



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **100175** (13) **C2**
(51) МПК (2012.01)
G06K 9/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

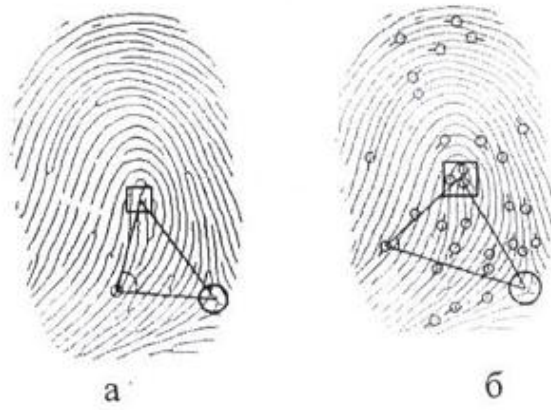
<p>(21) Номер заявки: а 2011 02649</p> <p>(22) Дата подання заявки: 09.03.2011</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 26.11.2012</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 10.09.2012, Бюл.№ 17</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.11.2012, Бюл.№ 22</p>	<p>(72) Винахідник(и): Сироватченко Сергій Геннадійович (UA), Скляр Ольга Ігорівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166, Україна (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2054197 C1; 10.02.1996 WO 8701224; 26.02.1987 RU 2306601 C1; 20.09.2007 RU 2310910 C1; 20.11.2007 RU 2360286 C2; 27.06.2009 US 7346197 B2; 18.03.2008 US 20070297653 A1; 27.12.2007 US 20070230754 A1; 4.10.2007 RU 2185660 C2; 20.07.2002 RU 2321057 C1; 27.03.2008 RU 2298828 C1; 10.05.2007 CN 101149787 A; 26.03.2008</p>
--	---

(54) СПОСІБ КОДУВАННЯ ПАПІЛЯРНОГО УЗОРУ ВІДБИТКА ПАЛЬЦЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ

(57) Реферат:

Спосіб кодування папілярного узору відбитка пальця для ідентифікації особистості належить до біометрії, а саме до галузі безпеки життєдіяльності людини, та може використовуватись для ідентифікації особистості за відбитком пальця. Спосіб дозволяє: формувати папілярний скелет, на якому визначаються локальні (точки закінчення та розгалуження) та глобальні ("ядро" і "дельта") особливості. Визначати між глобальними особливостями метричну відстань. Побудувати з кожної характерної точки вектор, дотичний до папілярної лінії. Сканувати папілярний узор шляхом обертання проти годинникової стрілки навколо вибраного центру та визначати координати та тип для кожної локальної точки, яка зустрічається при скануванні. Визначати внутрішній кут між знайденою локальною особливістю, ядром та дельтою. Технічним результатом є можливість формувати шаблон, стійкий до поворотів та зміщень, що забезпечує більш точну ідентифікацію особистості при повному та неповному відбитку пальця.

UA 100175 C2



Фіг. 11

Визначення внутрішнього кута локальної особливості (а - принцип, б - серед масиву особливостей)

Винахід належить до галузі безпеки життєдіяльності людини. Може використовуватись для забезпечення прикладної безпеки для підвищення точності і надійності ідентифікації особистості людини шляхом формування шаблону стійкого до поворотів і зміщень за рахунок перевірки наявності локальних і глобальних особливостей на папілярному узорі відбитку пальця.

Є відомим спосіб кодування папілярного узору відбитка пальця (Патент США WO/1987/001224 A1, IPC G06K9/00, 'Fingerprint recognition and retrieval system', опуб. 26.02.1987), в якому на відбитку пальця вибирають центр обертання лінії сканування, який розташовують в "центрі" ("ядрі") відбитка, радіально сканують папілярний узор за його особливостями, визначаючи топологічні характеристики узору навколо цих особливостей шляхом присвоєння заздалегідь деякого коду кожній з особливостей узору в залежності від типу особливості, потім відносно початкової лінії сканування, яка проходить через центр відбитка визначають кутові координати лінії сканування, яка по чергово проходить через кожну особливість узору, радіальні відстані і рахунок гребенів між центром обертання лінії сканування і зустрінутими в процесі сканування особливостями. В результаті такого кодування отримують числовий код, який з деяким ступенем однозначності описує папілярний узор пальця.

Однак цей спосіб має обмежені можливості при кодуванні папілярного узору при неповному відбитку пальця, коли немає можливості однозначно виділяти точне місцезнаходження "ядра", яке має бути прийняте за центр сканування, тобто інформативність такого шаблону буде зменшена, і точність ідентифікації особистості також буде зменшена, а це підвищує вірогідність того, що особистість, яку ідентифікують, має виконати додаткові дії з точного позиціонування пальця на пристрої зчитування відбитка, що підвищує психоемоційну напругу, пов'язану з процедурою формування шаблону відбитка пальця.

Найбільш близьким за сукупністю ознак є спосіб кодування відбитка папілярного узору (Патент РФ № 2054197 "Способ кодирования отпечатка папилярного узора", МПК7 G06K9/46, опубл. 10.02.96), за яким спосіб кодування відбитка включає в себе виділення на папілярному узорі всіх характерних точок числом n , визначення напрямку вигину та кривизни папілярних ліній, які утворюють кожну характерну точку, проведення з кожної характерної точки вектора по дотичній до папілярної лінії, яка утворює цю характерну точку, вибір однієї з характерних точок за центр обертання лінії сканування, початкове положення якої співпадає з вектором, який проведено з вибраної характерної точки, сканування папілярного узору шляхом обертання лінії сканування навколо вибраного центру обертання, визначення кутових координат відносно початкового положення лінії сканування для кожної характерної точки, яку зустріли в процесі сканування, визначення кута від початкового положення лінії сканування до проведеного через зустрінуту характерну точку вектора, визначення метричної відстані і числа гребневих ліній папілярного узору між вибраним центром обертання лінії сканування і зустрінutoю характерною точкою, повторення всіх операцій по скануванні папілярного узору $n-1$ раз при виборі за центр обертання лінії сканування нової характерної точки, при чому для кожної характерної точки папілярного узору визначають масштабну характеристику характерної точки як середню відстань між папілярними лініями поблизу даної характерної точки, після чого визначають метричні відстані з врахуванням масштабної характеристики, а також топологічні характеристики папілярного узору у вигляді (а) напрямку відносно папілярної лінії з центром обертання лінії сканування інших папілярних ліній, які утворюють $n-1$ характерну точку, (в) розташування кожної з $n-1$ характерних точок відносно папілярної лінії з центром обертання лінії сканування, (с) типів всіх характерних точок і (d) топологічного зміщення характерних точок відносно центра обертання лінії сканування. У цьому способі додатково визначають загальну масштабну характеристику папілярного узору як середню арифметичну величину масштабних характеристик всіх характерних точок папілярного узору, вздовж основи якого орієнтують вісь абсцис прямокутної системи координат, вісь ординат якої проводять через середину цієї основи і визначають в цій прямокутній системі координат положення кожної характерної точки і кут від осі абсцис до вектора, який дотичний в даній характерній точці до утворюючої її папілярної лінії, додатково кодують внутрішні особливості "дельта" і "центр" будови папілярного узору, по кількості і положенню яких визначають заздалегідь заданий тип папілярного узору і координати вказаних особливостей, для особливості "центр" визначають кут від осі абсцис до вектора, який проведено по нормалі до дотичної внутрішньої петлеподібної папілярної лінії особливості "центр" у точці її найбільшої кривизни і направлено від цієї точки всередину вказаної петлеподібної папілярної лінії, крім того, визначають метричні відстані з врахуванням загальної масштабної характеристики папілярного узору і число гребневих ліній між особливостями "дельта" і "центр" побудови папілярного узору.

Недоліком прототипу є те, що при неповному відбитку папілярного узору або малій площі відбитка, який ідентифікується, значно знижується кількість особливостей, що тягне за собою зниження інформативності отриманого шаблону, але в той же час пред'являє високі вимоги до розрізнювальної здатності пристрою для зчитування відбитків.

5 В основу винаходу у способі кодування папілярного узору відбитка пальця поставлено задачу підвищення точності ідентифікації шляхом пошуку і виділення локальних і глобальних папілярних особливостей та визначення метричної відстані між глобальними особливостями, яка є основою трикутника для визначення кута, який лежить проти цієї основи, та утворений цієї локальною особливістю, "ядром" та "дельтою", визначені кути формують шаблон, стійкий до поворотів та зміщень, що дозволяє однозначно кодувати папілярний узор відбитка пальця.

Ця задача вирішена наступним чином.

У способі кодування папілярного узору відбитка пальця для ідентифікації особистості виділяють на папілярному узорі всі характерні точки числом n , проводять з кожної характерної точки вектор по дотичній до папілярної лінії, яка утворює цю характерну точку, вибирають центр сканування, сканують папілярний узор, визначають масштабну характеристику папілярного узору, визначають типи всіх характерних точок і топологічне розміщення характерних точок, кодують внутрішні особливості "дельта" і "ядро" будови папілярного узору і координати вказаних особливостей, визначають метричну відстань папілярного узору між особливостями "дельта" і "ядро", згідно з винаходом, додатково у відбитку мінімізуються шуми шляхом застосування фільтра Габора, формуються папілярний скелет, з якого виключають спотворення та пусті зони, після чого, на скелеті визначають глобальні особливості "ядро" і "дельта" і локальні особливості, а саме точки закінчення і розгалуження особливості, локальні особливості отримують при спіральному скануванні папілярного узору проти часової стрілки з кроком зміщення Δ , починаючи з "ядра", або центру, відбитка, визначена між глобальними особливостями базова метрична відстань є основою трикутника для визначення кута, який лежить проти цієї основи, та утворений кожною знайденою локальною особливістю, "ядром" та "дельтою", визначаються ці кути, визначаються відстані від локальної особливості до "ядра" та "дельти", визначена базова відстань та визначені кути формують шаблон, стійкий до поворотів та зміщень, у якому базова відстань є критерієм входження в заданий діапазон базових метричних відстаней у сукупності шаблонів зі встановленою похибкою δ , встановлюють поріг мінімального числа локальних особливостей Ω , які слід детектувати при ідентифікації особистості, цей поріг визначає ступінь однозначності ідентифікації особистості, у випадку відсутності на скелеті відбитка "ядра" або "дельти", поріг мінімального числа локальних особливостей, які слід детектувати, подвоюють - 2Ω .

35 На фіг. 1 зображено початкові відбитки пальця (а - повний відбиток, б - неповний відбиток), де □ - "ядро", О - "дельта".

На фіг. 2 зображено відфільтровані відбитки (а - повний, б - неповний).

На фіг. 3 зображено скелети відбитків (а - повний, б - неповний).

40 На фіг. 4 зображено вибір центру сканування на скелеті відбитку (а - повному, б - неповному).

На фіг. 5 зображено принцип сканування скелета відбитка по спіралі проти годинникової стрілки (а - повного, б - неповного).

На фіг. 6 зображено пошук локальних особливостей на скелеті відбитка (а - повному, б - неповному, в - зміщеному).

45 На фіг. 7 зображено вид локальної особливості "закінчення" на папілярному узорі.

На фіг. 8 зображено вид локальної особливості "роздвоєння".

На фіг. 9 зображено вид фальшивої локальної особливості "обрив".

На фіг. 10 зображено вид локальної особливості "поріз".

50 На фіг. 11 зображено визначення внутрішнього кута локальної особливості (а - принцип, б - серед масиву особливостей).

На фіг. 12 зображено формування одного шаблону.

На фіг. 13 зображено вид сформованого шаблону.

На фіг. 14 зображено принцип визначенні пустих та спотворених зон.

55 Суть способу кодування папілярного узору відбитка пальця для ідентифікації особистості є наступною. З графічного файла, у якому є відбиток пальця отримують зображення папілярного узору (фіг. 1), мінімізують шуми фільтром Габора (фіг. 2), отримане зображення перетворюють у чорно-білий примітив шляхом попіксельної перевірки папілярного узору, у випадку, коли колір піксела відповідає $\frac{1}{2}$ та більше розрядності кольорової гама у градаціях сірого, то йому присвоюється чорний колір, в іншому випадку, йому присвоюється білий колір, в отриманому зображенні, шляхом звуження до центра лінії, уточнюють до 1 піксела ширину папілярних ліній

(ребер), в результаті цього утворюється скелет (фіг. 3), на якому визначають масштабну характеристику, для аналізу скелет розбивають на 25 рівномірних квадратних зон (фіг. 14), на краях відбитка виключають спотворені та пусті зони, на отриманому скелеті виділяють глобальні особливості "ядро" та "дельту", при успішному знаходженні "ядра" і "дельти" між ними

5 визначають базову метричну відстань за формулою евклідової відстані

$$d = \sqrt{(\text{core}(x) - \text{delta}(x))^2 + (\text{core}(y) - \text{delta}(y))^2}$$

, де $\text{core}(x)$, $\text{core}(y)$ - координати "ядра", а $\text{delta}(x)$, $\text{delta}(y)$ - координати "дельти", за центр сканування вибирається "ядро" (фіг. 4), при детектуванні на відбитку більше одного "ядра" та "дельти" вибирається та пара "ядро" - "дельта", у якій базова метрична відстань найменша, починаючи з "ядра", сканують спірально

10 проти часової стрілки (фіг. 5) папілярний скелет з кроком зміщення Δ , цей крок є мінімальною відстанню, яка є необхідною для точної ідентифікації локальної особливості і дорівнює τ пікселам, у випадку відсутності "ядра" за центр сканування приймають абсолютний центр скелета відбитка, проводять пошук всіх характерних точок числом n (фіг. 6), причому у місцях, де скелетні лінії обриваються не на краю папілярного узору, визначають закінчення (фіг. 7),

15 якщо відстань $\sqrt{(A(x) - B(x))^2 + (A(y) - B(y))^2} > \Delta$, де $A(x, y)$ - координати точки обриву, а $B(x, y)$ - координати вірогідної точки продовження папілярного узору, якщо при скануванні детектується роздвоєння (фіг. 8), то визначена відстань за вказаною формулою перевіряється на умову $\sigma > 15^\circ$, де σ - кут відгалуження наступної папілярної лінії, при виявленні фальшивих локальних

точок (фіг. 9), або порізів (фіг. 10) відстань $\sqrt{(A(x) - B(x))^2 + (A(y) - B(y))^2} < \Delta$, всі знайдені

20 локальні особливості нумерують, при знаходженні характерної папілярної точки проводять з кожної такої точки вектор по дотичній до папілярної лінії, яка утворює цю характерну точку, визначають відстань від кожної локальної особливості до "ядра" - d_{core} та "дельти" - d_{delta} , та кут між цими двома прямими, почергово вибирають кожну з характерних точок за центр сканування, визначають типи всіх характерних точок і топологічне розміщення характерних

25 точок (фіг. 6), визначена базова відстань та визначені кути формують шаблон (фіг. 11, фіг. 12), стійкий до поворотів та зміщень, у якому базова відстань є критерієм входження в заданий діапазон базових метричних відстаней у сукупності шаблонів з похибкою δ , знайдені локальні особливості представляють матрицею, рядок якої матиме інформацію по i -тій локальній особливості і матиме вид $f_i = [x_i, y_i, t_i, d_{\text{core}}, d_{\text{delta}}, \beta]$, де x_i, y_i - координати локальної особливості, t_i - тип особливості "закінчення" або "роздвоєння", d_{core} - метрична відстань від локальної особливості до "ядра", d_{delta} - метрична особливість від локальної особливості до "дельти", β - кут між метричними відстанями до "ядра" та "дельти", у випадку, коли на відбитку відсутні "ядро" або "дельта", то відповідні параметри $d_{\text{core}}, d_{\text{delta}}, \beta$ матриці набувають значення нуля, після формування n матриць локальних особливостей створюється опорний шаблон, який має вид

30 $F = (f(n), \text{core}, \text{delta}, d)$, де $f(n)$ - набір матриць локальних особливостей, core - координати "ядра", delta - координати "дельти", d - базова метрична відстань між "ядром" і "дельтою", у випадку неможливості визначення $\text{core}, \text{delta}, d$ цим параметрам у опорному шаблоні присвоюють значення нуля, потім для ідентифікації особистості встановлюють поріг мінімального числа локальних особливостей Ω , які слід детектувати, цей поріг визначає ступінь однозначності ідентифікації особистості, у випадку відсутності на скелеті відбитку "ядра" або "дельти", заданий поріг мінімального числа локальних особливостей, які слід детектувати подвоюють (2Ω),

40 кількість пронумерованих локальних особливостей порівнюють зі встановленим порогом Ω або 2Ω , якщо знайдена при ідентифікації кількість локальних особливостей менша за встановлений поріг Ω , то ідентифікація особистості не відбувається, якщо ця кількість більша або рівна, то процес ідентифікації продовжують, де до вибірки попадуть лише ті шаблони, де метрична відстань d співпадає з визначеною зі встановленою похибкою δ , це суттєво звужує коло шаблонів, які слід порівнювати, у випадку неповного відбитка вибірка буде проводитися по всіх існуючих шаблонах, порівняння виконується шляхом поелементного порівняння з опорними шаблонами, якщо неможливо детектувати глобальні особливості і визначити кут β для кожної

50 особливості, то критерієм однозначної ідентифікації буде загальна кількість співпадінь кута β і типу кожної локальної особливості, також, коли неможливо визначити і кути β , то критерієм однозначної ідентифікації можуть бути відносні координати і тип кожної з локальних особливостей, кількість яких залежить від заданого рівня Ω .

55 Порівняльний аналіз способу кодування папілярного узору для ідентифікації особистості з прототипом вказує, що він суттєво відрізняється від прототипу тим, що за рахунок знаходження кута вершини трикутника, утвореного базовою метричною відстанню (між "ядром" і "дельтою")

та кожною локальною особливістю, а також за допомогою описаної послідовності дій дозволяє сформувавши шаблон, стійкий до поворотів зображення відбитка, що дозволяє вирішити проблему підвищення точності і надійності ідентифікації особливості за відбитками, які мають довільну орієнтацію, у випадку відсутності глобальних особливостей при ідентифікації у запропонованому способі використовується динамічно змінний поріг мінімальної кількості локальних особливостей, необхідних для однозначної ідентифікації особистості, тобто цей спосіб дозволяє формувати ступінь ідентифікації особистості за рахунок введення порогу кількості локальних особливостей на вимогу споживача. Застосована методика відсіювання за базовою метричною відстанню зі встановленою похибкою дозволяє вирішити проблему ідентифікації особистості з меншими витратами часу.

Приклад 1. Повний відбиток вказівного пальця лівої руки особистості А. Отримуємо зображення з графічного файлу (фіг. 1а). Застосовуючи фільтр Гарбора до цього зображення мінімізуємо шуми і видаляємо сірий фон (фіг. 2а), перетворюємо зображення у чорно-білий колір шляхом попиксельної перевірки, папілярні лінії уточнюємо до товщини в 1 піксел і відкинемо спотворені і пусті зони, які визначаємо при аналізі кожної з 25 рівномірних квадратних зон (фіг. 14), на які розбиваємо відбиток, якщо у такій зоні чорний колір становить менше 10 %, то всій цій зоні присвоюється білий колір і така зона в подальшому вважається неінформативною, після цього остаточно сформуємо скелет відбитка (фіг. 3а). Проведемо детектування глобальних особливостей (фіг. 4а), де знайдене "ядро" позначене квадратом, а знайдена "дельта" позначена кружком, визначимо базову метричну відстань $d=24$ пікселам. Проведемо сканування локальних особливостей по спіралі з "ядра" (фіг. 5а) проти годинникової стрілки з кроком $\Delta=5$ пікселам, відкинемо фальшиві особливості (поріз, обрив), підрахуємо число знайдених локальних особливостей $n=30$ (фіг. 6а), визначимо їх тип (розгалуження чи закінчення), визначимо метричні відстані d_{core} , та d_{delta} , визначимо кути β для кожної особливості та сформуємо відповідні матриці для кожної особливості.

$$f_{30} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 24 & 1 \\ 0 & 3 & 1 & 3 & 25 & 3 \\ -1 & 2 & 1 & 2 & 25 & 3 \\ -10 & -7 & 1 & 11 & 22 & 72 \\ -5 & -8 & 0 & 9 & 20 & 71 \\ 0 & -8 & 1 & 8 & 17 & 135 \\ -1 & -13 & 0 & 13 & 15 & 121 \\ 5 & -14 & 1 & 15 & 9 & 144 \\ 8 & -13 & 1 & 15 & 9 & 161 \\ 12 & -7 & 0 & 13 & 15 & 69 \\ 10 & -7 & 1 & 15 & 16 & 82 \\ 8 & 4 & 1 & 10 & 16 & 75 \\ 5 & 6 & 0 & 8 & 28 & 63 \\ -4 & 6 & 0 & 9 & 31 & 2 \\ -17 & 7 & 1 & 18 & 39 & 33 \\ -15 & -11 & 0 & 19 & 22 & 27 \\ -7 & -21 & 1 & 16 & 12 & 44 \\ 6 & -21 & 1 & 17 & 7 & 153 \\ 12 & -14 & 1 & 13 & 3 & 164 \\ 14 & -12 & 0 & 11 & 5 & 85 \\ 12 & 8 & 0 & 11 & 29 & 38 \\ -7 & 26 & 0 & 25 & 44 & 8 \\ -11 & 22 & 0 & 23 & 45 & 2 \\ -10 & 18 & 1 & 19 & 32 & 1 \\ -7 & -25 & 0 & 27 & 18 & 32 \\ -1 & -20 & 1 & 22 & 14 & 31 \\ 6 & -18 & 1 & 24 & 7 & 44 \\ 3 & 27 & 0 & 28 & 45 & 19 \\ 0 & 29 & 0 & 30 & 42 & 13 \\ -13 & 27 & 0 & 30 & 53 & 1 \end{pmatrix}$$

Після обходу всіх особливостей сформуємо (фіг. 12) опорний шаблон $F=(f_{30}, (0, 0), (10,-20), 24)$ (фіг. 13), оскільки у даному випадку перша локальна особливість знаходиться на відстані від "ядра" меншій ніж Δ (фіг. 6а), то координати цієї точки та "ядра" у відповідній (першій) матриці та опорному шаблоні співпадають. Занесемо цей шаблон до сукупності шаблонів, задамо поріг похибки δ , задамо мінімальну кількість локальних особливостей Ω , необхідних для ідентифікації, проведемо пошук серед масиву шаблонів.

При ідентифікації особистості задано число Ω , наприклад 10, оскільки $n>10$, то після виконання всіх вище зазначених дій особистість ідентифіковано.

10 Приклад 2. Неповний відбиток вказівного пальця лівої руки особистості А.

Отримуємо зображення з графічного файла (фіг. 1б). Застосовуючи фільтр Габора до цього зображення мінімізуємо шуми і видаляємо сірий фон (фіг. 2б), перетворюємо зображення у чорно-білий колір шляхом попіксельної перевірки, папілярні лінії уточнюємо до товщини в 1 піксел, розіб'ємо отриманий скелет (фіг. 3б) на 25 рівномірних квадратних зон і відкинемо спотворені і пусті зони, які визначаємо при аналізі кожної з 25 зон (фіг. 14), якщо у такій зоні чорний колір становить менше 10 %, то всій цій зоні присвоюється білий колір і така зона в подальшому вважається неінформативною. Оскільки відбиток неповний встановило поріг мінімального числа локальних особливостей, які слід детектувати, хай $\Omega=10$, проведемо детектування глобальних особливостей, припустимо, що "ядро" на відбитку відсутнє (фіг. 4б), тому за центр сканування приймемо геометричний центр відбитка, оскільки відбиток неповний, збільшимо вдвічі кількість локальних особливостей, які слід детектувати, тобто $\Omega=20$, проведемо сканування з вибраного центру по спіралі проти годинникової стрілки (фіг. 5б) з

- кроком $\Delta=5$ пікселів, визначимо всі наявні локальні особливості, відкинувши фальшиві, і підрахуємо виявлену кількість локальних особливостей (фіг. 6б) $n=15$, у даному випадку, оскільки $2\Omega > 15$, то такий відбиток відбраковується, якби було виявлено, що $2\Omega < n$, то було б продовжено визначення метричних відстаней d_{core} (центр відбитка), та d_{delta} , та визначення кутів β для кожної особливості. Після обходу всіх особливостей сформуємо набір матриць локальних особливостей

$$f_{15} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -4 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 9 & 12 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 9 & 14 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 22 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -15 & 12 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -5 & -5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -15 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 9 & 12 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 30 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 29 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -9 & -17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & -20 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

- 10 та опорний шаблон $F=(f_{15}, (0, 0), (0, 0), 0)$.
 Приклад 3. Повний повернутий відбиток вказівного пальця лівої руки особистості А. Отримуємо зображення з графічного файла (фіг. 1в). Застосовуючи фільтр Габора до цього зображення, мінімізуємо шуми і видаляємо сірий фон, перетворюємо зображення у чорно-білий колір шляхом попіксельної перевірки, папілярні лінії уточнюємо до товщини в 1 піксел, розбиваємо отриманий скелет на 25 рівномірних квадратних зон і відкинемо спотворені і пусті зони. Проведемо детектування глобальних особливостей "ядра" та "дельти", визначимо базову метричну відстань $d=24$ пікселам. Проведемо сканування локальних особливостей по спіралі з "ядра" проти годинникової стрілки з кроком $\Delta=5$ пікселам, відкинемо фальшиві особливості (поріз, обрив), підрахуємо число знайдених локальних особливостей $n=30$, визначимо їх тип (розгалуження чи закінчення), визначимо метричні відстані d_{core} , та d_{delta} , визначимо кути β для кожної особливості та сформуємо відповідні матриці для кожної особливості.

$$f_{27} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 24 & 1 \\ 0 & 3 & 1 & 3 & 25 & 3 \\ -1 & 2 & 1 & 2 & 22 & 3 \\ -10 & -4 & 1 & 11 & 22 & 72 \\ -5 & -6 & 0 & 9 & 20 & 71 \\ -1 & -8 & 1 & 8 & 17 & 135 \\ -6 & -10 & 0 & 13 & 15 & 121 \\ -14 & -18 & 0 & 22 & 17 & 39 \\ 2 & -13 & 1 & 15 & 9 & 161 \\ 8 & -9 & 0 & 13 & 15 & 69 \\ 5 & -8 & 1 & 15 & 16 & 82 \\ 8 & 2 & 1 & 10 & 16 & 75 \\ 6 & 5 & 0 & 8 & 28 & 63 \\ 0 & 10 & 0 & 9 & 31 & 2 \\ -14 & 13 & 1 & 18 & 39 & 33 \\ -16 & -5 & 0 & 19 & 22 & 27 \\ -10 & -12 & 1 & 16 & 12 & 44 \\ 4 & -15 & 1 & 13 & 3 & 164 \\ 14 & 5 & 0 & 11 & 29 & 38 \\ 3 & 25 & 0 & 25 & 44 & 8 \\ 0 & 22 & 0 & 23 & 45 & 2 \\ -1 & 20 & 1 & 19 & 32 & 1 \\ -10 & -19 & 0 & 27 & 18 & 32 \\ -5 & -21 & 1 & 24 & 7 & 44 \\ 13 & 22 & 0 & 28 & 45 & 19 \\ 12 & 25 & 0 & 30 & 42 & 13 \\ -1 & 25 & 0 & 30 & 53 & 1 \end{pmatrix}$$

Та сформуємо опорний шаблон $F=(f_{27}, (0, 0), (7,-21), 24)$. Якщо порівняти приклади 1 та 3, то видно що вони ідентичні на 90 %, а це вказує на те, що спосіб, який заявляється, успішно ідентифікує особливість і при повороті відбитка або його зміщенні.

З прикладів видно, що за способом, який заявляється, можна однозначно ідентифікувати особистість при повному відбитку пальця, так і при неповному, якщо задано поріг ідентифікації відбитка Ω та похибка базової метричної відстані δ . Цей спосіб дозволяє ідентифікувати особистість при довільному повороті відбитку.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб кодування папілярного узору відбитка пальця для ідентифікації особистості, що включає в себе виділення на папілярному узорі всіх характерних точок числом n , проведення з кожної характерної точки вектора по дотичній до папілярної лінії, яка утворює цю характерну точку, вибір центру сканування, сканування папілярного узору, визначення масштабної характеристики папілярного узору, визначення типів всіх характерних точок і топологічне розміщення характерних точок, кодування внутрішніх особливостей "дельта" і "ядро" будови папілярного узору і координат вказаних особливостей, визначення метричної відстані папілярного узору між особливостями "дельта" і "ядро", який **відрізняється** тим, що у відбитку мінімізують шуми шляхом застосування фільтра Габора, формують папілярний скелет, з якого виключають спотворення та пусті зони, після чого на скелеті визначають на основі внутрішніх особливостей глобальні особливості "ядро" і "дельта" і локальні особливості, а саме точки закінчення і розгалуження, де локальні особливості визначаються шляхом спірального сканування проти годинникової стрілки з кроком Δ , починаючи з "ядра" або "центру" відбитка, визначена між глобальними особливостями базова метрична відстань є основою трикутника

- для визначення кута, який лежить проти цієї основи, та утворений кожною знайденою локальною особливістю, "ядром" та "дельтою", визначають ці кути, визначають відстані від локальної особливості до "ядра" та "дельти", на основі визначених базової відстані та кутів формують шаблон, стійкий до поворотів та зміщень, у якому базова відстань є критерієм входження в заданий діапазон базових метричних відстаней у сукупності шаблонів зі встановленою похибкою δ , встановлюють поріг мінімального числа локальних особливостей Ω , які слід детектувати при ідентифікації особистості, цей поріг визначає ступінь однозначності ідентифікації особистості, у випадку відсутності на скелеті відбитка "ядра" або "дельти", поріг мінімального числа локальних особливостей, які слід детектувати, подвоюють (2Ω).
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при формуванні чорно-білого примітиву при попиксельній перевірці папілярного узору у випадку, коли колір піксела відповідає $\frac{1}{2}$ та більше розрядності кольорової гама у градаціях сірого, то йому присвоюють чорний колір, в іншому випадку йому присвоюють білий колір.
3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при успішному знаходженні "ядра" і "дельти" між ними визначають базову метричну відстань за формулою евклідової відстані:
- $$d = \sqrt{(\text{core}(x) - \text{delta}(x))^2 + (\text{core}(y) - \text{delta}(y))^2},$$
- де $\text{core}(x)$, $\text{core}(y)$ - координати "ядра",
 $\text{delta}(x)$, $\text{delta}(y)$ - координати "дельти".
4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при детектуванні на відбитку більше одного "ядра" та "дельти" вибирається та пара "ядро" - "дельта", у якої базова метрична відстань найменша.



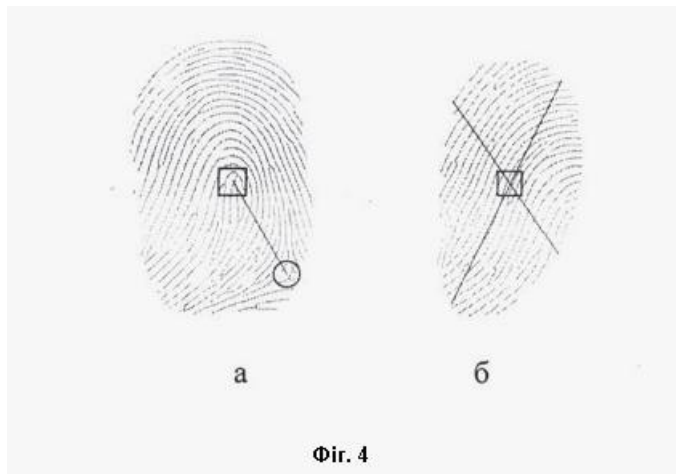
Фиг. 1



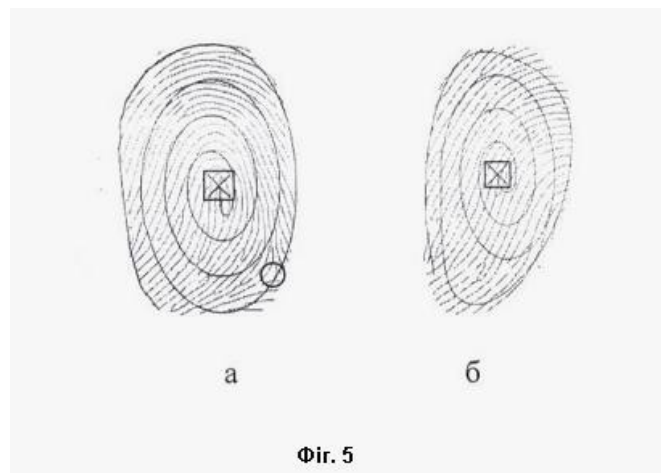
Фиг. 2



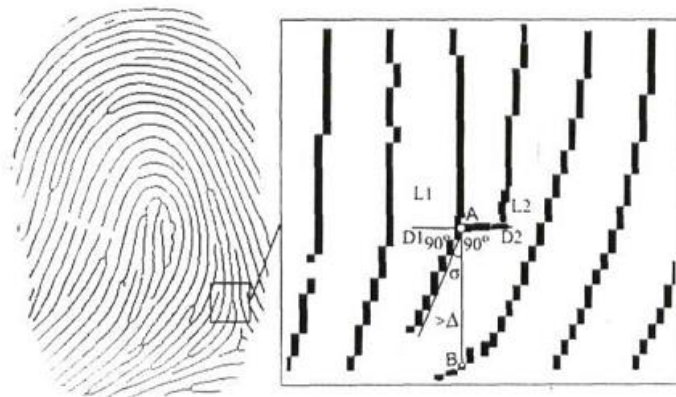
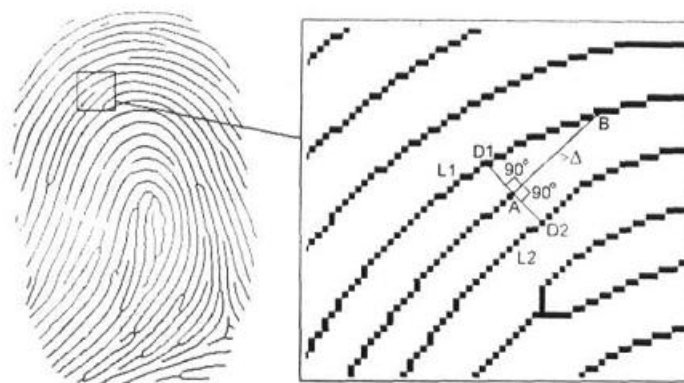
Фиг. 3

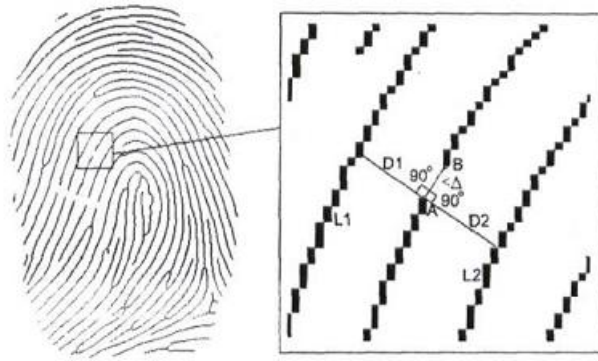


Фиг. 4

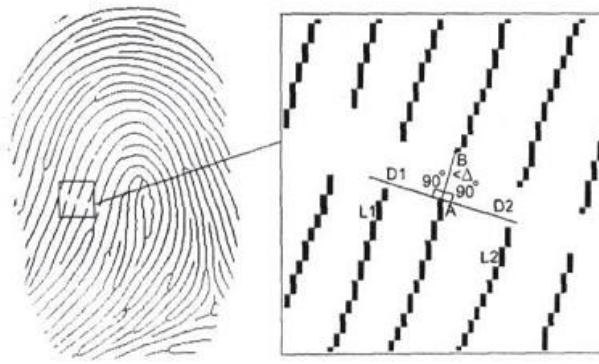


Фиг. 5

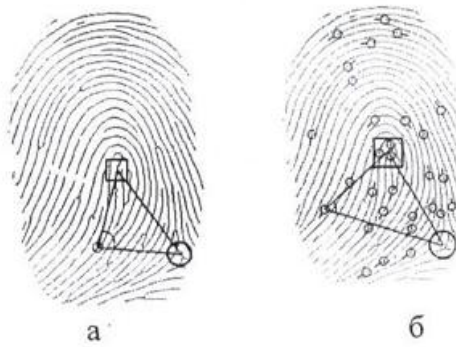




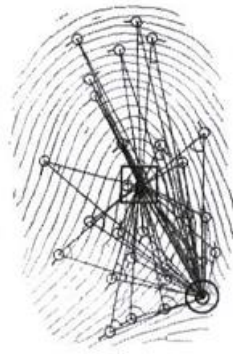
Фиг. 9



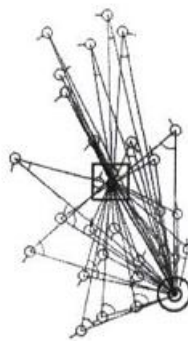
Фиг. 10



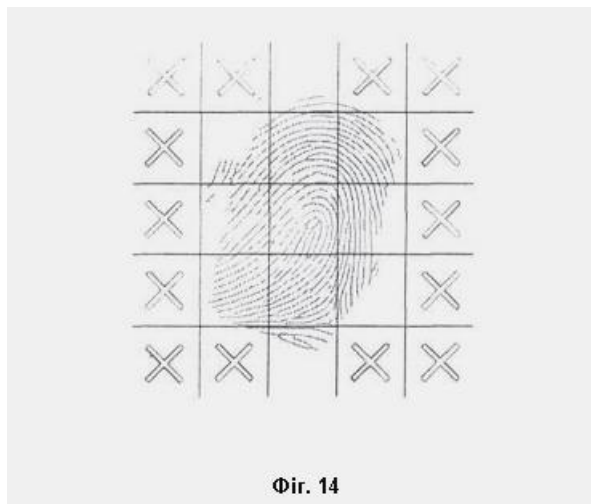
Фиг. 11



Фіг. 12



Фіг. 13



Фіг. 14

Комп'ютерна верстка Л. Купенко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601