МЕТОД ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ У ЗАДАЧАХ АВТЕНТИФІКАЦІЇ

Рифа В.М. Баклан Я.І. Баклан І.В.
Інститут прикладного системного аналізу НАН та МОН України. 03056 Київ 56, вул. Політехнічна 14, ННК ІПСА. Тел. 241 86 59. E-mail: rifa@relos. ntu-kpi. kiev. ua

ABSTRACT

Vasil Rifa, Yaroslav Baklan, Ihor Baklan. Principal component method to the problem authentication. The possibility of application of the principal component method [1] is considered to the problem of authentication of an operator of a complex process control system [2]. The numerical experiments results show the convergence of eigenvalues of covariance matrixes to steady state values on the set of parameters with increasing number of measurements.

ВСТУП

Пропоновані результати досліджень стосуються задачі автентифікації оператора системи керування у випадку, коли дії оператора фіксуються вимірами в замкненій обмеженій підмножині Евклідового простору R_n. Задача автентифікації полягає в підтвердженні даних (пароль, тощо), які оператор повідомляє системі керування про себе для того, щоб мати можливість взаємодії з процесом. Наведений в [1] метод головних компонент застосовується до задач класифікації. Різниця між цими задачами полягає в тому, що коли в задачі класифікації відомі координати простору вимірів, і саме завдяки аналізу цих вимірів проводиться класифікація, то в задачі автентифікації можна відслідкувати лише результати дій оператора; при цьому інформація, хто з операторів керує системою, може бути хибною.

УМОВИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Розглядається випадок, коли результати дій оператора системи керування можна відобразити траєкторією руху точки на площині R_2. Таким чином кожна точка траєкторії описується масивом векторів $\bar{r}_i(x_i, y_i, t_i)$, де t_i - моменти часу, взяті з деяким інтервалом Δt, в яких проводяться виміри (x_i, y_i). Інтервал дискретизації Δt є параметром системи керування процесом і може непередбачено змінюватись самою системою в межах 20 відсотків від найменшого значення.

В загальному випадку траєкторія $\bar{r}$ - це хаотичний рух точки на ділянці площини $(a_x \le x_i \le b_x; a_y \le y_i \le b_y), \forall i = 1 \div N$.

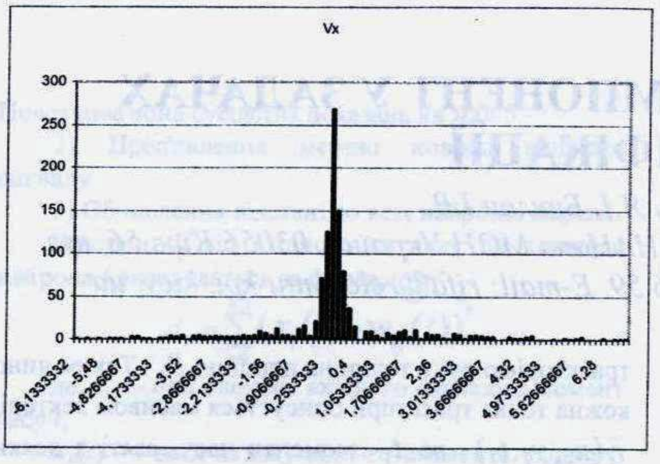
Основа застосування методу головних компонент до задачі автентифікації полягає в тому, щоб на вимірах $\bar{r}_i$ побудувати таку множину F параметрів траєкторії, які б відображували особливості поведінки оператора системи керування. Головною вимогою до параметрів є те, що кожен з них повинен мати гаусівський розподіл. Вибрані параметри наведені в таблиці 1.

Проведені дослідження довели, що гістограми усіх вибраних параметрів мають гаусівський розподіл або дуже близькі до нього.

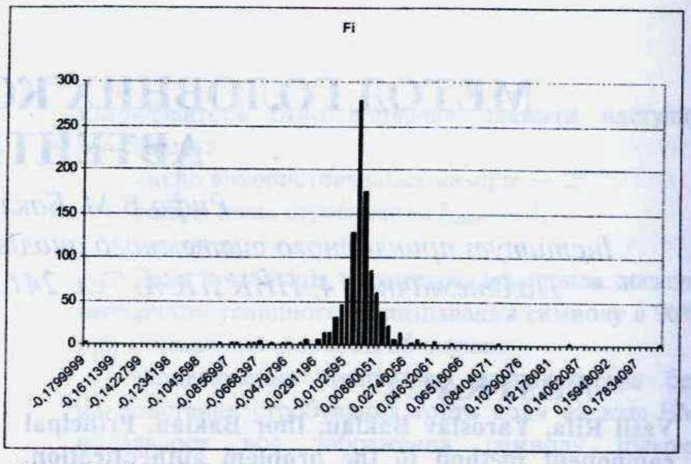
На мал.1 та мал.2 наведені приклади гістограм розподілів вибраних параметрів. Як бачимо, на гістограмах є ділянки значень параметрів, які складають основну інформативну частину, та досить широкі ділянки "шумових" значень параметрів, частота появи яких досить низька. При проведенні експериментів обчислення проводились без відсіювання викидів, на всій множині одержаних значень параметрів.

Таблиця 1.

$v_{xi} = \dfrac{x_{i+1} - x_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}, i = 1 \div (n-1);$	$v_{yi} = \dfrac{y_{i+1} - y_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}, i = 1 \div (n-1);$
$a_{xi} = \dfrac{v_{x(i+1)} - v_{x(i-1)}}{t_{i+1} - t_{i-1}}, i = 2 \div (n-2);$	$a_{yi} = \dfrac{v_{y(i+1)} - v_{y(i-1)}}{t_{i+1} - t_{i-1}}, i = 2 \div (n-2);$
$k_i = \dfrac{v_{xi} a_{yi} - v_{yi} a_{xi}}{\sqrt{(v_{xi}^2 + v_{yi}^2)^3}}, i = 2 \div (n-2);$	$\varphi_i = k_i \lvert v_i \rvert, i = 2 \div (n-2);$



Мал. 1. Гістограма параметра v_x



Мал. 2. Гістограма параметра φ.

Значення параметрів в момент t_i складають вектор

$$f_i^* = \{v_{xi}, v_{yi}, a_{xi}, a_{yi}, k_i, \varphi_i\}_i^*, \qquad f_i \in F_6.$$

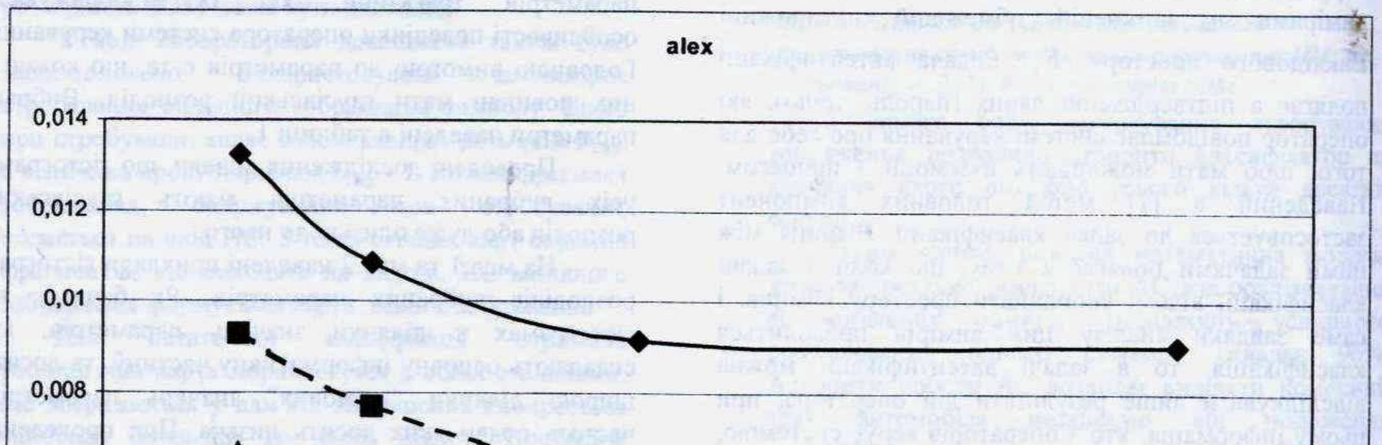
Виконавши умови нормування значень параметрів обчислюємо матрицю коваріацій.

$$\Sigma = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(f_i - \bar{f})(f_i - \bar{f})^*,$$

де $\bar{f}$ - математичне сподівання розподілу вектора $f_i \in F$, а $(\bullet)^*$ - знак транспонування вектора.

РЕЗУЛЬТАТИ

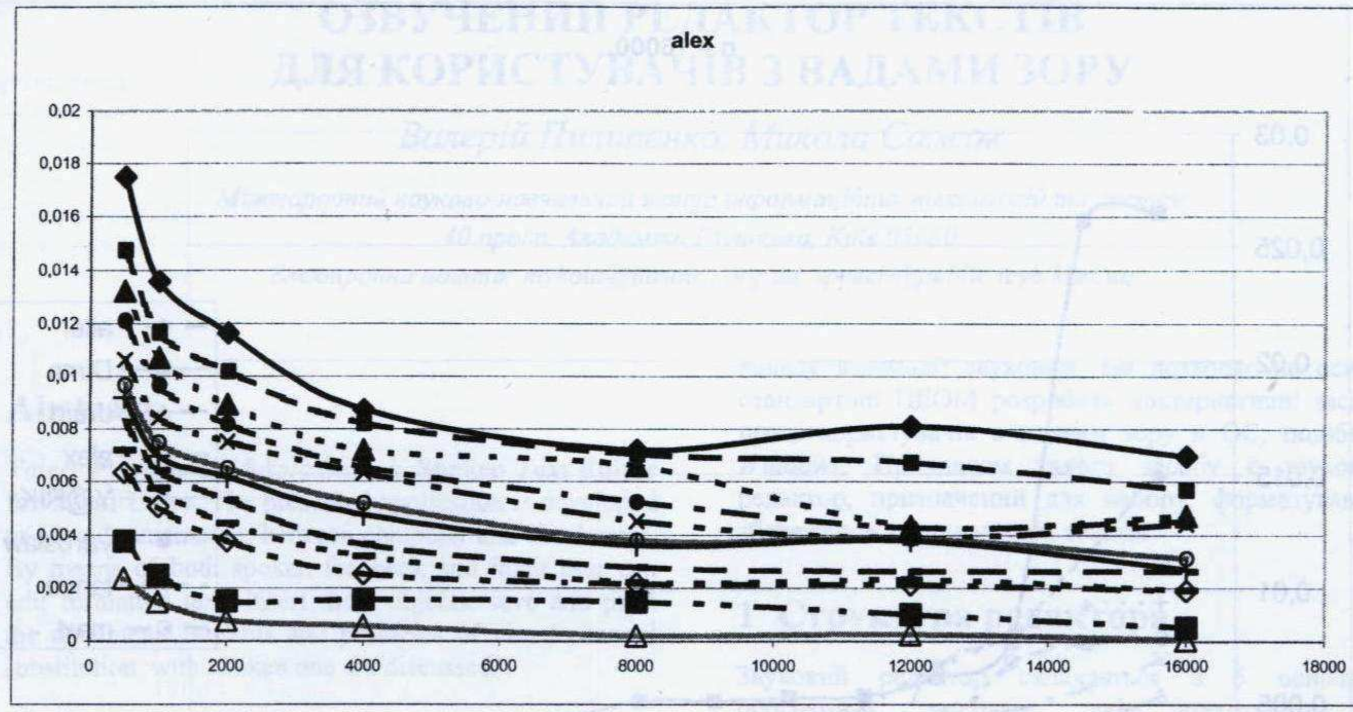
На мал.3 наведені результати чисельних експериментів, за якими можна простежити, що власні числа матриці коваріацій для R_6 збігаються до деяких сталих значень із збільшенням кількості точок вимірів траєкторії, тобто із збільшенням N.



Мал. 3. Збіжність власних значень оператора “alex” в R_6. По горизонталі кількість точок, що взята для проведення експерименту; по вертикалі значення власних чисел матриці коваріацій.

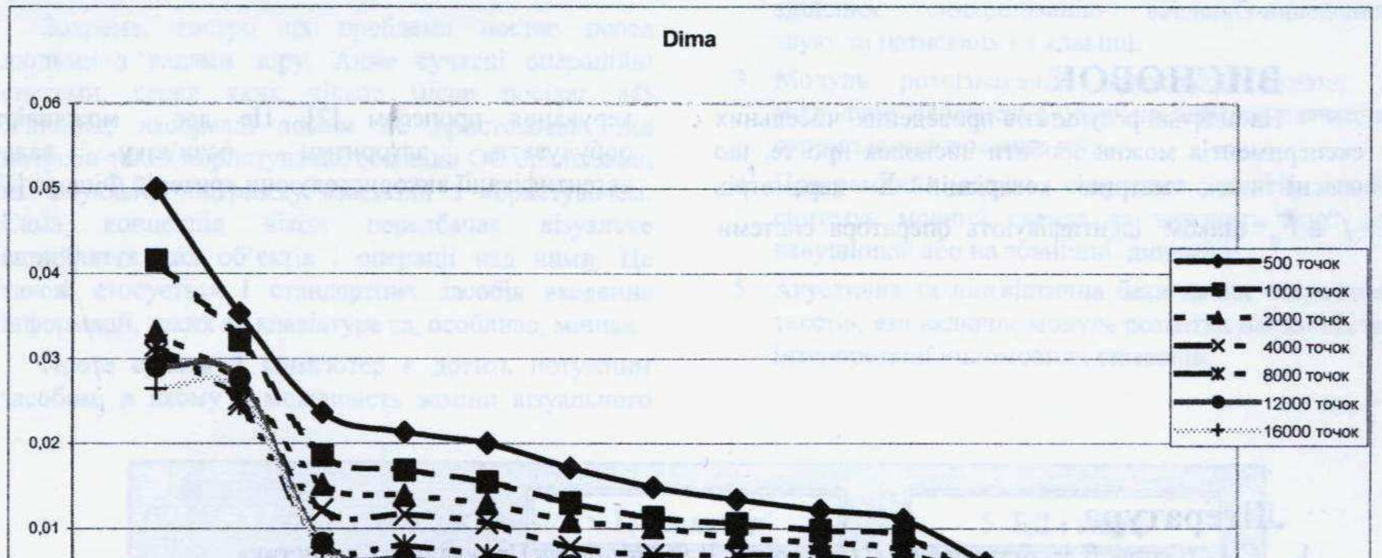
Експерименти також були проведені для дванадцяти параметрів. На рис. 4 наведені приклади збіжності власних чисел матриці коваріацій в R_{12}.

Як видно з графіків, матриці можуть мати декілька кратних власних чисел.



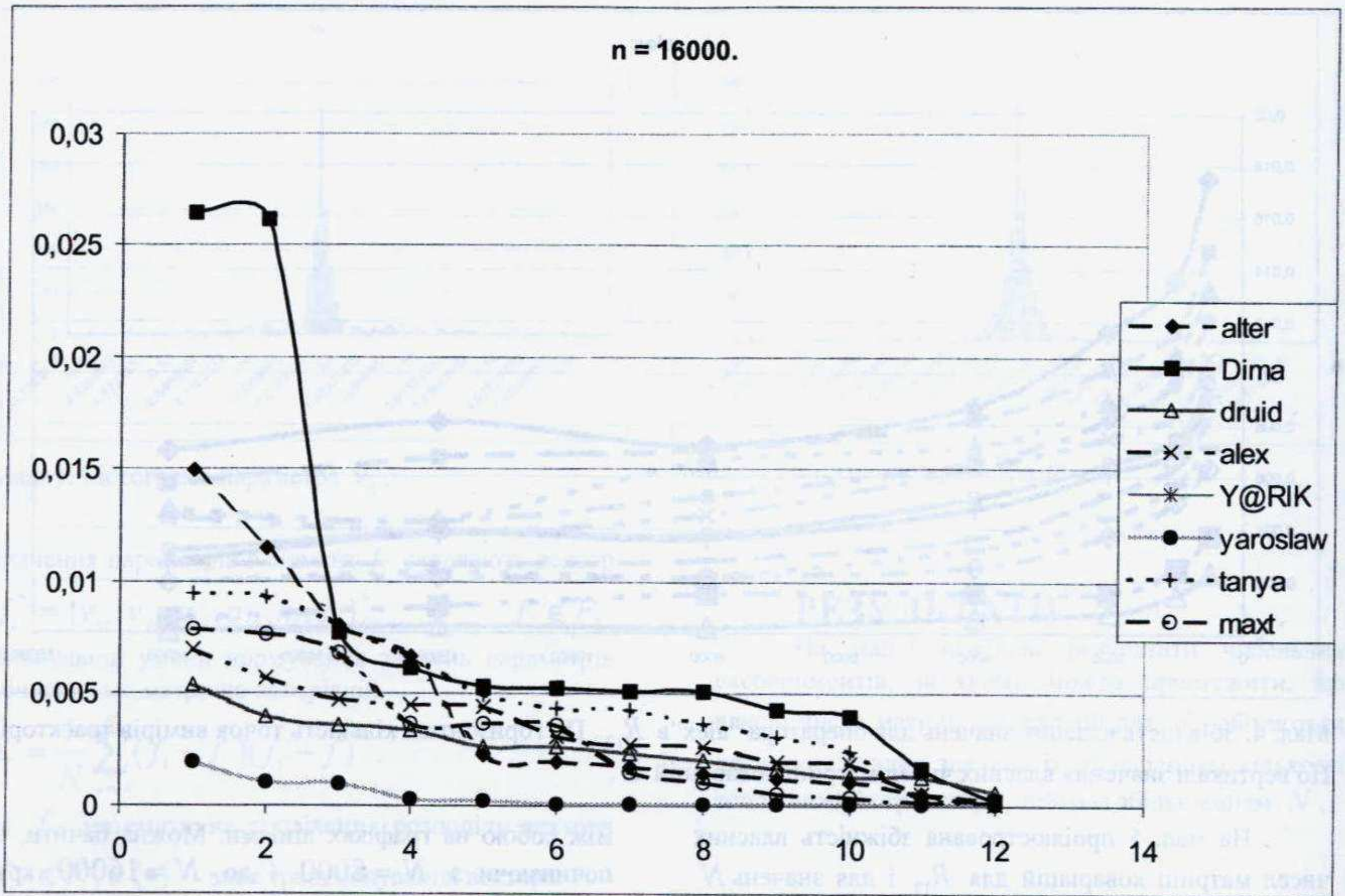
Мал. 4. Збіжність власних значень для оператора “alex”в R_{12}. По горизонталі кількість точок вимірів траєкторії. По вертикалі значення власних чисел матриці коваріацій Σ.

На мал. 5 проілюстрована збіжність власних чисел матриці коваріацій для R_{12} і для значень N від 500 до 16000. Власні числа впорядковані від найбільшого за №1 до найменшого №12 і сполучені між собою на графіках лініями. Можна бачити, що починаючи з $N = 8000$ і до $N = 16000$ криві майже співпадають.



Мал. 5. Збіжність власних значень матриці коваріацій оператора “Dima”. По горизонталі номер власного числа. По вертикалі значення власних чисел матриці Σ.

На мал.6 подані криві, які відповідають власним числам матриць коваріацій $f \in R_{12}$ і $N = 16000$, для різних операторів, що дає можливість будувати критерії і алгоритми автентифікації оператора системи керування на основі цих кривих.



Мал. 6. Відмінність між власними числами різних операторів.

ВИСНОВОК

На підставі результатів проведених чисельних експериментів можна зробити висновок про те, що власні числа матриці коваріацій Σ параметрів $f \in F_n$ цілком ідентифікують оператора системи керування процесом [2]. Це дає можливість побудувати алгоритми розв'язку задачі автентифікації використовуючи критерій Фішера [1].

Література

1. *С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин* Прикладная Статистика Классификация и снижение размерности Справочное издание Под редакцией проф.. *С.А. Айвазяна.* – Москва: Финансы и статистика, 1989. -608 с.
2. Бабак О. В., Гасанов А. С., Бабаєв Т. А., Баклан І. В. Єдиний підхід до розв'язання деяких задач дискримінантного та кластерного аналізу // Праці П'ятої Всеукраїнської міжнародної конференції УкрОБРАЗ'2000. – К.: 2000. – С. 67-70.