УДК 004.93.1

М.М. Заяць
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж

МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ПЕРВИННИХ ОЗНАК ПРИ ПОБУДОВІ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ КОРИСТУВАЧІВ КОМП’ЮТЕРА

© Заяць М. М., 2009

Розглянуто підходи до формування первинних ознак при розпізнаванні користувачів комп’ютера на основі аналізу їх рукомоторних реакцій. Запропоновано метод формулювання цих ознак за допомогою вимірювання часових затримок при введенні інформації з клавіатури комп’ютера в реальному режимі часу. Застосування цього методу до побудови автоматизованої системи розпізнавання та ідентифікації користувача комп’ютера дало змогу підвищити ефективність розпізнавання майже в 1,5 раза та автоматизувати процедуру ідентифікації користувачів комп’ютера.

Ключові слова – автоматизована система розпізнавання та ідентифікації користувача.

In the article the proposed approaches to formulation of primary signs at recognition of users of computer on the basis of analysis of their hand motor reactions. The method of formulation of these signs is offered. Application of this method to construction of the automated system of recognition and user identification of computer allowed to increase efficiency of recognition almost in 1,5 times and to automate procedure of users authentication.

Keywords – automated system of recognition and user identification.

Постановка проблеми

Під час створення реальних пристроїв, дослідження фізичних явищ чи процесів, побудови систем розпізнавання, ідентифікації та захисту інформації, що забезпечують бажані характеристики інформаційного сигналу, доцільно виконати їх аналіз та комп’ютерне моделювання, створивши математичну модель розроблюваної системи. Такий підхід вимагає значно менших часових і технічних засобів порівняно з фізичним експериментом, особливо на попередній стадії розробки, коли система чи пристрій, що розробляється, відсутні.

Першим етапом процесу моделювання є формування первинних інформаційних ознак про об’єкт розпізнавання, встановлення їх пріоритету та затрат на визначення.

Останнім часом в нелінійній динаміці широко застосовують дискретні моделі систем [1–7, 18–20], для яких дискретність закладена в природі самого об'єкта досліджень, а не є наслідком дискретизації неперервної системи. Доцільність використання дискретних за своєю природою моделей пояснюється простотою їх математичного опису порівняно з неперервними моделями, наявністю істотно ширшого спектра динамічних режимів, порівняно з відомими моделями та гнучкою адаптованістю до постановки комп’ютерного експерименту.

Власне моделі, дискретні за своєю природою, застосовні як до побудови пристроїв, що мають бажані режими, так і до розпізнавання та ідентифікації таких режимів у системах зі складною динамікою і поведінкою, що дає змогу підвищити ефективність їх роботи та використовувати в інших прикладних задачах. Водночас різницеві моделі, які є наслідком дискретизації неперервних чи гібридних систем, мають значно вужчу сферу застосувань.

Вдалий вибір первинних інформаційних ознак під час побудови автоматизованих систем розпізнавання істотно впливає на ефективність їх роботи та практичне використання.

Цілі статті

Метою цієї статті є розроблення методу формування первинних ознак при розпізнаванні користувачів комп‘ютера з метою автоматизації процесу достовірної ідентифікації користувача комп‘ютера та його апробації на реальній комп‘ютерній системі розпізнавання, що працює в реальному режимі часу.

Виклад основного матеріалу

Аналіз основних результатів. При створенні інформаційних систем розпізнавання об’єктів та їх достовірної ідентифікації на початковому етапі необхідно забезпечити формування первинних інформативних ознак про об’єкт розпізнавання, визначити їх пріоритет та вибрати або розробити ефективні критерії розпізнавання та достовірної ідентифікації об’єктів та процесів.

Перші дослідження у галузі розпізнавання в нашій країні виконав А.А. Харкевич [9] – один з основоположників та фундаторів теорії інформації та сигналів. Значний внесок у розвиток теорії розпізнавання зробили В.М. Глушков, В.С. Міхалєвич, О.Г. Івахненко, Ю.І. Журавльов, Я.З. Ципкін, В.І. Васильєв, а у подальший розвиток теорії розпізнавання образів – У. Гарднер, Р. Дуда, Г. Себастіан, Дж. Ту, К. Фу, П. Харт, С. Ватанабе та інші.

Перші роботи з розпізнавання образів стосувалися теорії і практики побудови читальних автоматів (під образом розуміли знак, зображення, букву або цифру). Математичним апаратом для розв’язання задач розпізнавання з моменту їх виникнення була теорія статистичних розв’язків [10].

Сьогодні результати теорії статистичних розв’язків стали фундаментальною базою для побудови алгоритмів розпізнавання, що забезпечують віднесення об’єкта до його класу на підставі обробки експериментальних апостеріорних даних – інформаційних ознак, що характеризують об’єкт та апріорних даних (можливо і неповних), що описують класи об’єктів. Згодом математичний апарат теорії розпізнавання та ідентифікації розширився за рахунок використання методів алгебри логіки і деяких розділів прикладної математики, теорії інформації, математичного програмування і системотехніки [8, 11–13].

Під час розроблення будь-яких систем розпізнавання необхідний системний підхід, суть якого полягає в тому, щоб в умовах неминучих фінансових і технічних обмежень система розпізнавання забезпечила системі управління реалізацію потенціально можливої ефективності. Вибору чи створенню критеріїв розпізнавання повинна передувати процедура вимірювання первинних ознак процесу розпізнавання, встановлення пріоритету цих ознак та їх впливу на інтегральні характеристики досліджуваного процесу чи об’єкта. З математичного погляду опис такої системи має забезпечувати мінімальну похибку розпізнавання та достовірну ідентифікацію об‘єкта розпізнавання за певними ознаками та критеріями прийняття рішення.

Розпізнавання образів – порівняно молода галузь сучасної науки. Проте вона розвивається надзвичайно інтенсивно. Незважаючи на молодість, вже з десяток років існують та успішно використовуються комп’ютерні системи синтезу і розпізнавання людської мови (такі системи масово застосовують у стільникових телефонах). Серед перших великих досягнень цієї галузі – радіолокаційні системи стеження за літаками та наведення ракет, системи контролю і керування процесами в атомних реакторах, автоматичне розпізнавання друкованого тексту та інші. Завдяки досягненням мікроелектроніки системи розпізнавання образів використовуються у медичній діагностиці, для охорони стратегічних об‘єктів, автоматичного формування маршруту автомобіля, у побутовій електронній апаратурі.

Розглянемо коротко основні підходи до формування первинних ознак про особу, які могли б допомогти у її розпізнаванні:

- простий запит паспортних даних;
- аналіз відбитків пальців;
- сканування сітківки ока;
- аналіз голосу користувача;
- аналіз роботи користувача за клавіатурою комп‘ютера.

Перший підхід очевидний, але не завжди доступний. Методи аналізу відбитків пальців є добре розробленими, але необхідні спеціальні засоби для їх реалізації та спеціальної підготовки. Сканування сітківки ока є дорогим і виправданішим в медичних цілях, ніж з метою ідентифікації особи (окрім виняткових випадків). Можливий варіант отримання первинних ознак про людину – її голос. Але розвиток і створення систем у цьому напрямку ведеться надзвичайно інтенсивно і важко сьогодні уявити нову інформаційну систему розпізнавання особи на основі аналізу її голосу, яка би містила принципову новизну. Інший варіант, якого стосується ця робота, – це аналіз за роботою людини з клавіатурою комп'ютера. В літературі згадка про це є в [12], де автори описують не конкретну систему розпізнавання чи результати її випробовувань, а лише певні свої ідеї та міркування з цього приводу. Література з психології та прикладної лінгвістики підтверджує право на існування такого підходу для отримання первинної інформації про об'єкт розпізнавання. Варто зауважити, що цей підхід працюватиме добре лише для людини-оператора або такої людини, що постійно працює з комп'ютером і у якої сформовано специфічний умовний та орієнтовний рефлекси. Про зв'язок між сприйняттям тексту та рукомоторними діями згадується також в [14].

Метод формування первинних інформативних дискретних ознак. Суть методу полягає у тому, щоб забезпечити процедуру розпізнавання конкретного користувача під час роботи за клавіатурою комп'ютера. Деякі загальні міркування щодо створення такої системи подано в роботі [15].

Очевидно, для організації процесу розпізнавання у пам'ять комп'ютера необхідно ввести деякий текстовий файл з клавіатури комп'ютера для кожного із користувачів комп'ютера. У разі відсутності зразка об'єкт не розпізнається або пропонується створити новий клас об'єктів, задавши зразок почерку (власне кажучи, цей зразок можна використати для забезпечення санкціонованого доступу до ресурсів комп'ютера). Паралельно під час створення зразка за рукомоторними ознаками об'єкта формують інформаційну модель об'єкта, визначивши функції розподілу часових затримок при введенні інформації в комп'ютер. Як первинні інформаційні ознаки об'єкта запропоновано використовувати різні часові затримки при роботі об'єкта за клавіатурою комп'ютера. При ідентифікації об'єкта знову реалізуємо процедуру вибору або розроблення критеріїв прийняття рішення і на основі цих критеріїв [15–17] приймаємо рішення про зарахування об'єкта до певного класу. У разі неоднозначного рішення можна застосувати функції відстані (детермінований підхід) й однозначно вибрати клас (з найменшим середньоквадратичним відхиленням ознак).

Відзначимо, що різні інформаційні ознаки можуть мати різний пріоритет, який також необхідно встановити аналітично або за допомогою комп'ютерного моделювання. Для реалізації цієї мети запропоновано скористатися методом послідовних наближень, який описано в роботі [12]. Встановити пріоритет кожної із первинних ознак можна експериментально, що запропоновано в роботі [18]. Суть цього підходу полягає у моделюванні процесу розпізнавання при заданні однієї ознаки з послідовною заміною її на інші і видаленням попередньої. Порівнюючи результати розпізнавання, можна чітко встановити пріоритет кожної із ознак та її комбінацій по дві, три доти, доки не буде досягнута мінімальна похибка розпізнавання. З метою підвищення ефективності системи доцільно відсікати непрогнозовані хаотичні рухи руки особи шляхом попередньої фільтрації інформації, що вводиться користувачем в режимі реального часу, створюючи тим самим неперервні послідовності (набори) символів, які вводить користувач комп'ютера.

У роботі [10–12] сформульовано і проаналізовано велику кількість характеристик. Наведемо найінформативніші та доступні для швидкого формування. Отже, для побудови системи розпізнавання особи за її рукомоторними реакціями було вибрано такі характеристики з урахуванням їх інформаційного пріоритету:

1) відносна девіація паузи перед клавішем – розподіл відносних відхилень паузи перед певним клавішем до середнього значення паузи перед всіма клавішами у заданій неперервній послідовності набору;

$$DevB = \frac{t_i - t_{cp}}{t_{cp}} \cdot 100\%., \quad (1)$$

де t_i – тривалість паузи перед i-м клавішем, t_{cp} – середня тривалість паузи перед клавішами в послідовності набраного тексту.

2) відносна девіація утримання клавіша – розподіл відносних відхилень тривалості утримання натиснутим цього клавіша до середньої тривалості утримання клавіша у заданій неперервній послідовності

$$DevP = \frac{t_i - t_{cp}}{t_{cp}} \cdot 100\% \cdot \quad (2)$$

3) відносна девіація паузи після клавіша – аналогічна до попередньої характеристики:

$$DevA = \frac{t_i - t_{cp}}{t_{cp}} \cdot 100\%; \quad (3)$$

4) відношення величини паузи перед клавішем до тривалості утримання клавіша;

5) відношення величини паузи перед клавішем до величини паузи після клавіша;

6) відношення величини паузи після клавіша до тривалості утримання клавіша;

7) розподіл частот використання клавіш зміни регістра:

до таких клавіш належать LShift, RShift, CapsLock. Річ у тім, що кожен з них під час набору тексту має однакове функційне призначення – вибір потрібного регістру наступного символа клавіша. Вибирати, яким з них користуватися – особиста справа кожного. Ця характеристика описує одну із звичок користувача. Оскільки CapsLock фіксує вибраний регістр, то він натискається (здебільшого) двічі. Другий раз – щоби повернутися до попереднього регістра. Отже, на одну зміну регістра ми маємо, як правило, два натискання CapsLock. Тому, щоби збалансувати частоти, кількість натискань LShift та RShift множать на два.

Характеристики 1 – 6 формуються для кожного клавіша зокрема. Зрозуміло, що вони мають недолік: інтервал часу, пов‘язаний з конкретним клавішем, розглядається незалежно від клавіш, які натискалися до та після нього. Тому можна розглянути також такі характеристики:

8) розподіл відносних відхилень утримання першого клавіша у двоклавішних комбінаціях;

9) розподіл відносних відхилень утримання другого клавіша у двоклавішних комбінаціях;

10) розподіл відносних відхилень паузи перед другим клавішем у двоклавішних комбінаціях.

Характеристики 8 – 10 точніше передають особливості набору, але мають інший (істотний) недолік: для їх отримання необхідно мати у кілька разів більший набір, ніж для одержання попередньої групи характеристик. Тому їх дослідження та використання стримується порівняно великим часом введення тексту людиною.

Зазначимо, що ми маємо справу з ймовірнісними ознаками, а не детермінованими. Це означає, що неможливо класифікувати людину лише на підставі того, який клавіш вона натиснула чи як це зробила. Один дослід не може дати необхідної інформації для розпізнавання, оскільки залежить від великої кількості факторів, що впливають на людину у конкретний момент часу. Велика ж кількість дослідів дає змогу виявити закономірність у випадковості з доволі великою точністю.

Характеристики наступної групи є абсолютними і визначаються після *n*-ї кількості дослідів:

11) абсолютна пауза перед клавішем:

$$AbsB = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} tAbsB_i \quad , \quad (4)$$

де $tAbsB_i$ – абсолютна (вимірюється мілісекундами) тривалість паузи перед цим клавішем у i -му досліді.

12) абсолютна тривалість утримання клавіша:

$$AbsP = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} tAbsP_i \tag{5}$$

13) абсолютна пауза після клавіша:

$$AbsA = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} tAbsA_i \ ; \tag{6}$$

14) дисперсія пауз перед клавішем

$$DisB = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (tAbsB_i - AbsB)^2 \ ; \tag{7}$$

15) дисперсія утримання клавіша

$$DisP = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (tAbsP_i - AbsP)^2 \ ; \tag{8}$$

16) дисперсія пауз після клавіша

$$DisA = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (tAbsA_i - AbsA)^2 \ ; \tag{9}$$

17) розподіл “миттєвих” швидкостей у наборі:

визначається як усереднена швидкість набору певного клавіша разом із попереднім та наступним. Очевидно, що така швидкість розглядається лише в межах неперервних послідовностей. Вказане усереднення дає змогу говорити не про швидкість набору клавіша, а про швидкість набору послідовності літер. Але включення великої кількості клавіш забезпечує усереднене (змазане) значення. Зрозуміло, що таку характеристику краще розглядати у зв’язку зі змістом тексту, що значно ускладнює аналіз.

Ще одна характеристика, що має особливе значення:

18) особливості перекриття звичайних клавіш:

розглядаються відношення середніх величин $\frac{t_1}{t_2+t_3}$ і $\frac{t_2}{t_2+t_3}$ згідно з рис. 1. Така ситуація виникає, якщо людина набирає текст швидше, ніж вміє. Вона натискає наступний клавіш раніше, ніж відпускає попередній.

Розглянуто також додаткові статистичні характеристики

19) наявність залежності між миттєвою швидкістю і положенням певного клавіша у слові, а не лише тим, який це клавіш. Для прикладу, початок слова набирається швидше, а кінець – повільніше;

20) наявність великих пауз (всередині слова/ після слова перед пропуском/ після слова після пропуску/ одна пауза на кілька слів);

21) пропуск певних букв у певних буквосполученнях/словах;

22) опечатки певних букв у певних буквосполученнях/словах;

23) залежність друку від смислового наповнення (цифри набираються швидше від літер або навпаки, голосні букви – швидше від приголосних або навпаки, описовий текст – швидше від процедурного або навпаки).

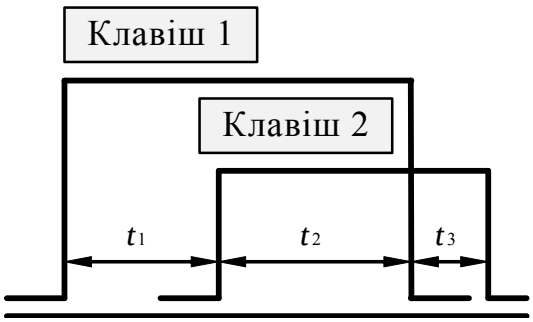

Рис. 1. Особливості перекриття клавішів

Після дослідження кожної із наведених 23 характеристик, які детально розглянуті, виявилося, що найінформативнішими є перші сім характеристик. Зазначимо, що дослідження похибки розпізнавання (за допомогою комп‘ютерного моделювання виконувалося і для абсолютних значень відзначених часових характеристик та відношень їх абсолютних величин при введенні символів в реальному режимі часу. Розглядалися варіанти випадкових комбінацій пар клавіш та час їх утримання та відповідні паузи. У всіх розглянутих випадках похибка розпізнавання, порівняно з використанням характеристик 1–6, зростає від 10 % до 35 %.

Характеристики 1–6 формувалися для кожного клавіша, що був задіяний у наборі. Щоби спростити процедуру встановлення пріоритету характеристик під час побудови системи, прийнято рішення об’єднати перші шість характеристик у групи, оскільки це значно зменшує їх кількість (а в межах групи можна розглядати їх як еквівалентні). На спосіб групування характеристик безпосередньо впливає вибраний метод їх зіставлення.

У першому варіанті побудови системи розпізнавання для реалізації процедури ідентифікації було використано функції відстані. Оскільки вага характеристик кожної групи могла бути різною, то відстані обчислювались окремо для кожної з груп характеристик. Відстань між класами Ω і Z в межах кожної групи характеристик обчислюється за формулою середнього квадратичного відхилення:

$$Dist(l) = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(m_i^{\Omega} - m_i^{Z} \right)^2}, \qquad (10)$$

де m_i – середнє значення вибірки i-ї характеристики певної групи класу Ω, $Dist(l)$ – відстань між класами за групою характеристик λ.

Відстані вимірюються між середніми значеннями, оскільки середнє може бути оцінено вже після порівняно невеликої кількості дослідів (10–20), що є важливим для зменшення об’єму тексту, що набирається об‘єктами розпізнавання.

Групи характеристик 1–6 нееквівалентні за якістю рішень, що приймаються на їх основі. Перед об’єднанням результатів для прийняття рішення за розпізнаванням необхідно збалансувати ваги груп між собою. Баланс характеристик здійснений обернено пропорційно до ймовірностей допустити помилку другого роду (коли два об’єкти різних класів розпізнаються як такі, що належать до одного класу) для кожної з груп характеристик зокрема: $1/p_1$: $1/p_2$: $1/p_3$: $1/p_4$: $1/p_5$: $1/p_6$: $1/p_7$. Експериментально було отримано відношення ваг груп 1–7 як 4:12:8:6:5:2:6 відповідно. Недоліком системи на основі функцій відстані є те, що вона принципово не може визначити ймовірність правильності або неправильності рішення з розпізнавання. Кожний сторонній користувач буде схожий на того чи іншого зареєстрованого користувача системи.

Розроблений другий варіант побудови системи розпізнавання ґрунтується на використанні методу довірчих інтервалів. Для перевірки гіпотези про приналежність пари об’єктів одному класу перевіряються гіпотези про рівність середніх значень розподілів [17] всіх характеристик кожної групи. Для цього обчислюються значення середнього a та вибіркового стандарту s за формулами:

$$a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i \tag{11}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - a)^2} \tag{12}$$

Для розрахунку довірчих інтервалів враховується закон розподілу середнього значення:

$$f\left(x_{cp}\right) = \frac{\sqrt{n}}{s \cdot \sqrt{2p}} \cdot e^{-\frac{n}{2 \cdot s^2} \cdot (x_{cp} - x_0)} \tag{13}$$

Для вибірок малого об'єму оцінка середнього значення уточнюється за допомогою розподілу Стьюдента [17], за яким розподілена величина $u = \frac{a - m}{s_{cp}}$. Його густина розподілу задається формулою:

$$S(u,n) = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right) \cdot \sqrt{p \cdot n}} \cdot \left(1 + \frac{u^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}} \tag{14}$$

Нехай під час порівняння пари відповідних розподілів ми допускаємо помилку першого роду P_a, а всього порівнюємо N таких пар. Отже, логічно припустити, що інтегральна характеристика групи класу й об'єкта збігається з ймовірністю $\geq 1 - P_a$, якщо кількість непідтверджених гіпотез N_a не перевищує числа $P_a \cdot N$, у іншому випадку вважаємо що об'єкт не належить класу. Такого типу (так/ні) результат ми отримаємо для кожної з шести груп характеристик. Як і у випадку системи на основі функції відстані, ці групи нееквівалентні за якістю рішень, що приймаються на їх основі. Кожна з них має певну ймовірність помилки другого роду.

На основі практичних експериментів з розпізнавання з кожною групою характеристик досліджувалися помилки другого роду. Окремі гіпотези система перевіряла з рівнем значущості $a = 0.05$. Так були одержані ймовірності помилок другого роду 35 %, 13 %, 20 %, 27 %, 32 %, 78 %. Ймовірності помилок були отримані для порівняно невеликої кількості експериментів з ідентифікації (105 експериментів). Для великої групи людей ймовірності помилок можуть дещо відрізнятися від наведених.

Під час тестування розробленої системи на досліджуваних об'єктах була допущена лише одна помилка на 22 розпізнавання (запропоновано два схожі на об'єкт класи, один серед яких був правильний).

Наближена оцінка помилки – прийняття об'єкта одного класу за об'єкт іншого – не перевищує 35 % за наявності 200 зареєстрованих у системі класів.

Система розпізнає зареєстрованого користувача після набору ним 5–8 речень по 60 знаків кожне, тобто після введення 300–500 знаків. За достатньої кваліфікації користувача (швидкість набору тексту 200 знаків на хвилину) система розпізнає користувача, який набирає замість завдання довільний текст. В ряді випадків зареєстровано розпізнавання особи при наборі тексту англійською мовою. Це характерно для висококваліфікованого користувача (швидкість набору тексту більше ніж 300 символів на хвилину), коли ймовірність хаотичних рухів руки від усталеного часового режиму є малоймовірною.

З метою підвищення точності розпізнавання запропоновано опрацьовувати не весь текст, який вводить користувач, а формувати та аналізувати неперервні послідовності тексту, які задовольняють середньостатистичні характеристики часу утримання клавіша та пауз до і після утримання клавіша. Такий підхід дає змогу відсікти непередбачувані та непрогнозовані рухи руки

користувача, які пов‘язані з його неуважністю, відволіканням на інші справи. Отримані результати статистичних випробувань підтвердили покращання точності розпізнавання практично в 1,5 раза для всіх зареєстрованих користувачів системи.

Ці результати вповні узгоджуються з результатами, які отримані в роботах [1, 15, 19] і дають змогу відсікати будь-які хаотичні рухи, якщо час формування неперервної послідовності літер дорівнює або кратний основному періоду коливного процесу (періоду утримання клавіша з урахуванням пауз до і після утримання).

Перспективи застосування та переваги систем розпізнавання та ідентифікації користувачів комп‘ютера. Результати наведеного аналізу комп’ютерної системи ідентифікації користувача комп’ютера підтверджують доцільність використання дискретних моделей для вирішення широкого класу прикладних проблем, пов’язаних з розпізнаванням складних динамічних режимів, що спостерігаються в об’єктах складної динамічної нелінійної природи. Завжди, коли з апріорних міркувань можна визначити елементи матриці переходу станів для двох змінних, то коливну систему будь-якого порядку можна подати у дискретному вигляді [7]. Застосування цього підходу до опису системи ідентифікації користувача комп’ютера підвищило достовірність розпізнавання в 1,5 раза. Вдалий вибір для функцій зміни амплітуд часових затримок дає змогу не лише ефективно реалізовувати процедуру розпізнавання, але й аналізувати психофізіологічний стан користувача комп’ютера і передбачати появу того чи іншого слова на екрані монітора. Отже, ця система може бути ефективно застосована і до розв’язання задач медичної діагностики при створенні біометричних вимірювальних систем.

Крім суто науково-дослідницького інтересу, ця система потенційно має практичне застосування. Розроблений метод формування первинних ознак та відсікання небажаних рухів можна використовувати у таких програмно-апаратних комплексах:

1) багатокористувацькі системи роботи з базами даних;
2) обмеження доступу до даних і комп’ютера (на рівні BIOS);
3) захист важливих об’єктів військового та цивільного призначення;
4) діагностика психологічного стану людини-оператора. Наприклад, аналізатор стресу, вплив транквілізаторів, визначення фізичного стану тощо.

Переваги системи розпізнавання особи за рукомоторними ознаками над іншими системами обмеження доступу до інформації (пароль/ ключ/ пристрій зчитування відбитків пальців/ розпізнавання рис зображення обличчя тощо) такі:

1) не потрібно пам’ятати пароль доступу (після налаштування системи на людину пріоритетними стають не послідовність знаків пароля, а особливості роботи людини за комп’ютером під час виконання тестового чи будь-якого іншого завдання);
2) неможливо увійти у систему сторонній особі, навіть якщо вона заволоділа паролем доступу або спостерігала за роботою іншого користувача системи;
3) можливість системи запам’ятати “почерк” роботи зловмисника для подальшого його викриття (наприклад, працівника установи, котрий працював не на своєму робочому місці);
4) у надзвичайних ситуаціях, коли особі погрожують або змушують відкрити доступ до об’єкта, система здатна визначити зміну психічного стану людини (наприклад, стресову ситуацію) і увімкнути сигнал тривоги;
5) практично нульові додаткові витрати на апаратну частину системи: клавіатура вже входить до складу комп’ютера, а програмування мікросхеми BIOS спеціальною програмою не впливає на вартість процесу програмування.

Висновки

У роботі описано підхід до формування первинних ознак з метою побудови ефективної автоматизованої системи розпізнавання та ідентифікації користувача комп’ютера. Розроблено метод формування первинних ознак при побудові комп‘ютерної системи розпізнавання користувачів комп‘ютера на основі використання дискретних моделей, що пов’язують тривалості пауз до і після натискання клавіш комп‘ютера з часом утримання клавіша при введенні інформації з

клавіатури комп'ютера та відсікає всі небажані рухи руки. Визначено основні напрями розвитку автоматизованих систем розпізнавання об'єктів та процесів, побудованих на основі дискретних моделей, вказано сфери їх доцільного застосування.

1. Заяць В. М. Методи, алгоритми та програмні засоби для моделювання та аналізу динаміки складних об'єктів та систем на основі дискретних моделей / В. М. Заяць. – Львів: Новий світ 2000, 2009. – 400 с. Платонов А. В. Використання експертних ситуативних моделей у сфері державної безпеки. /А. В. Платонов, І. В. Баклан, К. В. Крамер // Зб. праць міжнар. наукової конф. ISDMCI' 2008. Євпаторія. – 2008. – Том 1, – С. 39–43. 3. Динамика одномерных отображений / А.Н. Шарковский, С. Ф. Коляда, А. Г. Сивак, В. В. Федоренко. – Киев: Наук. думка,1989.– 216 с. 4. Заяць В. М. Перспективні напрямки розвитку та застосування систем розпізнавання та ідентифікації об'єктів і процесів на основі дискретних моделей коливних систем / В.М Заяць, М. М. Заяць // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Інформаційні системи та мережі". – 2008.– № 610. – С.137–147. 5. Заяць В. М. Построение и анализ модели дискретной колебательной системы / В. М. Заяць // Кибернетика и системный анализ. – 2000. – С. 161–165. 6. Заяць В. М. Моделі дискретних коливних систем / В. М. Заяць // Комп'ютерні технології друкарства. – 1998. – С.37–38. 7. Заяць В. М. Аналіз динаміки та умов стійкості дискретних моделей коливних систем /В. М. Заяць // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Інформаційні системи та мережі". – 2004.– № 519. – С.132-142. 8. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение / Г. Шустер; пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 240 с. 9. Заяць В. М. Алгоритмічне та програмне забезпечення системи розпізнавання людини за її рукомоторними реакціями. /В. М. Заяць, О. О. Уліцький // Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології". – 2000. – № 392. – С.73–76. 10. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания / К. Фукунага. – М.: Наука, 1979. – 512 с. 11. Горелик А. Л. Методы распознавания. / А.Л. Горелик, В. А. Скрипник. – М.: Высшая школа, 1989. – 232 с. 12. Дуда Р. Распознавание образов и анализ сцен. / Р. Дуда, П. Харт – М.: Мир, 1976.– 512 с. 13. Конопка Р. Создание оригинальных компонент в среде Delphi: / Р. Конопка, пер. с англ. – К.: НИПФ – "Диа Софт Лтд.", 1996. – 512 с. 14. Заяць В.М. Математичний опис системи розпізнавання користувача комп'ютера / В.М Заяць, М. М. Заяць // Зб. "Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології". – Львів. – 2005. – Вип. 1. – С. 146–152. 15. Заяць В. М. Підходи до побудови систем захисту інформації від несанкціонованого доступу / В.М Заяць, М. М. Заяць // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Інформаційні системи та мережі". – 2008. – № 631. – С.138–147. 16. Березин И. С. Методы вычислений / И. С. Березин, Н. П. Жидков. – М.: Физматиздат, 1962. – 639 с. 17. Заяць В. М. Визначення пріоритету детермінованих ознак при побудові системи розпізнавання об'єктів / В.М. Заяць, О.І. Шокира // Зб. праць науково-практичної конф. ЛДІНТУ імені В. Чорновола "Математичне моделювання складних систем". – 2007. – С.135–137. 18. Заяць В. М. Приведення неперервної автоколивної системи до дискретної моделі та спрощення її аналізу / В. М. Заяць // Відбір і обробка інформації. – 2005. – Вип. 23 (99). – С. 35–39. 19. Zayats V. Statistic Results of Recognition Structural Method of Written Text by hand / V. Zayats, M. Zayats, D. Ivanov // Pros. of the Xth International Conf. "The experience of designing and application of CAD systems in microelectronics". – Lviv-Polyana. – 2009. – P. 494–496.