

ВИЯВЛЕННЯ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК НА ЗОБРАЖЕННІ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ

Муригін К.В.

Донецький державний інститут штучного інтелекту
83050, м. Донецьк, проспект Богдана Хмельницького, 84

Тел.: (0622) 926082, факс: (0622) 926082

E-mail: kir@iai.donetsk.ua

У даній роботі описуються кілька схожих підходів до задачі локалізації ключових точок обличчя на зображенні. Усі методи засновані на кореляційному пошуку в просторі векторів ознак, отриманих на основі згорток зображення обличчя людини з набором функцій Габора різних масштабів і кутів повороту. Обговорюються переваги і недоліки описаних методів, приводяться результати їх порівняння.

ВСТУП

Для рішення задачі розпізнавання людини по зображенню обличчя в даний час використовується велика кількість різноманітних методів. Однак більшість з них зіштовхуються з однією з основних труднощів – проблемою відповідності порівнюваних властивостей. Наприклад, невеликі розбіжності в масштабах та кутах зйомки можуть істотно вплинути на результат роботи алгоритмів розпізнавання, що працюють із зображенням обличчя в цілому. Одним з напрямків рішення цієї проблеми є застосування методів, що працюють з окремими деталями обличчя. У рамках таких методів проблема відповідності порівнюваних властивостей трансформується в проблему правильного виявлення і локалізації відповідних деталей зображення обличчя. Подібно тому, як у фізиці не можна порівнювати кілограми з метрами, так і при розпізнаванні не можна порівнювати, наприклад, брова й око людини.

Таким чином, задача визначення відповідності або локалізації точок обличчя, що використовуються при розпізнаванні (ключових точок), представляється дуже важливою, і виступає необхідним етапом на шляху до побудови системи ідентифікації людини по фотографії.

1. ОПИС МЕТОДУ

Серед методів заснованих на локальних властивостях останнім часом велике поширення одержав метод, що використовує як ознаки згортки вихідного зображення з набором функцій Габора [1,2]. Популярність цього підходу багато в чому

порозумівається даними біології про те, що схожу на габоровську форму має рецепторне поле клітини частини головного мозку [3,4], що відповідає за зір.

Як ознаки, що визначають властивості зображення обличчя, метод використовує вектора, що складаються з комплексних елементів, отриманих за допомогою згортки вхідного зображення обличчя з функціями Габора різних масштабів і кутів повороту [1,2]. У даній роботі використовувалися сорок функцій Габора п'яти різних масштабів і восьми орієнтацій. Таким чином, кожна точка зображення перетворювалася в описаний вектор ознак, що у деякій формі містить інформацію про розподіл яскравості навколо даної точки.

Ключові точки розташовувалися на зображенні обличчя у виді сітки (графа обличчя) прямокутної структури (4×7 точок) (див. рис. 1).

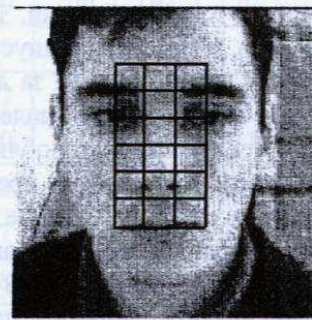


Рис. 1 - Граф обличчя, що використовувався в даній роботі. Вузли графу відповідають обраним ключовим точкам зображення обличчя.

Для зображень облич різних людей вектора ознак у ключових точках будуть відрізнятися, що пов'язано з індивідуальними особливостями обличчя, але, в той же час, вони будуть схожі, тому що описують ту ж саму ключову точку.

Для порівняння векторів ознак використовувалася міра подібності у виді косинуса кута між ними:

$$s(\vec{v}_i, \vec{v}_j) = \frac{\sum_n v_{ni} v_{nj}}{|\vec{v}_i| \cdot |\vec{v}_j|}$$

Така міра дозволяє зробити порівняння інваріантним стосовно лінійних перетворень вхідних зображень,

тому що елементи векторів ознак не залежать від постійного зсуву зображень по шкалі яскравості, а сама міра подібності інваріантна стосовно постійних множників.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ І РОЗПОДІЛ НА ЕТАПИ

Метою проведених досліджень була побудова алгоритму виявлення ключових точок на зображенні обличчя, незалежно від індивідуальних особливостей.

Як вихідні дані для досліджень використовувалася база даних векторів ознак для кожної ключової точки обличчя, розрахована на основі бази даних, що містить зображення облич 200 різних людей. Усі зображення з бази даних отримані при нормальних умовах освітлення і попередньо приведені до одного масштабу (за масштабний коефіцієнт була обрана відстань між зіницями, еталонна відстань дорівнювала 34 пікселя). На кожному зображенні обличчя були вручну відзначені ключові точки, що відповідають особливим деталям обличчя (зіниці, брови, кінчик носу, краї губ), по яких автоматично будувався граф обличчя, у вузлах якого витягалися вектора ознак. У такий спосіб були враховані розбіжності в пропорціях зображень облич різних людей.

Як відзначалося в роботах [1,2], амплітуда комплексних елементів векторів ознак є повільно мінливою функцією, що дозволяє розділити задачу локалізації ключових точок на два етапи. З огляду на зазначену властивість, можна припустити, що точність розташування графа обличчя за допомогою векторів амплітуд буде слабо залежати від невеликих відмінностей у масштабі обличчя, його пропорціях, невеликого збільшення просторового кроку при кореляційному пошуку. Усе це дозволить швидко знаходити приблизне розташування графа обличчя, побудованого з урахуванням середніх пропорцій облич, що звужить діапазони пошуку для більш точного алгоритму локалізації. Як показують дані, отримані на основі використовуваної бази даних зображень облич, середній граф обличчя має наступні параметри:

$$x_{ij} \approx 11,3 \times i \text{ и } y_{ij} \approx 9 \times j, \text{ де } i = \{0, \dots, 3\}, \text{ а } j = \{0, \dots, 6\}.$$

Таким чином, другий етап локалізації ключових точок на зображенні обличчя зводиться до уточнення отриманих приблизних координат.

3. УТОЧНЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ КЛЮЧОВИХ ТОЧОК

Для більш точного визначення координат ключових точок, амплітуд комплексних векторів ознак недостатньо. Виникає необхідність

використання фазової інформації, що має характеристичну частоту, яка відповідає частоті габоровського ядра.

Як перший і найпростіший метод був досліджений метод, що використовує середні по базі даних вектора ознак. На рисунку 2 приведена функція щільності розподілу результатів порівняння (ФЦРРП) середнього вектора ознак і векторів з бази даних для точки ока.

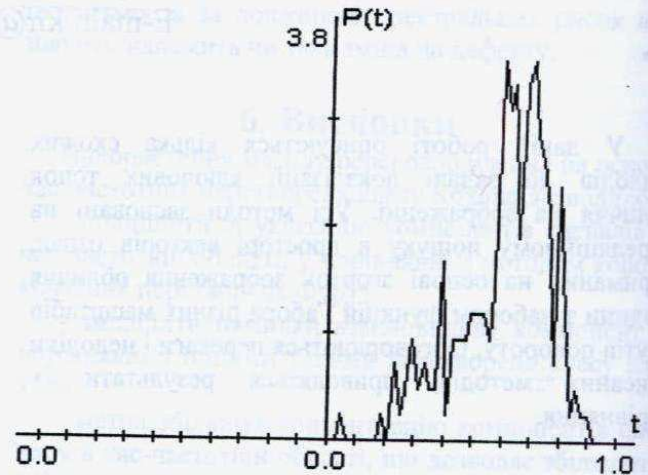


Рис. 2 - ФЦРРП середнього вектора ознак з векторами з БД.

Недоліки цього методу проявилися при першому ж випробуванні. Виявилось, що метод сильно орієнтований на середні пропорції облич. Наприклад, для точки ока пропорції обличчя визначаються взаємним розташуванням центра ока і брови, що проявилось в ефективному визначенні ключової точки для окремого класу облич і майже цілком помилкові результати для інших класів.

Для зменшення впливу на локалізацію локальних пропорцій обличчя були введені вагові коефіцієнти для елементів векторів ознак. Коефіцієнти були знайдені з умови мінімізації середньоквадратичної відстані між зображеннями одного класу, при накладенні обмеження, що виключає тривіальне не змістовне рішення. У монографії [5] відзначається, що така метрика (див. систему (1)) виражає властивість підмножини зображень, у якій вони найбільш подібні.

$$\begin{cases} d(a, b) = \sqrt{\sum_i w_i (a_i - b_i)^2}, \\ \sum_i w_i = 1. \end{cases} \quad (1)$$

Мінімізація дисперсії дає наступні значення для вагових коефіцієнтів:

$$w_i = \frac{1}{\sigma_i^2 \sum_n \frac{1}{\sigma_n^2}}$$

На основі отриманої метрики були зроблені розрахунки ФЦРРП середнього вектора ознак і

векторів з бази даних. Як приклад на рисунку 3 приведена ФЦРРП для точки ока. Отриманий розподіл має менше середнє відхилення від середнього по базі даних вектора ознак, ніж для метрики, що не використовує вагові коефіцієнти. Однак, експерименти також показали сильну залежність точності виявлення від локальних пропорцій обличчя. Крім того, уведення вагових коефіцієнтів знижує кількість аналізованої при кореляційному порівнянні інформації, що підвищує імовірність помилкового виявлення шуму, а також знижує точність локалізації ключових точок.

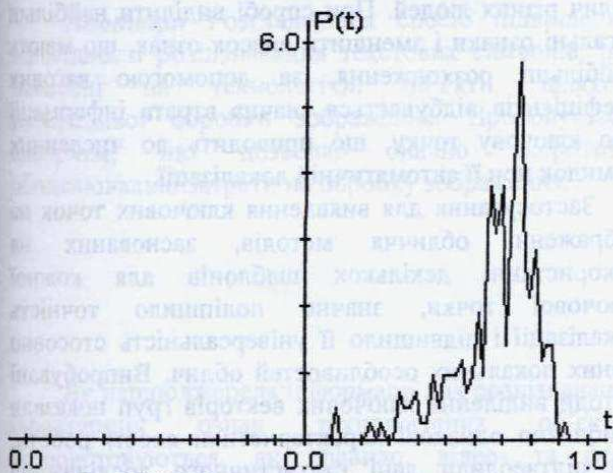


Рис. 3 - ФЦРРП середнього вектора з векторами з БД з урахуванням вагових коефіцієнтів.

Аналіз отриманих результатів показав необхідність уведення декількох шаблонів для кожної ключової точки обличчя. Це привело до задачі розділення всього класу локальних характеристик обличчя людини на групи, що мають найбільш схожі риси. Такий підхід дозволить більш точно знаходити ключові точки на зображенні обличчя, а також за рахунок класифікації локальних рис приведе до спрощення представлення обличчя в базі даних і, у кінцевому рахунку, до скорочення її обсягу. Останнє припускає подальше дослідження можливостей використання розділення на групи для вирішення задачі розпізнавання.

Для розділення векторів ознак на групи використовувалася умова обмеження відмінності між усіма векторами з групи деяким заданим числом ϵ . Після розподілу векторів ознак по групах, усі групи упорядковувалися по кількості членів і вибиралися N груп з найбільшою кількістю членів. Параметром оцінки ефективності розбивки W була кількість векторів властивостей, що потрапили в обрані N найбільш численних груп. У наших експериментах ми задали наступними значеннями параметрів: $N=10$, $W=150$ (з 200). Потім для $N=10$ була обчислена таблиця 1, у якій відбита залежність числа облич, що попадають у N груп, від числа ϵ . Значення ϵ наведені в першому рядку, індекси ключових точок, відповідно до графа рис. 1, – у першому стовпці. Напрямок нумерації вузлів графа: ліворуч - праворуч і зверху - вниз. Після цього для

$W=150$ по таблиці 1 були обчислені значення ϵ для кожної ключової точки.

Таблиця 1 Залежність W від ϵ для кожної ключової точки обличчя.

№	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0	200	191	178	148	120	93
1	199	191	167	144	113	79
2	200	191	168	138	111	77
3	200	195	185	160	131	92
4	199	190	169	126	98	55
5	200	191	163	114	83	48
6	200	191	158	129	96	56
7	200	193	182	144	102	61
8	190	165	130	96	61	43
9	200	200	192	158	120	75
10	200	199	191	165	129	78
11	199	171	132	97	68	43
12	190	157	125	98	62	38
13	200	200	197	178	129	96
14	200	200	200	187	152	108
15	199	174	138	107	70	52
16	189	177	134	105	69	48
17	200	200	197	174	140	87
18	200	200	197	179	134	100
19	199	184	152	124	84	50
20	187	159	125	106	69	42
21	200	200	193	177	149	117
22	200	200	198	185	158	120
23	197	170	137	96	72	49
24	148	114	83	61	47	33
25	190	171	149	120	80	52
26	190	177	149	121	82	63
27	139	121	92	62	50	35

Після поділу векторів ознак на групи були проведені два дослідження з визначення ключового вектора групи. У першому випадку ключовий вектор обчислювався як середній по групі. В другому – як середній між максимальним і мінімальним значенням кожної координати векторів групи. Результати обчислення ФЦРРП векторів ознак з бази даних і максимально схожих на них з 10 ключових векторів груп для обох випадків приведені відповідно на рисунках 4 і 5.

Обидва методи виділення ключових векторів груп показали добрі результати при тестуванні алгоритму виявлення ключових точок обличчя на зображеннях різних людей.

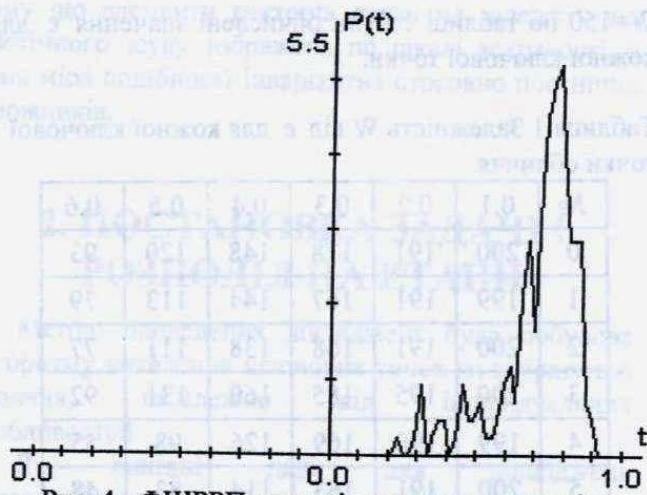


Рис. 4 - ФЩРРП середніх по групах векторів з векторами з БД.

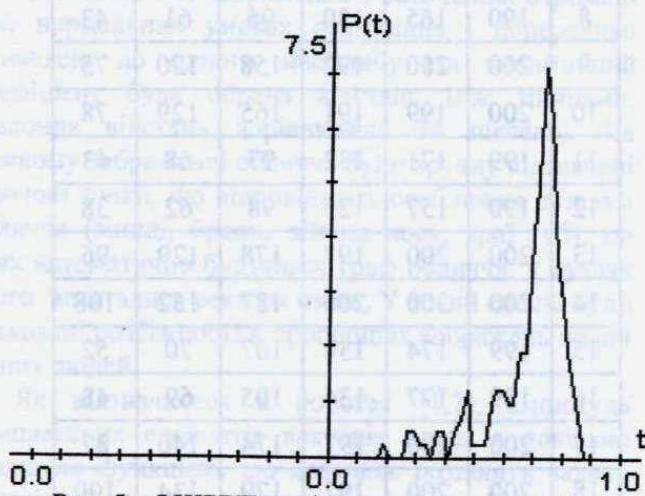


Рис. 5 - ФЩРРП медіан по групах векторів з векторами з БД.

Для порівняння усіх випробуваних методів були обчислені наступні статистичні дані: DM- середня відмінність векторів ознак з бази даних і шаблонних; $P(s > por1)$ - імовірність того, що величина порівняння вектора з бази і шаблона буде більше $por1$; $P(s > por2)$ - імовірність того, що величина порівняння вектора з бази і шаблона буде більше $por2$. Порівняльна характеристика для точки ока приведена в таблиці 2.

Таблиця 2 Порівняльна характеристика алгоритмів локалізації ключових точок на зображенні обличчя. Наведені дані відповідають точці ока.

Характеристика	DM	$P(s > 0.7)$	$P(s > 0.8)$
Метод середнього	0.59	0.35	0.05
Середній з вагами	0.66	0.57	0.15
Метод медіан по групах	0.67	0.69	0.08
Метод середнього по групах	0.70	0.70	0.21

ВИСНОВКИ

Проведені експерименти по тестуванню алгоритмів локалізації ключових точок на зображенні обличчя показали недостатність застосування одного шаблона для кожної ключової точки. Це пов'язано з індивідуальними особливостями зображень обличчя, які необхідно враховувати вже на етапі виявлення деталей обличчя. Такий результат порозумівається значним розходженням між векторами ознак, що відповідають одній ключовій точці, у зображень обличчя різних людей. При спробі виділити найбільш загальні ознаки і зменшити внесок ознак, що мають найбільші розходження, за допомогою вагових коефіцієнтів відбувається значна втрата інформації про ключову точку, що приводить до численних помилок при її автоматичній локалізації.

Застосування для виявлення ключових точок на зображенні обличчя методів, заснованих на використанні декількох шаблонів для кожної ключової точки, значно поліщило точність локалізації і підвищило її універсальність стосовно різних локальних особливостей обличчя. Випробувані методи виділення ключових векторів груп показали приблизно однакові характеристики якості роботи, що підтвердили дані статистичного дослідження (див. таб. 2, рядки 4 і 5).

Ще одна перевага підходу, заснованого на використанні декількох шаблонів, це можливість використання отриманої класифікації ключових точок обличчя для задачі розпізнавання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wiskott L., Fellous J.M., Krueger N. and von der Malsburg C. Face Recognition and Gender Determination. // Proc. of the Int. Workshop on Automatic Face- and Gesture-Recognition, Zuerich, 1995. -p.92-97.
2. M. Lades et al. Distortion invariant object recognition in the dynamic link architecture. IEEE Trans. Comput., 42(3): 300-311, 1993.
3. J. Jones, L. Palmer An evaluation of the two-dimensional Gabor-filter model of simple receptive fields in cat striate cortex. // J. Neurophysiol., 1987.-p.1233-1258.
4. D. Burr, M. Morrone, D. Spinelli Evidence for edge and bar detectors in human vision. // Vision Res., 1989, p.419-431.
5. Г.С. Себестиан Процессы принятия решений при распознавании образов. // перевод под редакцией В.И. Иваненко, «Техника», Киев, 1965.