

## МЕТОД ФОРМУВАННЯ ІНВАРІАНТНИХ ОЗНАК ДИНАМІКИ ПІДПISУ

Вінницький національний технічний університет;

### Анотація

Розроблено та досліджено нові похідні динамічні ознаки підпису, що мають вищу інваріантність до геометричної мінливості підпису. Запропоновано метод, що обчислює нові динамічні параметри підпису на основі таких первинних параметрів як координати  $X$  та  $Y$  руху пера. Було розроблено програмна реалізація запропонованого методу на мові програмування Python у середовищі Visual Studio Code з використанням фреймворку Matplotlib. Програмний засіб будує графіки динамічних параметрів підпису, кількісно оцінює їх інваріантність до геометричної мінливості. Розроблений динамічний параметр підпису  $l(t)$  має в 1,34-1,5 рази (або на 34-50%) більшу інваріантність, ніж параметри  $X(t)$  та  $Y(t)$ .

**Ключові слова:** розпізнавання підпису, динамічні параметри підпису, геометрична варіабельність.

### Abstract

New dynamic features of the signature, which have a higher invariance to the geometric variability of the signature, have been developed and investigated. A method is proposed that calculates new dynamic parameters of the signature based on such primary parameters as the  $X$  and  $Y$  coordinates of the pen movement. A software implementation of the proposed method was developed in the Python programming language in the Visual Studio Code environment using the Matplotlib framework. The software constructs graphs of dynamic parameters of the signature, quantitatively evaluates their invariance to geometric variability. The developed dynamic signature parameter  $l(t)$  has 1.34-1.5 times (or 34-50%) greater invariance than the  $X(t)$  and  $Y(t)$  parameters.

**Keywords:** signature recognition, dynamic signature parameters, geometric variability.

### Вступ

Аутентифікація користувачів за підписом набуває все більшого значення для ведення бізнесу, транзакцій, доступу до даних і для цілей безпеки. Оскільки підпис для різних індивідуумів варіюється в залежності від індивідуума, то це дуже надійна біометрична система для аутентифікації користувача. Перевірка підпису є дуже складною проблемою розпізнавання образів. Оскільки всередині класу відбуваються відмінності, навіть експертам важко розпізнати підроблений підпис. І також не дуже важко підробити підпис. Вважається, що підпис є рефлексивною дією, яка створює його динамічні властивості підсвідомо. Динамічне (або on-line) розпізнавання підпису передбачає обробку не тільки його статичного зображення, а динамічних параметрів процесу його написання: динаміка зміни координат пера, тиск на планшет, нахил пера та ін. Ці динамічні параметри зараз легко отримуються за допомогою планшетів та інших мобільних гаджетів.

Метою цього дослідження є підвищення інваріантності динамічних ознак підпису особи до зсуву, масштабу та повороту підпису

### Результати дослідження

Для отримання первинних динамічних ознак підпису може використовуватись велика кількість можливих пристроїв, наприклад, цифровий планшет, мобільний телефон та ін.

Частіше всього використовують графічні планшети, які видають такі первинні динамічні параметри підпису [1]:

- 1) координата пера  $X(t)$  ;
- 2) координата пера  $Y(t)$ ,
- 3) тиск пера на графічний планшет  $Z(t)$ ;
- 4) кут нахилу пера до площини планшету  $\alpha(t)$ ;

5) азимут руху пера  $\alpha(t)$ .

Отримувані первинні динамічні параметри підпису не є стабільними, тобто однозначно повторюваними для різних реалізацій підпису однієї особи. Кожна реалізація підпису відрізняється масштабом, зсувом (початок підпису на планшеті), поворотом (нахил підпису) та часом написання. Дещо компенсувати вплив масштабу та зсуву вдається амплітудною нормалізацією параметрів, вплив часового масштабу – часовою нормалізацією параметрів. Вплив повороту вже важче компенсувати. Але слід зауважити, що навіть нормалізовані динамічні параметри все-одно мають велику внутрішньоперсональну варіабельність [2].

Потрібно обирати (або формувати) такі динамічні параметри підпису, які будуть мати мінімальну варіабельність, викликану зміною масштабу, зсуву та повороту. Іншими словами – запропонувати набір параметрів, які є інваріантними до масштабу, зсуву та повороту підпису відносно планшета, що дозволить збільшити достовірність ідентифікації підпису

Такі динамічні параметри підпису як координати  $X(t)$  та  $Y(t)$  не є інваріантними до просторового та часового масштабу підпису, а також до нахилу написання. Тому пропонується використовувати відстань від поточного часового відліку координат пера  $(x_i, y_i)$  до наступного  $(x_{i+1}, y_{i+1})$  [6] (див. рис. 1). Тобто, згідно теореми Піфагора:

$$l_i = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (1)$$

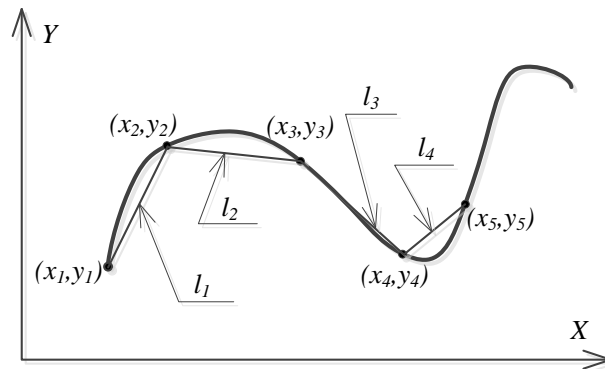


Рисунок 1 – Отримання динамічного параметру підпису  $l(t)$

Була проведена програмна реалізація методу формування інваріантних ознак динаміки підпису на мові програмування Python у середовищі Visual Studio Code з використанням фреймворку Matplotlib. Програмний засіб будує графіки динамічних параметрів підпису (рис.2), кількісно оцінює їх інваріантність до геометричної мінливості [3].

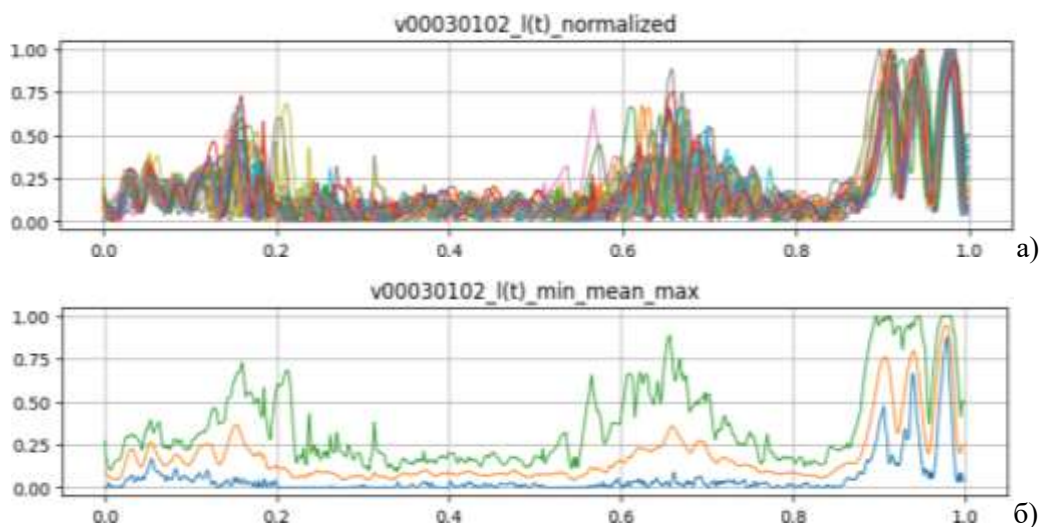


Рисунок 2 - Суміщений графік залежності введеного нами параметру  $l$  від часу для 25 справжніх підписів одного користувача: а) нормалізовані залежності, б) усереднена залежність та огинаючі

Було побудовано графіки відомих та запропонованих динамічних параметрів підпису, проаналізовано та кількісно оцінено інваріантність динамічних параметрів підпису до геометричної мінливості. Розроблений динамічний параметр підпису  $l(t)$  має в 1,34-1,5 рази (або на 34-50%) більшу інваріантність ніж параметри  $X(t)$  та  $Y(t)$ .

Для доведення більшої інваріантності обраних параметрів  $l(t)$  та  $\alpha(t)$ , ніж первинних параметрів  $X(t)$  та  $Y(t)$ , було використано базу даних підписів МСУТ-330 [3], яка є частиною бази даних підписів DeepSignDB [3]. У базі даних підписів МСУТ-330 є 330 користувачів, для кожного з яких є 25 його оригінальних підписів та 25 майстерно підроблених підписів.

Інваріантність до зсуву та повороту оцінювалась для нормалізованих по амплітуді і по часу динамічних параметрів підпису, оскільки саме вони підлягають подальшому процесу класифікації. Подальшу класифікацію ефективніше виконувати за допомогою спайкінгових нейронних мереж [4].

## Висновки

Таким чином, на основі проведеного аналізу розроблено та досліджено нові похідні динамічні ознаки підпису, що мають вищу інваріантність до геометричної мінливості підпису. Запропоновано метод, що обчислює нові динамічні параметри підпису на основі таких первинних параметрів як координати  $X$  та  $Y$  руху пера. Було розроблено структуру та алгоритм роботи програмного забезпечення формування інваріантних ознак динаміки підпису, на основі чого була проведена програмна реалізація запропонованого методу на мові програмування Python у середовищі Visual Studio Code з використанням фреймворку Matplotlib. Програмний засіб будує графіки динамічних параметрів підпису, кількісно оцінює їх інваріантність до геометричної мінливості. Розроблений динамічний параметр підпису  $l(t)$  має в 1,34-1,5 рази (або на 34-50%) більшу інваріантність, ніж параметри  $X(t)$  та  $Y(t)$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. В. Куцман і О. К. Колесницький, «ВЕРИФІКАЦІЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ПІДПISУ ЯК БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ОСНОВІ СПАЙКІНГОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ», ІТКІ, том 50, № 1, с. 36–44, Квіт 2021.
2. Vladislav Kutsman, Oleh Kolesnytskyj DYNAMIC HANDWRITTEN SIGNATURE IDENTIFICATION USING SPIKING NEURAL NETWORK / Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska – IAPGOS (Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection), Vol 11, No 3 (2021), pp. 34-39.
3. Куцман В. В., Колесницький О. К., Денисов І. К. «Дослідження внутрішньоперсональної та міжперсональної варіабельності динамічних параметрів підпису у процесі їх ідентифікації», OEIET, vol. 40 (2020), № 2, с. 15-20.
4. Neurocomputer architecture based on spiking neural network and its optoelectronic implementation / Oleh K. Kolesnytskyj; Vladislav V. Kutsman; Krzysztof Skorupski; Mukaddas Arshidinova, Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2019, 1117609 (6 November 2019); doi: 10.1117/12.2536607

**Гречкосій Давид Петрович** — студент групи 2КН-21м, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: 11davidg99@gmail.com.

**Кучевський Юрій Андрійович** — аспірант кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. email: yurii.kuchevskiy@gmail.com.

**Колесницький Олег Костянтинович** — доцент кафедри комп'ютерних наук ВНТУ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Grechkosiy Davyd P.** — MSc student, Department of Intelligent Information Technologies and Automatization, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: 11davidg99@gmail.com.

**Kuchevskiy Yurii A.** — PhD student of the Computer Science Dpt., Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: yurii.kuchevskiy@gmail.com.

**Kolesnytskyj Oleh K.** — docent of the Computer Sciences Dpt., Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.