

УДК 519.168

Бондарець І. М., студент

## Система розпізнавання облич за допомогою 2.5д камери

У роботі описано розроблену систему розпізнавання облич, що базується на 2.5д зображенні. Представлено використання активних моделей зовнішнього виду для покращення продуктивності системи

Ключові слова: розпізнавання облич, 2.5д камера, активні моделі зовнішнього вигляду

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 03680, м. Київ, пр-т Глушкова 4д,  
e-mail: ibondarets@unicyb.kiev.ua

Статтю представив д.ф.-м.н., проф. Анісімов А.В.

### 1. Вступ

На даний час біометричні системи ідентифікації людини набувають все більшого поширення. Їх головні переваги перед традиційними засобами ідентифікації заключаються в тому, що вони ґрунтуються на унікальних біологічних ознаках, отже, їх надзвичайно складно підробити. Також, очевидна зручність їх використання — вони не вимагають від людини володіння будь-якими спеціальними картками, ключами і т.д.

Існує кілька способів ідентифікації за біометричними ознаками. На даний час лідерами є ідентифікація за відбитками пальців та сітківкою ока. Інші види ідентифікації (по обличчю або голосу) менш розвинені. Вони не настільки надійні за своєю природою (простіші для фальсифікації), а тому їх використовують лише в деяких областях. [1]

Актуальність задачі розпізнавання людини по обличчю полягає в тому, що немає необхідності безпосереднього контакту системи і людини.

На даний момент проблемі розпізнавання людини по зображенню обличчя присвячено безліч робіт, проте в цілому вона ще далека від вирішення. Головні труднощі, які необхідно подолати при ідентифікації людини по обличчю — це забезпечення незалежності роботи системи від таких факторів, як освітленість, ракурс, а також вікові зміни. [2,3]

I. N. Bondarets, student

## Face recognition system used 2.5d camera

This paper considers a face recognition system based on 2.5d images. Described the using of active appearance models to improve performance

Key Words: face recognition, 2.5d camera, active appearance models

Taras Shevchenko National University of Kyiv, 03680, Kyiv, Glushkova av., 4d,  
e-mail: ibondarets@unicyb.kiev.ua

Системи, що використовують 2д зображення облич для ідентифікації, не дають правильної відповіді, якщо людина відхилиться принаймні на 15 градусів. [2] Наступним кроком стало використання технології стерео реконструкції, коли відтворюється псевдо 2.5д маска обличчя. Така система потребує складних обчислень та точність реконструйованої маски недостатня. [5]

Іншим способом отримати 2.5д реконструкцію обличчя є використання ступурованої підсвітки: на обличчя людини проектується сітка, яка деформується в залежності від вигинів променів ступурованого світла, що потрапляє на нього. При цьому по деформаціям відтворюється 2.5д модель. [6] Такий підхід має суттєвий недолік - розпізнавання не працює при сонячному світлі.

Проте використання камери, що посиляє сигнал вищої частоти ніж сонячне світло, дозволить вирішити цю проблему. Такі камери були розроблені та вже використовуються (наприклад, камери Kinect, Asus XtionPRO). Перевагою системи, що заснована на роботі із даними з таких камер є те, що такі системи працюють при освітленні, починаючи від повної темряви до надзвичайно сильного світла без зміни точності. Вона зможе ідентифікувати людину незалежно від макіяжу чи кольору шкіри. Інші характеристики, такі як колір шкіри, текстура губ, брів, очей можна використати як допоміжні характеристики для покращення якості роботи.

Подібну систему можна застосувати, наприклад, в магазині для ідентифікації клієнтів чи в «розумному» будинку. Така система «пам'ятає» вподобання різних людей та автоматично налаштовує певні параметри середовища. Вона не нав'язлива, не обмежує людину в свободі переміщення, використовує мало енергії та порівняно недорога. Але саме головне те, що люди зазвичай впізнають один одного по обличчю та голосу, а значить, не будуть відчувати незручностей з системою, що заснована на аналогічних способах розпізнавання.

Новим стимулом до розробки систем розпізнавання людини стало загострення ситуації з міжнародним тероризмом. Встановлення таких систем в місцях масового скупчення людей (аеропортах, великих торгових центрах) повинна сприяти ранньому виявленню осіб, які знаходяться в розшуку. Тут надзвичайно особлива стійкість системи до наявності гриму на обличчі. Таку систему можна встановити і на стадіонах, щоб з її допомогою легше знаходити найбільш «буйних» футбольних вболівальників, за якими служба безпеки буде більш особливо слідкувати під час матчів.

## 2. Загальний алгоритм

Використання 2.5д даних для розпізнавання обличчя на порядок ефективніше, ніж використання 2д даних. Використовуючи ці дані, вдається легко локалізувати обличчя, значно покращити ефективність методу порівняння еталонів.

В запропонованому алгоритмі для локалізації обличчя використовуються саме 2.5д дані. Оскільки, еталонний метод вимагає досить багато обчислень для порівняння масок обличчя, то було вирішено використати активну модель зовнішнього виду обличчя для виділення ключових точок. (Рис. 2.1)

Активні моделі зовнішнього вигляду (*Active Appearance Models, AAM*) - це статистичні моделі зображень, які шляхом різного роду деформацій можуть бути підігнані під реальне зображення. Даний тип моделей в двовимірному варіанті був запропонований Тімом Кутесом та Крісом Тейлором у 1998 році [7]. На даний час запропоновано багато модифікацій даного методу [8-10].

В активних моделях зовнішнього вигляду моделюються два типи параметрів: параметри, пов'язані з формою (параметри форми), і параметри, пов'язані зі статистичною моделлю

зображення або текстурою (параметри зовнішнього вигляду).



Рис. 2.1. Активна модель обличчя

Завдяки використанню активної моделі наявність таких перешкод, як, наприклад, вуса, система в частині випадків зможе дати відповідь, оскільки, відхилення значень на окремих точках може не впливати на загальну відповідь системи.

Загальний принцип роботи такої системи показано на рис. 2.2 [2].

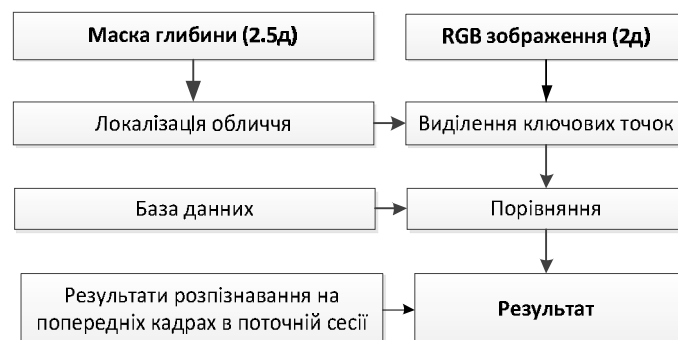


Рис. 2.2. Структура системи розпізнавання обличчя із використанням 2.5д даних

Спочатку за допомогою маски глибини здійснюється локалізація обличчя. Далі, використовуючи знайдену позицію та розмір обличчя, здійснюється трекінг обличчя за допомогою активного контуру моделі та відповідно із цієї моделі отримуються ключові точки.

## 3. Опис практичної реалізації

Для практичної системи 2.5д розпізнавання обличчя було вирішено використовувати камеру Kinect через її доступність та низьку ціну.

Дана камера використовує сигнал вищої частоти ніж світло, тому вона може працювати навіть при сильному освітленні та в повній темряві. Та враховуючи, що активний контур моделі обличчя також може працювати при

поганому освітленні, така система зможе конкурувати із системою, що будує маску глибини із використанням проєктованої сітки, яка не може працювати при денному світлі. Дані, що отримуються з такої камери, зображено на рисунку 3.1.



Рис. 3.1. Маска глибини з камери Kinect.  
(Світліше зображено ближчі частини зображення, темнішим – далші, чорні ділянки – це нерозпізнані частини)

Проте дана камера має ряд недоліків:

1. Камера не розпізнає об'єкти на відстані менше 1.2 метра.
2. Точність камери сильно зменшується при віддаленні об'єкта.
3. На відстані 4 метра від камери якості 2.5д зображення обличчя недостатньо для розпізнавання.
4. Під час роботи бувають нерозпізнані частини (чорні області на рис. 3.1).

Для програмної реалізації було вирішено використовувати Microsoft Kinect SDK та WinAPI для найбільшої ефективності роботи програми.

Після локалізації обличчя та ключових точок за допомогою активної моделі виділяється 121 точка обличчя в XYZ координатах. Проте при порівнянні використовується лише глибина, тобто значення по координаті Z.

Далі отримана маска обличчя повертається для приведення масок до єдиного положення за допомогою матриці повороту.

Оскільки камера має високу зашумленість даних для однієї особи, зберігається 150 масок, що зроблені з певною невеликою затримкою в часі. Проте число масок для зберігання можна обрати значно меншим.

Вхідна маска порівнюється із масками, що зберігаються в базі даних, та з тою, що найбільш схожа, з ідентифікуємою людиною (формули 3.1, 3.2). Якщо жодна з масок із бази даних не схожа

на вхідну, то дається відповідь, що людина не ідентифікована.

$$E(K, K') = \sum_{i \in K, K'} |k(i) - k'(i)|^d \quad (3.1)$$

$$I = \begin{cases} \arg \min_{K'} E(K, K'), & \min_{K''} E(K, K'') < T \\ 0 & \min_{K''} E(K, K'') \geq T \end{cases} \quad (3.2)$$

Де,  $I$  – ім'я людини із бази даних, яку розпізнає система, якщо  $I=0$ , то це означає, що такої людини в базі немає,  $K$  – це маска обличчя, що розпізнається,  $K'$  – маска обличчя із бази даних,  $E(K, K')$  – коефіцієнт невідповідності масок,  $k(i)$  – значення відстані точки на масці  $k$  точки  $i$  із активної моделі. Якщо точка не належить масці, то  $k(i)=0$ ,  $d = \text{const} \geq 1$ ,  $T = \text{const}$ .

Складність роботи системи  $O(150 * N * 121 + C)$ , де  $N$  – кількість осіб, де  $C$  – кількість додаткових операцій.

Складність роботи аналогічної системи, яка використовує просте порівняння еталонів має складність  $O(150 * N * H * W + C)$ , де  $H$  та  $W$  – висота та ширина маски. Таким чином, даний алгоритм працює на асимптоті в  $\frac{H * W}{121}$  раз швидше, ніж

метод порівняння еталонів. А враховуючи, що для даної камери при еталонному методі найбільш ефективним був розмір маски  $150 * 200$  пікселів, то маємо покращення швидкості в 248 разів.

Для зменшення помилки системи рішення приймається на основі ряду послідовно отриманих масок обличчя. Таким чином, модифіковано формулу 3.2:

$$I = \begin{cases} \arg \min_K \sum_{K'} E(K, K'), & \min_K \sum_{K'} E(K, K') < T \\ 0 & \min_K \sum_{K'} E(K, K') \geq T \end{cases}$$

#### 4. Аналіз отриманих результатів

Програма тестувалась на 6 особах. На даній вибірці помилок системи не було виявлено. Система з великим відхиленням розрізняє людей, див. табл. 4.1 та рис. 4.1.

Таблиця 4.1. Рівень невідповідності масок обличчя та маски обличчя особи 1 при використанні ААМ

Особа	I	I / I(1)
1	8063	1
2	45311	5,620
3	50095	6,213

4	51515	6,389
5	52255	6,481
6	55925	6,936

Систему було порівняно із аналогічною, що заснована на методі порівняння еталонів. В ній використовуються наступні формули [4]:

$$E(K, K') = \sum_{(i,j) \in K, K'} |k(i, j) - k'(i, j)|^d$$

$$I = \begin{cases} \arg \min_K \min_{K'} E(K, K'), & \min_K \min_{K'} E(K, K') < T \\ 0 & \min_K \min_{K'} E(K, K') \geq T \end{cases}$$

Де,  $I$  – ім'я людини із бази даних, яку розпізнає система, якщо  $I=0$ , то це означає, що такої людини в базі немає,  $K$  – це маска обличчя, що розпізнається,  $K'$  – маска обличчя із бази даних,  $E(K, K')$  – коефіцієнт невідповідності масок,  $k(i, j)$  – значення відстані точки на масці  $k$  із координатами  $(i, j)$ . Якщо точка не належить масці, то  $k(i, j)=0$ .

Така система дала гірші результати при розпізнаванні див. табл. 4.1 та рис. 4.1.

Таблиця 4.2. Рівень невідповідності масок обличчя та маски обличчя особи 1 при використанні простого порівняння еталонів

Особа	I	I / I(1)
1	55241	1
2	98237	1,778
3	102245	1,851
4	130745	2,367
5	156879	2,840
6	247854	4,487

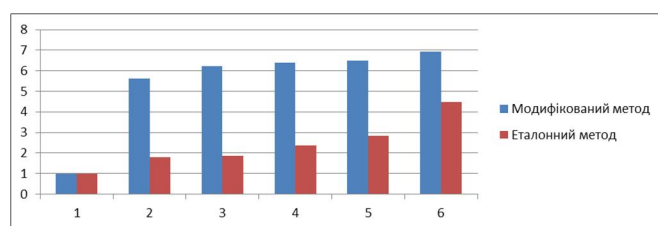


Рис. 4.1. Рівень невідповідності масок обличчя та маски обличчя особи 1

#### 4. Висновки

Задача розпізнавання обличчя є надзвичайно актуальною, оскільки в порівнянні з іншими засобами ідентифікації особи немає необхідності безпосереднього контакту системи і людини.

Більшість алгоритмів, які працюють на 2д даних можна значно ефективніше реалізувати, використовуючи 2.5д дані.

Отримана система може працювати при дуже сильному чи дуже слабкому, чи неоднорідному освітленні.

В порівнянні із методом порівняння еталонів використання активної моделі обличчя дозволило пришвидшити розпізнавання в ~248 раз та покращити якість розпізнавання в ~3 рази.

#### Список використаних джерел

1. AA Gladkih, VE Dement'ev. Basic principles of information security of computer networks. Ulyanovsk: UISTU 2009. – pp. 54-62. (in Russian).
2. Daijain Kim, Jaewon Sung. Automated face analysis: emerging technologies and research. Hershey, New York, 2009
3. K. C. Lee, J. Ho, and D. Kriegman, "Acquiring linear subspaces for face recognition under variable lighting," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 27, no. 5, pp. 684–698, May 2005.
4. Claudio Perez, Vanel Lazcano, Pablo Estevez, Claudio Held. Real-time template based face recognition. International journal of Optomechatronics, 2009, Volume 3, Issue 1, 2009, pages 54-67
5. P. Tan, S. Lin, and L. Quan, "Subpixel photometric stereo," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 30, no. 8, pp. 1460–1471, Aug.2008.
6. P. Tan, S. Lin, and L. Quan, "Subpixel photometric stereo," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 30, no. 8, pp. 1460–1471, Aug. 2008.
7. T. F. Cootes, G. J. Edwards, and C. J. Taylor. Active appearance models. IEEE Trans. on Pattern Recognition and Machine Intelligence, 23(6):681–685, 2001.
8. T. F. Cootes and C. J. Taylor. Statistical models of appearance for medical image analysis and computer vision. In Proc. SPIE Medical Imaging 2001, volume 1, pages 236–248. SPIE, 2001.
9. T.F. Cootes and C.J. Taylor. Constrained active appearance models. Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on, 1:748–754 vol.1, 2001.
10. Iain Matthews and Simon Baker. Active Appearance Models Revisited. International Journal of Computer Vision, Vol. 60, No. 2, November, 2004, pp. 135 — 164.

Надійшла до редколегії 11.12.13