувань  $M$ , слід згенерувати послідовність з 256 випадкових чисел, котрі мають нормальний розподіл навколо  $M$  для  $X_{ni}(n)$  та  $Y_{ni}(n)$ . Середньоквадратичне відхилення для дискретів компонент підписів з першого класу визначаються як

$$D_{x1} = \frac{1}{R-1} \sum_{i=1}^R (X_1(n) - M_{x1})^2; \quad D_{y1} = \frac{1}{R-1} \sum_{i=1}^R (Y_1(n) - M_{y1})^2;$$

$$\sigma_{x1} = \sqrt{D_{x1}}; \quad \sigma_{y1} = \sqrt{D_{y1}}.$$

Далі розрахуємо дискримінантні числа з урахуванням випадкових генерованих відхилень для першого класу підписів. Миттєва кореляційна матриця матиме вигляд (4), причому  $\Delta \tilde{x}_i$  - вектор – стовпець відхилення  $i$ -того згенерованого значення від математичного очікування того класу, належність до якого досліджується. Оцінка “близькості” генерованої випадкової послідовності здійснюється за допомогою значення описаного дискримінантного числа  $\delta_i$ . Результати перевірки методу на надійність пред-

Таблиця 2

$\sigma_{x1}$	$\delta x_1$	$\sigma_{y1}$	$\delta y_1$
0.065	206	0.1	500
0.1	458	0.2	$1.1 \cdot 10^3$
0.2	$1.3 \cdot 10^3$	0.3	$1.5 \cdot 10^3$

ставлені в табл.2. Порівнюючи отримані значення дискримінантних чисел зі значеннями приведеними в табл.1 можна зробити висновок, що при представленні підпису послідовністю випадкових чисел із значеннями  $\sigma$  навіть більшими, ніж для реалізацій під-

писів досліджуваного класу, відмінності в дискримінантних числах дають можливість вірно аутентифікувати особу, оскільки при перевірці зашумленого підпису особи №2 до класу №1 дискримінантне число дорівнює  $2 \cdot 10^3 \cdot \delta x_{12}$ . Тим не менше, проведені розрахунки з шумом, некорельованим з реалізацією підпису, не відображають дійсної ситуації, яка має місце при динамічному введенні підпису. Так дисперсія незалежного адитивного до підпису шуму  $\sigma_x = 0.065$  дає при ідентифікації особи своїм класифікатором значення  $>200$ , в той час як та сама дисперсія, оцінена по виборці підписів, призводить до дискримінантного числа  $<5$ . Це доводить корельованість похибки (шуму) і реалізації складової підпису (рис.1).

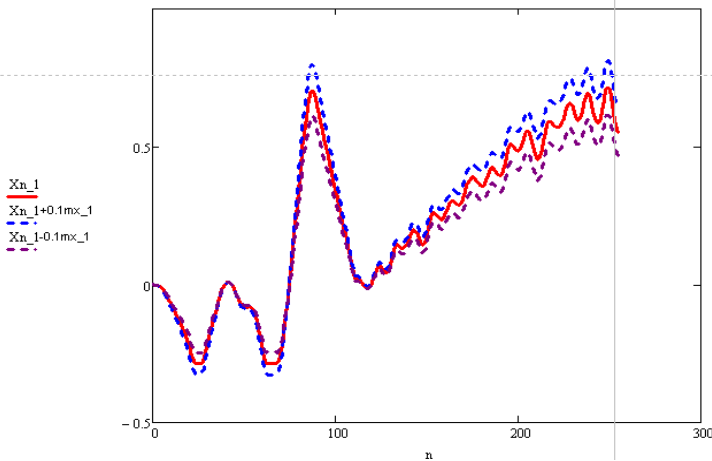


Рис. 1а

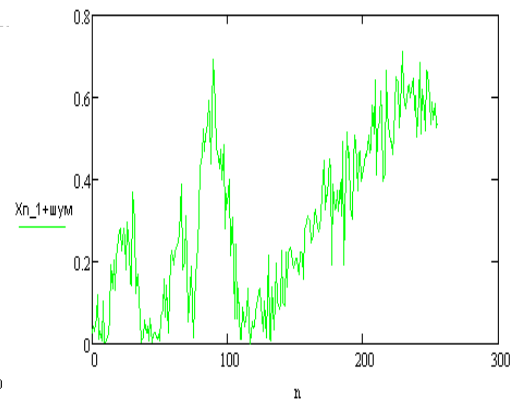


Рис. 1б

Так, на рис. 1а (неперервна лінія) наведено одну горизонтальну складову підпису з виборки, а на рис. 1б - ту саму складову з додаванням адитивного шуму. Ясно, що складову підпису особи не може мати вигляд рис. 1б. Тому слід провести ще один експеримент - перевірку надійності ідентифікації підпису при квазінайгіршому випадку. Для цього до кожного дискретного значення математичного очікування

Таблиця 3

Зміщення відносно $\mu$	Значення $\delta$
$0.05\mu$	32
$0.1\mu$	76
$0.15\mu$	142
$0.2\mu$	231

тнього значення математичного очікування будемо додавати відхилення (одного знаку) в 5, 10, 15, 20 відсотків. Всі відхилення беруться зі знаком плюс або всі зі знаком мінус. Результати досліджень для одного підпису особи №1 на приналежність до класу №1 наведено в табл.3.

Враховуючи, що найбільше відхилення від математичного очікування, наприклад, для нормального (та іншого – унімодального закону розподілу щільності ймовірності) має найменшу ймовірність, слід визнати наведені в табл.3 значення малоімовірною верхньою границею дискримінантних чисел. Тим не менше, різниця в оцінці дискримінантного числа для підписів сторонньої особи ( $\delta \sim 2 \cdot 10^3$ ) становить 1 – 3 порядки.

## Висновки

Проведені дослідження надійності класифікатора, побудованого на модифікованому алгоритмі перетворення Карунена – Лоева, показали дуже велику надійність аутентифікації особи за динамічно введеним підписом при великій варіації (обмеженій психофізичними властивостями процесу підпису) графоелементів реалізацій. Це робить перспективним застосування розробленого класифікатора для розв'язання задачі розпізнавання образів в інших галузях техніки.

### Література

1. Гоноровський И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Сов. Радио. 1966. 261 с.
2. Ян И. Нелинейные согласованные фильтры для анализа различий // Радиотехника – 1999 - №6 - с.51-58.
3. Рибін О.І, Ніжебецька Ю.Х. Алгоритм формування матричного оператора дискретного ортогонального перетворення // Вісник НТУУ «КПІ». Сер.Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008 - №37 - с.19-27.
4. Рибін О.І, Ніжебецька Ю.Х. Нормальне дискретне ортогональне перетворення // Вісник НТУУ «КПІ». Сер.Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2008-№37-с.8-15.
5. Рибін О.І, Нежібецька Ю.Х., Ткачук А.П., Шарпан О.Б. Нормальне дискретне ортогональне перетворення сигналу довільної форми // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2008 - №4 - с.34-40.
6. Ніжебецька Ю.Х., Рибіна І.О. Аутентифікація особи за динамічно введеним підписом з використанням нормального перетворення // Вісник НТУУ «КПІ». Сер.Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2009 - с.24-26.
7. 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.
8. Абакумов В.Г., Рибін О.І., Сватош Й. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг. – К.: Нора-прінт, 2001. – 516 с.
9. Рибін О.І, Нежібецька Ю.Х., Шарпан О.Б. Класифікація сигналів в базисі ортогональних перетворень кореляційної матриці // Вісник ЖДТУ. 2008 - №2.- с. 85–89.
10. 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.

*Рибін О.І., Кузьменко О.М. Оцінка надійності аутентифікації особи за динамічно введеним підписом при наявності адитивного шуму. Виконані дослідження ефективності методу аутентифікації особи, що побудований за модифікованим алгоритмом Карунена-Лоева. Показана корельованість відхилень реалізації підпису від математичного очікування.*

**Ключові слова:** аутентифікація особи, динамічно введений підпис

*Рыбин А.И., Кузьменко О.Н. Оценка надежности аутентификации личности по динамически введенной подписи при наличии адитивного шума. Выполнено исследование эффективности метода аутентификации личности, построенного на модифицированном алгоритме Карунэна-Лоева. Показана коррелированность отклонений реализации подписи от математического ожидания.*

**Ключевые слова:** аутентифікація личности, динамически введенная подпись

*Ribin O.I., Kuzmenko O.M. The estimation of a person authentication reliability with the dynamically introduced signature in the presence of an additive noise. A research of efficiency of person authentication method, built on modify algorithm of Karunen-Loev was carried out. The correlation of deviation of signature realization from the mathematical expectation had shown.*

**Key words:** person authentication, dynamically introduced signature