

М. Давидов, Ю. Нікольський, С. Тиханський, В. Пасічник
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІЗЕМ В УКРАЇНСЬКІЙ ЖЕСТОВІЙ МОВІ

© Давидов М., Нікольський Ю., Тиханський С., Пасічник В., 2011

Розглянуто проблему розпізнавання артикуляції у відеопотоці. Пропонується метод розпізнавання артикуляції та його комп'ютерна реалізація. Метод протестований на відеозаписах промовляння слів та на зображеннях облич.

Ключові слова: жестова мова, артикуляція, розпізнавання образів, розпізнавання обличчя, активна модель форми, нормалізація зображення.

The articulations recognition in video stream problem is considered. Articulation recognition method and it's computer implementation are proposed. It was tested on human speech video records and on samples from the face database.

Keywords: sign language, articulation, image recognition, face recognition, active shape model, image normalization.

Постановка проблеми

Впродовж відносно тривалого часу автори статті розробляють спеціальний комп'ютерно-програмний тренажер для навчання жестовій мові. Одна з функцій, яка реалізована в цьому тренажері, дає змогу підвищити точність розпізнавання жесту на основі інформації, отриманої в результаті ідентифікації візем. Автоматичне візуальне розпізнавання жестової мови та переклад з неї у текст вимагає розв'язання низки задач, пов'язаних з ідентифікацією положення тіла людини у просторі, форми кисті руки, артикуляції, міміки, окремих жестів, семантичного та прагматичного лінгвістичного аналізу, синтезу письмового перекладу тощо. У жестовій мові важливу роль відіграє артикуляція. Артикуляція як складова мови дає змогу розрізнати різні слова, які показують одним жестом, надавати словам жестової мови емоційних відтінків, сприймати жестову мову людьми, які краще читають по губах, ніж розуміють рухи рук.

У складі програмної реалізації тренажера є словник відеозаписів жестів української жестової мови. Тренажер має можливість показу жестів зі словника, контролювання правильності виконання жесту. Програмна реалізація тренажера може адаптуватися під специфіку навчання мові жестів конкретної людини. Розроблення та впровадження такого тренажера є дуже актуальною задачею, оскільки в Україні гострою є проблема нестачі кваліфікованих кадрів для такого навчання.

Під час розроблення тренажера було розв'язано багато задач: визначено засоби введення/виведення інформації для тренажера та їх параметри, розроблено структуру програмної реалізації тренажера, розроблено та адаптовано низку алгоритмів, що розв'язують поставлену задачу.

Аналіз останніх публікацій

Механізми формування складових української жестової мови, зокрема артикуляції, досліджено у працях [1, 2]. У цих роботах автори описують синтез артикуляції на анімованих зображеннях людини. На основі експериментальних даних виділено 15 візем української мови для всіх звуків – як голосних, так і приголосних: деякі віземи відповідають кільком звукам, що підтверджує отримання неповної інформації про слово візуально. Під віземою розуміють форму губ у максимальному відхиленні від стану спокою під час промовляння відповідного звуку.

Для формування термінологічного словника статті було використано джерело [3]. Згідно з цим джерелом артикуляційний апарат – це система органів, що беруть участь у створенні звуків мови. Артикуляція – це рух елементів артикуляційного апарату, який складається з таких трьох фаз.

1. Експерсія – підготовка мовного апарату до промовляння звуку.

2. Витримка – власне промовляння зі збереженням положення органів артикуляційного апарату.

3. Рекурсія – закінчення артикуляції.

У процесі артикуляції губи як складова артикуляційного апарату набувають різних форм, кожна з яких зображається віземою.

Існує декілька розроблених методів розпізнавання параметрів артикуляції та міміки обличчя. Найпоширенішими є 3D-моделювання [1], моделювання із застосуванням моделей ASM (Active Shape Model) [4] та AAM (Active Appearance Model) [4], які призначені для обчислення характеристик обличчя, а також статистичні методи [5].

Методи з використання AAM та ASM моделей обличчя описано у праці [4]. За методом AAM обчислюють величину відмінності між моделлю та повним зображенням обличчя, а за методом ASM – лише частиною зображення, яке прив'язане до ключових точок моделі. Також у праці [4] сформульовано загальні принципи побудови систем на основі моделей ASM або AAM. Конкретні задачі вимагають адаптації цих методів із врахуванням вимог до якості розпізнавання, швидкодії, умов зовнішнього середовища, параметрів обличчя, які необхідно отримати.

У праці [6] запропоновано та досліджено спосіб покращення результатів побудови моделі ASM на основі використання інформації з попередніх кадрів. За цим методом для кожного кадру визначають границі обличчя на зображенні та порівнюють їх з границями обличчя на попередньому кадрі. На основі цього визначають зміну положення обличчя, що дає змогу точніше вибирати початкове розташування ключових точок. Такий підхід є ефективним для однорідного тла, колір якого відмінний від кольору шкіри.

Формулювання цілей статті

Впродовж багатьох років автори цієї статті здійснюють дослідження із розпізнавання жестової мови [5, 7]. У межах цих досліджень виділено коло задач, пов'язаних із аналізом артикуляції. Результати розв'язання певних таких задач викладено у статтях [8, 12].

У цій статті визначено структуру програмної реалізації тренажеру української жестової мови. Запропоновано та досліджено метод ідентифікації візем у процесі артикуляції. Цей метод використовує фільтр гауссівського розмиття, фільтр нормалізації та ASM-моделювання. Було вдосконалено фільтр нормалізації, що дало змогу зменшити втрату інформації під час його застосування, та алгоритм ASM-моделювання, що дало змогу підвищити точність розміщення контрольних точок на обличчі. Метод застосовано на тестовій базі даних відеозаписів.

Основний матеріал

Метод ідентифікації візери опрацьовує прямокутник із вписаним в нього обличчям. Цей прямокутник отримується з початкового зображення з відеопотоку застосуванням алгоритму Віюлі та Джонса [9] пошуку облич на кадрі. В результаті опрацювання отримується позначення ідентифікованої візери. Метод складається з таких етапів.

1. *Масштабування зображення.* На цьому етапі вхідне зображення перетворюють до стандартного розміру 100x100 пікселів, в якому кольори пікселів отримані білінійною інтерполяцією початкового зображення. Оскільки при цьому можуть змінитися пропорції зображення, то приклади в статті показано в оригінальних розмірах.

2. *Попередня фільтрація зображення.* На цьому етапі опрацьовують масштабоване зображення. Для цього застосовують фільтри у певній послідовності. Попередньо фільтрують зображення для зменшення залежності результатів розпізнавання від нерівномірності освітлення, зашумленості зображення, неточної передачі кольорів камерою тощо. Для попередньої фільтрації обрано фільтри гауссівського розмиття та нормалізації кольорів зображення.

3. *Знаходження моделі губ.* На цьому етапі визначають множину координат ключових точок на зображенні губ, взаємне розташування яких визначає їх форму. Для знаходження моделі губ модифіковано метод ASM, що дає змогу розпізнавати форму об'єкта на зображенні навіть у разі сильної деформації об'єкта [4].

4. *Ідентифікація візми на обличчі.* На цьому етапі визначають візему, яка найімовірніше є на моделі обличчя.

Для зменшення шумів, утворених на зображенні через особливості камери, використано фільтр гауссівського розмиття. Вхідними даними цього фільтра розмиття є параметр s , ($s > 0$) та зображення у форматі RGB, у якому значення яскравості пікселів кожного кольору задано числом з проміжку $[0; 255]$. Фільтр гауссівського розмиття застосовано для кожного кольору. Застосування фільтра гауссівського розмиття полягає у виконанні операції згортки зображення за формулою

$$m'_{ij} = \sum_{k=1}^{2 \cdot L + 1} \sum_{l=1}^{2 \cdot L + 1} m_{i-k+L+1, j-l+L+1} \cdot g_{kl}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 100, \quad (1)$$

де m_{ij} – елемент матриці яскравості пікселів розмірів 100×100 для вхідного зображення, m'_{ij} – елемент матриці яскравості пікселів розмірів 100×100 для опрацьованого зображення, $L = \lceil 3 \cdot s \rceil$, g_{ij} – елемент матриці ядра згортки, яку задано матрицею розмірів $(2 \cdot L + 1) \times (2 \cdot L + 1)$ з елементами обчисленими як значення функції Гаусса вигляду

$$g_{ij} = \frac{1}{2\pi s^2} e^{-\frac{(i-L+1)^2 + (j-L+1)^2}{2s^2}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 2 \cdot L + 1. \quad (2)$$

Для вирівнювання яскравості всіх пікселів із збереженням інформації про колір було використано фільтр нормалізації зображення, що зменшує вплив нерівномірності освітлення. Для зменшення втрати інформації про контури вдосконалено метод нормалізації [10] на основі застосування фільтра гауссівського розмиття до матриці коефіцієнтів K . Вхідними даними вдосконаленого методу є параметр $l \in [0; 255]$, параметр s та зображення, опрацьоване фільтром гауссівського розмиття. Початкове зображення задано матрицями R, G, B розмірів 100×100 , а отримане зображення – матрицями R', G', B' розмірів 100×100 .

Метод нормалізації зображення складається з трьох кроків.

1. Обчислення матриці коефіцієнтів K розмірів 100×100 з елементами

$$k_{ij} = \frac{3 \cdot l}{r_{ij} + g_{ij} + b_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, 100.$$

2. Застосування фільтра гауссівського розмиття до матриць R, G, B з параметром s за формулами (1) та (2).

3. Обчислення матриць R', G', B' з елементами $r'_{ij} = \lfloor r_{ij} \cdot k_{ij} \rfloor$, $g'_{ij} = \lfloor g_{ij} \cdot k_{ij} \rfloor$, $b'_{ij} = \lfloor b_{ij} \cdot k_{ij} \rfloor$, $i, j = 1, 2, \dots, 100$.

Регулювання ступеня розмиття матриці коефіцієнтів виконується параметром s . На рис. 1, б показано зображення до нормалізації, а на рис. 1, б, в – результат застосування вдосконаленого алгоритму нормалізації для $l = 128$ та $s = 1$.

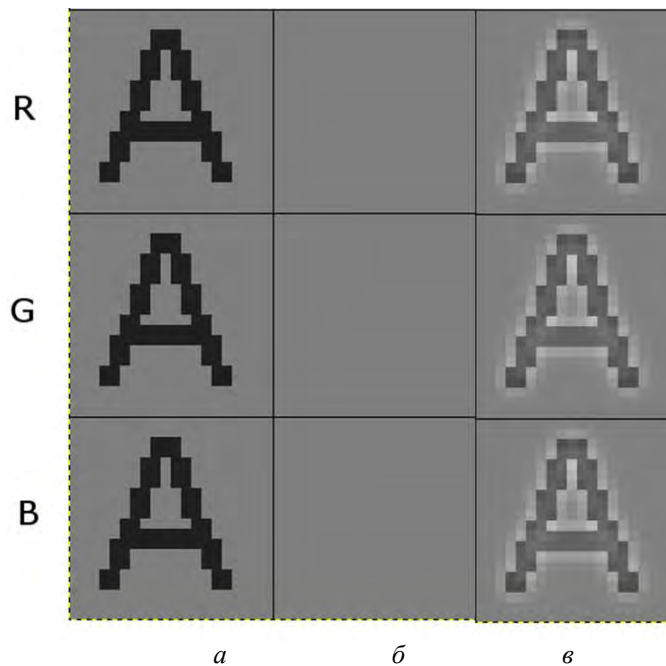


Рис. 1. Втрати інформації про контури у разі застосування фільтра нормалізації зображення: а – зображення до застосування фільтра нормалізації; б – зображення, отримане із застосуванням фільтра нормалізації при $l = 128$; в – зображення, отримане із застосуванням вдосконаленого фільтра нормалізації при $l = 128, s = 1$

Розроблений метод побудови моделі губ є модифікацією методу ASM. За цим методом будують модель конкретного обличчя як множину ключових точок на його зображенні. Існуюче еталонне розташування ключових точок за методом ASM уточнюють ітеративним перерахунком координат цих точок для конкретного обличчя. Модифікація методу ASM опрацьовує не обличчя повністю, а лише зображення губ. Відповідно, замість повної моделі обличчя використовується модель губ. Для застосування цього методу зображення обличчя RGB-формату перетворене на зображення у відтінках сірого, в якому кожен піксел задано значенням яскравості в діапазоні $[0; 255]$.

Модель губ є множиною ключових точок – вершин графу-цикла $C_6 = (V, E)$, де $V = \{p_1, p_2, \dots, p_6\}$, $E = \{\{p_1, p_2\}, \{p_2, p_3\}, \{p_3, p_4\}, \{p_4, p_5\}, \{p_5, p_6\}, \{p_6, p_1\}\}$. Модель губ задамо кортежем ключових точок $P = (p_1, p_2, \dots, p_6)$, а кожен ключову точку $p_i, i = 1, 2, \dots, 6$ координатами $p_i = (p_{ix}, p_{iy})$. Приклад моделі губ показано на рис. 2.

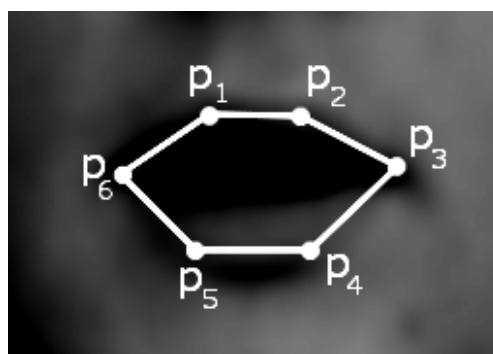


Рис. 2. Приклад моделі губ, нанесеної на їх зображення

За методом ASM опрацьовано такі зображення:

- досліджуваного обличчя, яке подане матрицею M розмірів 100×100 , та початкове наближення моделі губ, яка подана 6-елементним кортежем ключових точок P (рис. 3);
- еталонного обличчя, поданого матрицею N розмірів 100×100 , та еталонною моделлю губ, поданою 6-елементним кортежем ключових точок R (рис. 4).

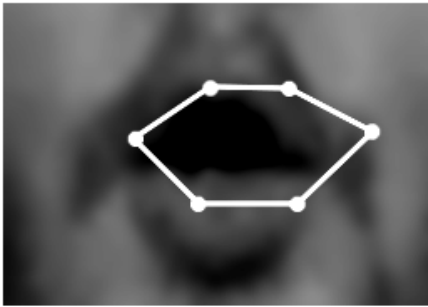


Рис. 3. Досліджуване зображення губ з початковим наближенням моделі

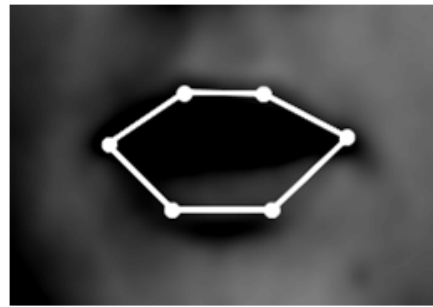


Рис. 4. Еталонне зображення губ з еталонною моделлю

Еталонне зображення обличчя та еталонну модель губ створюємо один раз і використовуємо для всіх кадрів, що опрацьовуємо методом ASM.

Метод пошуку моделі губ ґрунтується на порівнянні моделі губ на еталонному та досліджуваному обличчях. Для виконання алгоритму введемо поняття локальної структури ключової точки p_k , $k = 1, 2, \dots, 6$, під якою розуміємо яскравість пікселів в її околі. Околом точки p_k є піксели, які знаходяться у прямокутній області з центром у точці p_k (рис. 5).

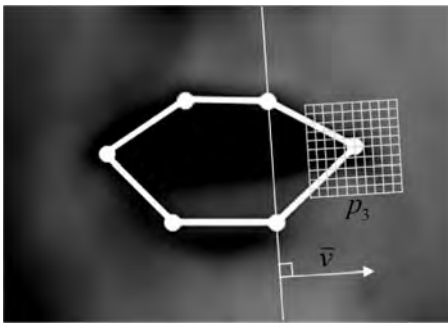


Рис. 5. Точки з околу p_k , значення яскравостей яких визначають локальну структуру

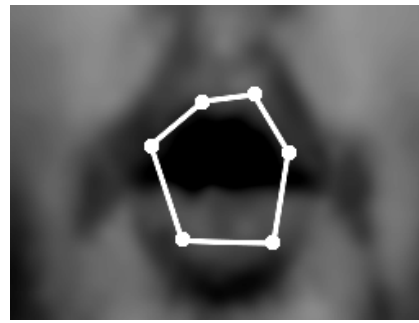


Рис. 6. Результат побудови моделі губ запропонованою модифікацією методу ASM

Для побудови локальної структури треба:

- побудувати вектор $v = (v_x, v_y)$ нормалі до прямої, проведеної через дві суміжні до p_k вершини моделі P . Вектор напрямлений у півплощину, в якій знаходиться точка p_k , а його довжина дорівнює відстані між цими вершинами.

- обчислити координати точок $(c_{xl}^{(k)}, c_{yl}^{(k)})$, де $l = 11i + j + 61$ для всіх цілих $i, j \in [-5; 5]$ за формулами $c_{xl}^{(k)} = \lfloor p_{kx} + i v_x + j v_y \rfloor$, $c_{yl}^{(k)} = \lfloor p_{ky} + i v_y + j v_x \rfloor$.

Локальну структуру ключової точки p_k на досліджуваному зображенні M подають кортежем L з елементами $l_q = m_{c_{xq}, c_{yq}}$, $q = 1, 2, \dots, 121$.

Міру подібності r локальних структур L_1 та L_2 обчислюють за формулою

$$r(L_1, L_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^{121} (l_i^{(2)} - l_i^{(1)})^2}, \quad l_i^{(1)} \in L_1, l_i^{(2)} \in L_2.$$

Якщо $r = 0$, то локальні структури однакові.

Модель зображення губ – це пара $G = (M, P)$, де M – матриця зображення обличчя, P – модель губ. Для моделей зображення губ введемо міру подібності I за правилом

$$I(G_1, G_2) = \sum_{k=1}^6 r(L_k^{(G_1)}, L_k^{(G_2)}),$$

де $L_k^{(G)}$ – локальна структура точки p_k у моделі зображення губ G .

Результатом виконання алгоритму пошуку моделі губ є модель губ P^* . Для її побудови необхідно побудувати таку збіжну послідовність моделей P_0, P_1, P_2, \dots , що $P_n \rightarrow P^*$ при $n \rightarrow \infty$, де P_0 – початкова модель губ, $P_n = F(P_{n-1}), n = 1, 2, \dots$

Обчислення відображення F полягає у мінімізації:

- міри подібності при зсуві всіх точок моделі губ;
- міри подібності при зсуві кожної точки моделі губ.

Для спрощення позначень індекс n далі опущено там, де він погіршує сприйняття.

Першу задачу розв'язуємо зміщенням усіх точок моделі губ P_{n-1} на величини $i^* \Delta x$ та $j^* \Delta y$ по осях абсцис і ординат, відповідно, де Δx , Δy – задані фіксовані значення. У результаті отримуємо нову модель губ P'_n з елементами $p_k^* = (p_{kx} + i^* \Delta x, p_{ky} + j^* \Delta y)$, $k = 1, 2, \dots, 6$.

Пару цілих значень (i^*, j^*) отримано за співвідношенням

$$(i^*, j^*) = \arg \min_{(i, j) \in I \times J} I(G^{(i, j)}, G_N),$$

де $G_N = (N, R)$ – модель зображення губ еталонного зображення, $I = J = [-5; 5]$, $G^{(i, j)}$ – модель зображення губ, яку визначено для моделі губ з ключовими точками

$$p_k' = (p_{kx} + i \Delta x, p_{ky} + j \Delta y), k = 1, 2, \dots, 6.$$

Другу задачу розв'язуємо зміщенням кожної точки моделі губ P'_n . Модель губ P_n з координатами p_k'' обчислюємо з моделі губ P'_n з координатами p_k^* зміщенням точок моделі губ P'_n на величини $i_t^* \Delta x$, $j_t^* \Delta y$, $t = 1, 2, \dots, 6$ по осях абсцис і ординат, відповідно

$$p_k'' = (p_{kx} + i_t^* \Delta x, p_{ky} + j_t^* \Delta y), k = 1, 2, \dots, 6.$$

Пару цілих значень (i_t^*, j_t^*) отримано за співвідношенням

$$(i_t^*, j_t^*) = \arg \min_{(i_t, j_t) \in I \times J} I(G^{(i_t, j_t)}(t), G_N),$$

де $G^{(i_t, j_t)}(t)$ – моделі зображень губ, які визначені для моделей губ з ключовими точками

$$p_k'' = \begin{cases} (p_{kx} + i_t \Delta x, p_{ky} + j_t \Delta y), & \text{якщо } k = t, \\ (p_{kx}, p_{ky}), & \text{якщо } k \neq t. \end{cases}$$

За результатами експериментів [4] для точного визначення положення ключових точок треба виконати $n = 18$ ітерацій. Приклад побудови моделі губ запропонованою модифікацією методу ASM показано на рис. 6.

Ідентифікують візему, порівнюючи побудовану модель губ P та кожну модель з множини еталонних моделей губ візем $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$, де n – кількість візем.

Міру подібності моделей губ P , $p_i \in P$, $i = 1, 2, \dots, 6$ та R , $r_i \in R$, $i = 1, 2, \dots, 6$ обчислюємо за формулою

$$d(P, R) = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 \left(\sqrt{(p_{ix} - p_{jx})^2 + (p_{iy} - p_{jy})^2} - \sqrt{(r_{ix} - r_{jx})^2 + (r_{iy} - r_{jy})^2} \right)^2, \quad (3)$$

де $(p_{ix}, p_{iy}) \in P$, $(r_{ix}, r_{iy}) \in R$.

Що менші значення d , то подібніші моделі. Результатом ідентифікації є візема v , яка отримується із співвідношення $v = \arg \min_{e \in E} d(P, e)$.

Структура програмної реалізації системи розпізнавання артикуляції

Під час аналізу системи було виділено дві підсистеми, для яких здійснено програмну реалізацію: підсистему навчання та підсистему розпізнавання. Підсистема розпізнавання взаємодіє з такими зовнішніми сутностями:

- людина, що розмовляє мовою жестів перед відеокамерою;
- навчальні приклади, за допомогою яких побудовано моделі обличчя та моделі зображень облич;
- засоби виведення результатів, наприклад, монітор, на який виводиться позначення розпізнаних візем або інша система, яка використовує результати роботи системи розпізнавання.

Для створення моделей у підсистемі навчання використано навчальні приклади із зображеннями облич та моделями губ. Крім того, для кожного зображення обличчя задано візему, якій відповідає це зображення. В результаті роботи цієї підсистеми в сховище даних “Моделі” записано моделі губ візем та локальні структури ключових точок. Підсистема навчання обробляє навчальні приклади та визначає параметри моделей, які використовують для розпізнавання артикуляції. Перетворюють дані з навчальних прикладів на готові моделі у такій послідовності.

1. Попередня фільтрація вхідних зображень. Застосовується для усунення впливу факторів зовнішнього середовища на результати розпізнавання. На цьому кроці, наскільки це можливо, усуваються шуми відеокамери, змінні параметри освітлення тощо.
2. Отримання параметрів зображення. Визначають модель губ та локальних структур для кожного навчального зображення.
3. Побудова узагальнених моделей губ та локальних структур.

Підсистема розпізнавання розпізнає віземи з кадрів відеопотоку, використовуючи моделі зі сховища даних “Моделі”. Вхідними даними цієї підсистеми є зображення з відеокамери, а вихідними даними – позначення розпізнаної віземи. Ця підсистема отримує зображення з відеокамери, обробляє його та класифікує відповідно до зображеної віземи. Процес класифікації складається з таких кроків.

1. Попередня фільтрація вхідного зображення. Виконується для зменшення впливу умов зовнішнього середовища на результати розпізнавання. Під час попередньої фільтрації усуваються шуми відеокамери, зменшується вплив змінних параметрів освітлення тощо.
2. Визначення моделі губ. Знаходять модель губ для обличчя на вхідному зображенні. Для цього використовується модель зображення обличчя зі сховища даних “Моделі”.
3. Визначення віземи. Здійснюється класифікація моделі обличчя, отриманої на попередньому кроці.

Експерименти застосування алгоритму для розпізнавання артикуляції

Програмна реалізація методу ідентифікації візем є програмним комплексом мовою C++, в якому з бібліотеки OpenCV використано функції отримання зображення з відеокамери та пошуку обличчя на зображенні. Експерименти з тестування розроблених алгоритмів було розбито на три групи.

1. Перевірка точності знаходження моделі губ.
2. Перевірка ідентифікації візем у разі фронтального освітлення обличчя.
3. Перевірка ідентифікації візем за різних умов освітлення обличчя.

Для проведення першої групи експериментів було використано базу обличчя “BioID” [11], яка містить 1521 зображення 23 осіб анфас. Відеозаписи для цієї бази було виконано за фронтального освітлення обличчя (рис. 7а).

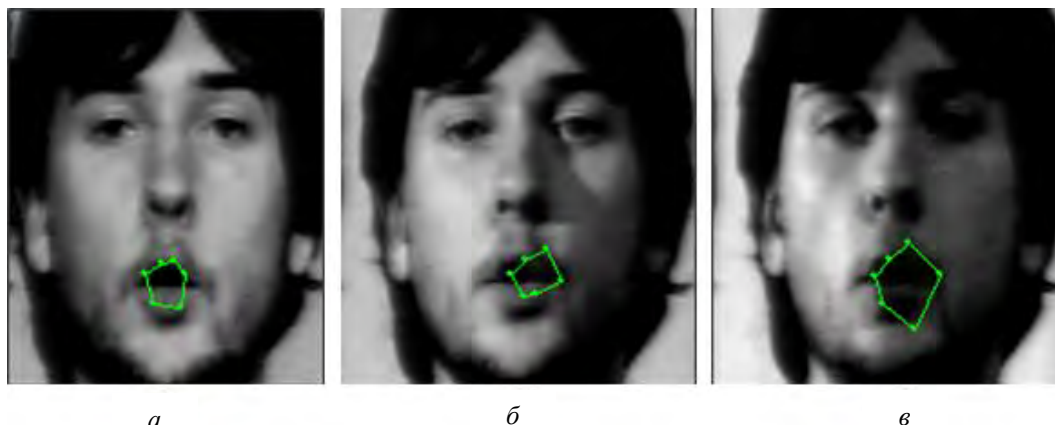


Рис. 7. Вплив освітлення на точність знаходження ключових точок губ: а – фронтальне освітлення; б – фронтально-бокове освітлення; в – бокове освітлення

Кожен експеримент проведено за такою схемою.

1. Обрано зображення однієї людини з бази. Усю множину зображень розбито на дві підмножини: еталонних та досліджуваних зображень.

2. На усіх зображеннях розставлено ключові точки для отримання моделей губ.

3. Обрано пару зображень: одне з множини еталонних і одне з множини досліджуваних зображень. Для еталонного зображення обчислено матрицю N та еталонну модель губ R . Для досліджуваного зображення обчислено матрицю M та початкове наближення моделі губ P .

4. Із застосуванням модифікованого алгоритму ASM отримано модель губ досліджуваного зображення P^* .

5. Обчислено відстань за формулою (3) між отриманою моделлю губ P^* та моделлю \tilde{P} , отриманою для цього зображення у другому пункті.

6. Якщо обчислена відстань була меншою за порогове значення, то результат експерименту вважали успішним, інакше – не успішним. Порогове значення, за якого деформація моделі ще була незначною, отримане експериментально.

Загалом у першій групі експериментів опрацьовано зображення обличчя 15 людей. Успішний результат отримано у 78% експериментів. Другу групу експериментів було проведено з використанням бази відеозаписів артикуляції слів української мови. База складається з 50 слів української мови.

Перед проведенням другої групи експериментів створено моделі губ кожної віземи. Експеримент проведено за такою схемою:

1. Обрано одне слово з бази.

2. Для кожного кадру відеозапису слова визначено, якій віземі відповідає форма губ.

3. Застосовано алгоритм ідентифікації віземи на кожному кадрі відеозапису.

4. Для кожної віземи слова пораховано, на скількох кадрах візему ідентифіковано правильно. Якщо візему правильно ідентифіковано більше ніж на половині кадрів, то вважаємо, що загалом візему ідентифіковано правильно.

У результаті проведення експериментів з другої групи опрацьовано усі 50 слів з бази. Правильно ідентифіковано 89 з 119 візем (74 %). Кількість правильно ідентифікованих візем для кожного типу візем подано у таблиці.

На рис. 8 і рис. 9. показано кадри відеозапису слова “Тато” з бази: на рис. 8 – при промовлянні звуку “А”, на рис. 9 – при промовлянні звуку “О”.

Результати ідентифікації візем

№ віземи	Звуки, що відповідають віземі	Кількість опрацьованих візем	Кількість правильно ідентифікованих візем
1	А	14	10
2	О	19	12
3	У	30	26
4	Е	44	33
5	І, И	12	8
Загалом		119	89

Для третьої групи експериментів створено базу відеозаписів артикуляції слів української мови, записаних при різних умовах освітлення. База містить 300 відеозаписів 10 слів при 30 різних умовах освітлення. Умови освітлення відрізняються:

- розташуванням джерела світла;
- типом джерела світла;
- температурою кольору світла;
- фоновим освітленням.

Схема третьої групи експериментів аналогічна схемі другої групи експериментів.

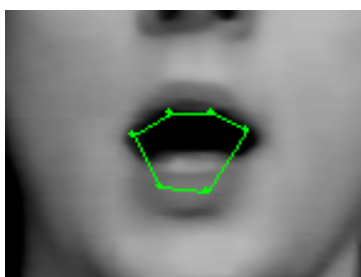


Рис. 8. Розпізнавання віземи "А" слова "Тато"

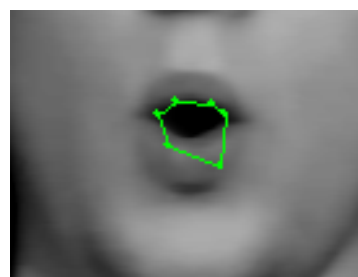


Рис. 9. Розпізнавання віземи "О" слова "Тато"

У третій групі експериментів опрацьовано 70 відеозаписів 5 слів за 14 умов освітлення. Правильно ідентифіковано 37 % візем. Низький результат показує, що алгоритм недостатньо добре ідентифікує віземи зав умов нерівномірного освітлення обличчя (коли на обличчі присутні тіні). На рис.7 показано вплив напрямку освітлення на результат застосування алгоритму під час ідентифікації віземи "О": на рис. 7а джерело світла знаходиться попереду, на рис. 7б джерело світла відхилено на кут 45° , на рис. 7в джерело світла відхилено на кут 90° .

Висновки

У статті запропоновано та досліджено комплекс методів та засобів побудови системи ідентифікації візем під час артикуляції людини. Програмну реалізацію було виконано за допомогою засобів мови C++ та бібліотеки OpenCV. Запропонований метод використовує фільтр гауссівського розмиття, вдосконалений фільтр нормалізації, модифікацію методу ASM для знаходження моделі губ. Описано експерименти, які проведено для тестування розроблених на основі методу алгоритмів та результати цих експериментів. Експерименти показали високий рівень ідентифікації візем при фронтальному освітленні обличчя, проте із погіршенням умов освітлення кількість правильно ідентифікованих візем зменшується. Зараз автори ведуть роботу над усуненням впливу умов освітлення на результат розпізнавання.

1. Інформаційна технологія для моделювання української жестової мови / Ю. Г. Кривонос, Ю. В. Крак, О. В. Бармак, А. С. Тернов, Б. А. Троценко // *Искусственный интеллект*. – 2009. – №3. – С.186–197. 2. Мурыгин К. В. Концепция системы распознавания речи на основе чтения по губам // *Искусственный интеллект*. – 2009. – №2. – С.116–123. 3. Wikipedia - [Електронний ресурс]: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Артикуляция>. 4. Stan Z. Li. *Handbook of face recognition* / Stan Z. Li, Anil

K. Jain. – Springer-Verlag London Limited. – 2005. – 395 с. 5. Давидов М. В. Вибір ефективного методу опрацювання зображень на основі еталону для ідентифікації елементів жестової мови / М. В. Давидов, В. В. Пасічник, Ю. В. Нікольський // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики: Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. —2008. — №139. — С. 59—68. 6. Saat Akyol Evaluation of ASM head tracker for robustness against occlusion / Saat Akyol, Jörg Zieren. – Proceedings of the International Conference on Imaging Science, Systems, and Technology (CISST 02), June 24-27, Las Vegas, Nevada. Volume I, CSREA Press, ISBN 1-892512-95-5. 7. Давидов М. В. Методи та засоби опрацювання зображень реального часу для ідентифікації елементів жестової мови / М. В. Давидов, Ю. В. Нікольський // Штучний інтелект: наук.-техн. журнал. – Донецьк: Державний університет інформатики і штучного інтелекту, 2008. – №1. – С. 131–138. 8. Давидов М. В. Визначення форми губ при артикуляції в українській жестовій мові / М. В. Давидов, Ю. В. Нікольський, С. М. Тиханський // Інформаційні системи та мережі. Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. – 2010. – №673. – С. 267–273. 9. Robust Real-time Object Detection / Paul Viola, Michael Jones. – International Journal of Computer Vision (2001), Volume 57, Issue 2, Publisher Citeseer, Pages: 137–154. 10. Normalized RGB - [Електронний ресурс]: <http://www.aishack.in/2010/01/normalized-rgb/>. 11. BioID face database [Електронний ресурс]: <http://www.bioid.com/support/downloads/software/bioid-face-database.html>.

УДК 004.9

¹ Я. Драган, ² М. Медиковський, ³ Н. Шаховська
Національний університет “Львівська політехніка”,
¹кафедра програмного забезпечення,
²кафедра автоматизованих систем управління,
³кафедра інформаційних систем та мереж

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ І ПРОБЛЕМА КОНЦЕПЦІЇ ПРОСТОРУ ДАНИХ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

© Драган Я., Медиковський М., Шаховська Н., 2011

Як вислід системного аналізу онтології понять, що стосуються формування рішень, та аналогій з відомими науковими фактами обґрунтовано запровадження поняття простору даних.

Ключові слова: формування рішень, інформація, відомості, дані, простір даних.

As outcome of system analysis ontology concepts concerning the formation of solutions and analogies with the known scientific facts there is justified the introduction of the concept of dataspace.

Keywords: decisions formation, information, data, dataspace.

Реконструкція проблеми

Новий науковий напрямок досліджень, що стимульований потребами Другої світової війни, виник як поєднання ідей та результатів двох галузей досліджень, відомих під назвами кібернетика та теорія інформації. Перша виникла як результат розширення ідеї про однаковість принципів керування у живих організмах та штучних утворах, що її висловив на початку минулого століття катеринославець Ярослав Грдіна і широко розпропагував американець, батьки якого походили з Білорусі (батько навіть був у Америці викладачем слов'янських мов), Норберт Вінер [1]. А становлення теорії інформації (як її дуже невдало стали називати) пов'язують з ім'ям Клода Шеннона, який у 1948 р. опублікував статтю “Математична теорія комунікації” (рос. связи) (див.