



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **93999** (13) **U**  
(51) МПК (2014.01)  
**G06K 9/00**  
**G06K 9/68** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	<b>u 2014 04718</b>	(72) Винахідник(и): <b>Гордєєв Борис Миколайович (UA), Кутковецький Валентин Якович (UA), Турти Марина Валентинівна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>05.05.2014</b>	(73) Власник(и): <b>ЧОРНОМОРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ, вул. 68 Десанників, 10, м. Миколаїв, 54003 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	<b>27.10.2014</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>27.10.2014, Бюл.№ 20</b>	

## (54) СПОСІБ ПОРІВНЯННЯ ПАПІЛЯРНИХ ВІЗЕРУНКІВ ПАЛЬЦІВ

### (57) Реферат:

Спосіб порівняння папілярних візерунків пальців полягає в тому, що орієнтовану центральну частку відбитків пальця представляють у вигляді вхідної матриці чисел, які відображають інтенсивність сигналу. На вхідній матриці встановлюють ділянку пошуку, визначають розмір вікна, за допомогою якого переглядають по частках вхідну матрицю чисел, установлюють початкове положення, напрямок та крок переміщення вікна. На основі локальної системи координат для кожного вікна розраховують середнє значення коефіцієнта нахилу папілярних ліній та шаблон. Визначають величину різниці розрахованих середніх коефіцієнтів нахилу між сусідніми вікнами. Положення центра глобальної системи координат знаходять у відповідному рядку між сусідніми вікнами з максимальним значенням вказаної різниці. Вікна однакового шаблону об'єднують у кластери. Відстані між центроїдами кластерів визначають за глобальною системою координат і використовують для ідентифікації відбитка пальця.

UA 93999 U



Корисна модель належить до сфери методів ідентифікації особи за відбитками папілярних візерунків пальців за допомогою автоматизованих дактилоскопічних інформаційних систем, може бути використана для ідентифікації особи для запобігання несанкціонованому доступу до інформації в комп'ютерних системах, доступу до території, приміщення чи будинку.

5 У загальному випадку ідентифікація відбитків пальців виконується:

- кодуванням глобальних ознак [візерунків типу "петля" (ліва, права, центральна, подвійна); візерунків типу "дельта" або "дуга" (проста і гостра); візерунків типу "спіраль" (центральна і змішана)];

10 - кодуванням виділених ділянок із загальними чи усередненими характеристиками (з урахуванням вектора спрямування папілярних ліній, центра тяжіння площі з однаковими елементами, ступеня увігнутості, товщини ліній та відстані між ними тощо);

15 - кодуванням локальних ознак - мінуцій, які визначають унікальні для кожного відбитка пальця координати точок зміни структури чи орієнтації папілярних ліній (початок/кінець; злиття/розгалуження; крапка; гачок; місток; вічко; фрагмент; злами та вигини; опуклості та увігнутості папілярних ліній). Найбільш розповсюджені типи мінуцій - початок/кінець та злиття/розгалуження папілярних ліній. В одному відбитку спостерігається 50-100 мінуцій. Ці ознаки відрізняються високою точністю кодування.

20 У відбитках пальців різних людей можуть траплятися ідентичні глобальні ознаки, але при цьому дуже мала ймовірність наявності в цих же відбитках однакових координат розміщення однакових мінуцій.

Зазвичай глобальні ознаки використовуються для віднесення досліджуваного візерунка пальця до визначеного типу з метою подальшої ідентифікації на основі інших ознак. Урахування навіть частки розглянутих ознак відбитка пальців ускладнює аналіз, збільшує вартість обладнання та час отримання результату ідентифікації. Складність автоматичної ідентифікації 25 особи збільшується тим, що в реальності на відбитках папілярних візерунків завжди наявні різного роду інформаційні шуми у вигляді шрамів, забруднення, деформації внаслідок надмірного тиску на шкіру тощо.

Відомий спосіб класифікації відбитків пальців, який полягає в скануванні зображення папілярного візерунка, формуванні масиву виділених характерних ознак, визначенні в масиві 30 виділених характерних ознак напрямку потоку папілярних ліній в околі точки, співмірної з міжребеневою відстанню, згладжуванні картини потоків за середніми напрямками потоків сусідніх точок, визначенні ймовірного розміщення характерних ознак папілярного візерунка, визначенні функції характерних ознак папілярного візерунка й визначенні характерних ознак папілярного візерунка [1].

35 Недоліком даного способу є складність аналізу, збільшення вартості обладнання та збільшення часу ідентифікації папілярного візерунка.

Відомий спосіб класифікації відбитків пальців, який полягає в тому, що орієнтовану 40 центральну частину відбитка пальця представляють у вигляді вхідної матриці чисел, які відображають інтенсивність сигналу, установлюють розмір вікна, за допомогою якого переглядають вхідну матрицю чисел, установлюють початкове положення вікна, напрямок і крок переміщення вікна, на вхідній матриці чисел установлюють ділянку пошуку, визначають можливість наявності в розглянутому вікні дельтаподібного елемента папілярного візерунка, за наявності дельтаподібного елемента на лівому й правому боці відбитка пальця класифікують папілярний візерунок на відбитку як завиток, на правій стороні відбитка - ліва петля, на лівій 45 стороні відбитка - права петля, за відсутності дельтаподібного елемента на обох сторонах відбитка пальця - дуга [2].

Недоліками даного способу є складність аналізу, використання великого об'єму пам'яті, великі витрати часу на отримання результату.

Найбільш близьким аналогом до заявленого способу кодування папілярних візерунків є 50 спосіб класифікації відбитків пальців, який полягає в тому, що орієнтовану центральну частину відбитка пальця в розмірі  $256 \times 240$  пікселів представляють у вигляді вхідної матриці чисел, які відображають інтенсивність сигналу, встановлюють розмір вікна ( $2 \times 3$ ;  $6 \times 8$ ;  $8 \times 8$  пікселів), за допомогою якого переглядають по частинах вхідну матрицю чисел, установлюють початкове положення вікна, напрямок і крок переміщення вікна, аналізують вхідну матрицю чисел у вікні, 55 переміщують вікно в обраному напрямку з певним кроком і в цьому вікні на кожному кроці зображення в кожному вікні кодують папілярні лінії одним із 8-ми напрямів, який визначається за елементами в цьому вікні при порівнянні їх з елементами одного з 8 еталонних вікон. Отриману матрицю напрямків із  $32 \times 30$  елементів (за умови, якщо вікно -  $8 \times 8$  пікселів) піддають подальшій обробці вікнами різних розмірів для виділення "головок" з метою виявлення 60 різновидів дуги, петлі, завитка, випадкового візерунка [3].

Причини, які перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату у найближчому аналозі (спрощення аналізу та зменшення часу ідентифікації папілярного візерунку в порівняно невеликому колективі - до 200 людей) - це велика кількість різних за типом ознак з їх взаємною перев'язкою.

5 Недоліками найближчого аналога є:

- підвищена вартість обладнання, яка зумовлена складністю визначення та обробки різних типів ознак;

- збільшення витрат на обслуговування й налагодження системи розпізнавання відбитка пальця внаслідок її складності;

10 - збільшення непродуктивних витрат часу на ідентифікацію папілярного візерунка.

В основу корисної моделі, що заявляється, поставлено задачу зменшення вартості обладнання за рахунок:

- обмеження кількості ознак відбитка пальця до однієї мінуції. У ролі мінуції використовуються напрямок папілярних ліній;

15 - вибір ознаки відбитка пальця, яка є усередненою характеристикою, а тому мало змінюється за наявності інформаційних шумів у вигляді забруднення, деформації відбитка пальця, шрамів тощо;

- зменшення об'єму інформації для ідентифікації особи.

20 Загальні суттєві ознаки запропонованого способу порівняння папілярних візерунків пальців, які співпадають із суттєвими ознаками найближчого аналога, полягають у тому, що орієнтовану центральну частку відбитка пальця представляють у вигляді вхідної матриці чисел, які відображають інтенсивність сигналу, на вхідній матриці встановлюють ділянку пошуку, визначають розмір вікна, за допомогою якого переглядають по частках вхідну матрицю чисел, установлюють початкове положення в глобальній системі координат, для кожного вікна на основі локальної системи координат визначають середній коефіцієнт нахилу папілярних ліній та шаблон з однаковим типовим напрямком папілярних ліній.

25 Суттєві ознаки запропонованого способу кодування папілярних візерунків, що є достатніми у всіх випадках і характеризують запропоновану корисну модель, на відміну від найближчого аналога, полягають у тому, що пошук положення центра глобальної системи координат виконується за методом ділення кроку навіп, вікна однакового шаблону об'єднують у кластери, упорядкування яких відповідає упорядкуванню шаблонів та місцю розташування відносно вертикальної лінії глобальної системи координат, відстані між центроїдами кластерів визначають за глобальною системою координат і використовують для ідентифікації відбитка пальця.

30 Запропонований спосіб ілюструється кресленнями, на яких наведено усереднені типові напрямки папілярних ліній (фіг. 1) та приклад шаблону з напрямком 2 усереднених типових папілярних ліній, згідно з фіг. 1 (фіг. 2).

На фіг. 1 позначено:

35 - 1, 2, 3, 4, 5, 6 - усереднені типові напрямки папілярних ліній шаблонів. Шаблоном називається вікно із заданим однаковим типовим напрямком паралельних папілярних ліній. Кількість шаблонів обмежена (у даному випадку ми маємо 6 шаблонів - за кількістю усереднених типових напрямків папілярних ліній). При аналізі візерунка пальця визначається реальний нахил папілярних ліній у заданому за розмірами вікні, і це вікно належить до найближчого шаблону. Призначення шаблону - дискретизація коефіцієнта нахилу папілярних ліній. Сукупність сусідніх вікон однакового шаблону визначає площу кластера, який має центр тяжіння, що називається центроїдом;

- $\alpha$  - дискретний кут нахилу в геометричних градусах між усередненими типовими напрямками папілярних ліній шаблонів та вертикальною лінією, який змінюється в межах від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ .

50 На фіг. 2 позначено:

- 2 - усереднений тип напрямку папілярної лінії, згідно з фіг. 1, яку використано для заповнення всього шаблону.

Алгоритм аналізу папілярних ліній пальця має вигляд (конкретні дані та цифри наводяться лише для однозначності пояснення; вони можуть бути змінені):

55 Зображення візерунка пальця сканується за допомогою цифрової камери або сканера. Розглядається візерунок лише одного пальця (наприклад нігтьової фаланги вказівного пальця). Візерунок пальця нормалізується:

- виділена площа візерунка фільтрується з наданням кожному пікселю лише двох можливих значень: 0 або 1;

- візерунок спрямляється вертикально відносно горизонтальних прямих ліній у нижній його частині; при цьому потрібно забезпечити мінімальний можливий кут повернення пальця, з якого знімається візерунок, щодо заданого напрямку: цей кут має бути не більшим за  $10^\circ$ ;

5 - по горизонталі (відносно середньої лінії візерунка) і по вертикалі (відносно лінії, що виділяє нігтьову фалангу) виділяється площа  $100 \times 100$  пікселів візерунка пальця.

Алгоритм визначення центра глобальної системи координат відбитка пальця виконується за кроками. Кожний крок виконується в такій послідовності:

10 - уся виділена площа візерунка пальця розподіляється на однакові за розмірами  $n=5$  рядків та  $n=5$  колонок;

- в отриманих вікнах за методом найменших квадратів (при початку осей локальної системи координат  $\{y, x\}$  у лівій нижній точці вікна) для кожного вікна за пікселями "1" визначають усереднену папілярну лінію у вигляді рівняння:

$$y = b_0 \times 0 + b_1 \times 1,$$

15 де  $x_0=1 = \text{const}$ ;  $b_0$  - значення  $y$  ( $y$  - вісь по вертикалі) при  $x_1=0$  ( $x_1$  - вісь по горизонталі);  $b_1$  - розрахований коефіцієнт нахилу папілярних ліній у вікні.

При цьому розглядається спрощене чорно-біле зображення і для визначення коефіцієнтів  $b_0$  та  $b_1$  ураховуються лише чорні точки, координати яких  $(x_1, y)$  визначаються, згідно з їхнім положенням у створених вікнах.

20 Для кожного вікна розраховується вектор коефіцієнтів  $B^T = \{b_0, b_1\}$ , згідно з матричним рівнянням за методом найменших квадратів:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y,$$

де матриця  $X$  та вектор  $Y$  визначаються з матриці спостережень методу найменших квадратів.

25 2.3. У кожному рядку вікон для двох сусідніх вікон із порядковим номером  $i$  та  $i+1$ , у яких змінився знак розрахованого коефіцієнта нахилу папілярних ліній  $b_1$ , визначається різниця між цими коефіцієнтами у вигляді (останнє вікно в рядку не розглядається):

$$\Delta b_1^i = b_1^{i,j} - b_1^{i,j+1},$$

30 де  $i = \overline{1, n}$  - порядковий номер рядка відбитка пальця;  $j = \overline{1, n}$  - порядковий номер колонки відбитка пальця.

Вважаємо, що в рядку з найбільшим значенням  $\Delta b_1$  у центрі площі двох вікон з порядковим номером  $i$  та  $i+1$ , знаходиться центр глобальної системи координат відбитка пальця.

Для реалізації наступного кроку уточнення положення центра глобальної системи координат відбитка пальця навколо координати з найбільшим значенням  $\Delta b_1^i$  визначається нова, зменшена в два рази, ділянка візерунка пальця (площею  $50 \times 50$  пікселів), та в цій ділянці використовується нове вікно зі зменшеними розмірами. Для отримання положення центра глобальної системи координат використовують не більше 8 нових розмірів вікон.

35 Стосовно отриманого положення центра глобальної системи координат, візерунок пальця розподіляється на вікна розміром  $8 \times 8$  пікселів. За величиною розрахованого коефіцієнта  $b_1$ , згідно з даними табл., вікно належить до одного із заздалегідь заданих шаблонів з однаковим типовим напрямком папілярних ліній (усього 6 шаблонів - див. фіг. 1 та фіг. 2). Призначення шаблонів - дискретизація розрахованих середніх значень коефіцієнтів нахилу  $b_1$ .

Таблиця

Шаблони вікон з однаковим типовим усередненим напрямком папілярних ліній

Шаблон			
Номер шаблону	Дискретний кут нахилу $\alpha$ папілярних ліній від вертикалі	Дискретне значення коефіцієнта нахилу $b_1 = \text{ctg} \alpha$	Діапазон значень розрахованого коефіцієнта нахилу $b_1$ папілярних ліній для поточних вікон
1	$0^\circ$	$\infty$	$\infty \dots 3,732; -3,732 \dots -\infty$
2	$30^\circ$	1,732	$3,732 \dots 1,0$
3	$60^\circ$	0,5774	$1,0 \dots 0,2679$
4	$90^\circ$	0	$0,2679 \dots -0,2679$
5	$120^\circ$	-0,5774	$-0,2679 \dots -1,0$
6	$150^\circ$	-1,732	$-1,0 \dots -3,732$

Стосовно отриманого положення центра глобальної системи координат, вікна однакового шаблону об'єднують у кластери, нумерація яких відповідає упорядкуванню шаблонів та місцю розташування відносно вертикальної лінії глобальної системи координат, відстані між

5 центроїдами кластерів визначають за глобальною системою координат і використовують для ідентифікації відбитка пальця.

Кожне вікно за значенням коефіцієнта  $b_1$  належить до одного з кластерів. Усього - 6 кластерів, але на відбитку пальця маємо 6 кластерів ліворуч від середньої вертикальної лінії та 6 кластерів праворуч від середньої вертикальної лінії (всього на відбитку пальця маємо 12

10 кластерів).

Визначається кількість вікон-шаблонів у кожному кластері лівої та правої частин пальця.

Розраховуються центроїди (координати центра тяжіння) кластерів лівої та правої частин пальця.

4. Код зображення візерунка пальця має такий склад:

- 15 - біти зі значенням відстаней між центроїдами кластерів лівої сторони відбитка пальця;
- біти зі значенням відстаней між центроїдами кластерів правої сторони пальця;
- біти зі значенням відстаней між центроїдами кластерів лівої та правої сторони пальця;
- біти з координатами центроїдів кластерів лівої та правої сторони пальця.

Візерунок пальця ідентифікується за мінімальною ейлеровою відстанню (підсумком 20 квадратів різниць між бітами коду візерунка пальця, який ідентифікується, та бітами еталонних кодів візерунків пальців, які зберігаються в базі даних).

Використання запропонованої корисної моделі дозволяє:

1) зменшити витрати на обладнання за рахунок його спрощення внаслідок зменшення кількості ознак відбитка пальця до однієї мінуції, однотипності виконуваних розрахунків та їх спрощення, зменшення об'єму інформації для ідентифікації особи;

25 2) зменшити витрати на обслуговування й налагодження системи ідентифікації відбитка пальця внаслідок її спрощення.

Використана інформація:

1. Бичигов В. Н., Зайцев П. А., Моксин А. В. Способ распознавания отпечатков папиллярных узор. Патент Российской Федерации № 2059979, G06K 9/00, 10.05.1996.

2. Гуревич Е. Я., Березная И. Я., Страхович Э. В., Ампилова Н. Б. Способ классификации ориентированных отпечатков пальцев. Патент RU 2103738 C1, G06K 009/68, G06K 009/56, G06T 007/40, 27.01.1998.

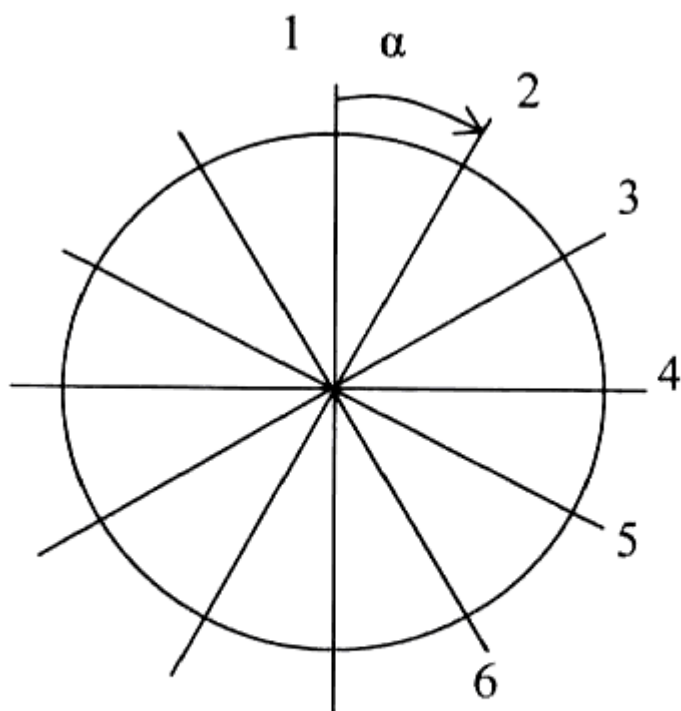
3. Hashimoto S., Hata Y., Nakashima K., Yamato K. Automatic Fingerprint Classifier and Its Application to Access Control // The Transactions of the IEICE, 73, 7, July 1990. - P. 1120-1126.

35

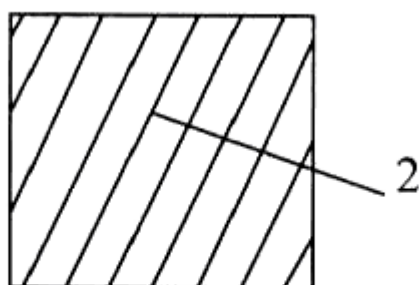
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб порівняння папілярних візерунків пальців, який полягає в тому, що орієнтовану центральну частку відбитків пальця представляють у вигляді вхідної матриці чисел, які відображають інтенсивність сигналу, на вхідній матриці встановлюють ділянку пошуку, визначають розмір вікна, за допомогою якого переглядають по частках вхідну матрицю чисел, встановлюють початкове положення, напрямок та крок переміщення вікна, на основі локальної системи координат для кожного вікна розраховують середнє значення коефіцієнта нахилу папілярних ліній та шаблон, при переміщенні по рядку для сусідніх вікон у місці зміни знаку розрахованих середніх коефіцієнтів нахилу визначають величину різниці розрахованих середніх коефіцієнтів нахилу між сусідніми вікнами, положення центра глобальної системи координат знаходять у відповідному рядку між сусідніми вікнами з максимальним значенням вказаної різниці, за розрахованим середнім коефіцієнтом нахилу кожне вікно належить до одного з обмежених за кількістю шаблонів із дискретним типовим кутом нахилу папілярних ліній, який

50 **відрізняється** тим, що вікна однакового шаблону об'єднують у кластери, упорядкування яких відповідає місцю розташування відносно вертикальної лінії глобальної системи координат, відстані між центроїдами кластерів визначають за глобальною системою координат і використовують для ідентифікації відбитка пальця.



**Фіг. 1.**  
**Осереднені типові напрямки папілярних ліній**



**Фіг. 2.**  
**Приклад шаблону з напрямком 2 осереднених типових папілярних ліній**