УДК 004.8

Бармак О.В.[1], д.т.н., доцент
Крак Ю.В.[2], д.ф.-м.н., проф.

Інформаційна технологія для класифікації слабо роздільних елементів дактильної абетки жестової мови

[1] Хмельницький національний університет, 29000, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11,
e-mail: barmak@svitonline.com
[2] Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 83000, м. Київ, пр-т. Глушкова 4д,
e-mail: yuri.krak@gmail.com

O.V.Barmak[1], PhD in Tech., ass.prof.
Iu.V.Krak[2], PhD in Math., prof.

Information technology for classifying slightly separate elements sign language alphabet

[1] Khmelnytskyi National University, 29000, Khmelnytskyi, Instytutska str., 11,
e-mail: barmak@svitonline.com
[2] Taras Shevchenko National University of Kyiv, 83000, Kyiv, Glushkova st., 4d,
e-mail: yuri.krak@gmail.com

Розглядається створення інформаційної технології ідентифікації знаків дактильної абетки для української жестової мови. Інформаційна технологія базується на результатах аналізу інформативності ознак, запропонованих для розпізнавання. Технологія розпізнавання враховує вимоги відтворення жестового мовлення людьми з різними розмірами рук та на різних фокусних відстанях.

Ключові слова: дактильна абетка, інформаційна технологія, розпізнавання.

Information technology for Ukrainian sign language alphabet identification is creation. Information technology is basing on an analysis of informative signs features for recognition, such as human hand geometric and topological parameters, descriptors of contour analysis, dynamical changes etc. Advantages offered dactyl alphabet recognition technology lies in the fact that the requirements captured people of reproduction sign broadcasting the hands with a different sizes and at different focal lengths.

For testing information technology were taken by a group of people from different age and sex characteristics. In demonstrations on different focal length as man and as woman correct identification was obtained in 80-87% of cases. For a group of people who know sign language (teachers of special schools and professional sign language interpreters) the recognition rate was 98%. The results that was obtained in this paper a demonstrate the effectiveness and good quality of the proposed methods.

Key Words:.sign language, information technology, recognition.

Статтю представив д.ф.-м.н., проф. Хусаінов Денис Ях'євич

ВСТУП

Дактильна абетка жестової мови глухих є засобом, за допомогою якого, букви алфавіту подаються у вигляді конфігурацій пальців руки та відображають власні значення мови (прізвища, назви населених пунктів, речовин тощо) тобто ті значення для яких відсутні відповідні позначення у вигляді жестів [1]. Розвиток інформаційних технологій, доступність комунікаційних пристроїв дозволяє запропонувати засоби, які спростили б спілкування між глухими і чуючими людьми.

Дослідження спрямовані на розробку підходів, що дозволять створити доступні засоби комунікації для глухих людей з метою повноцінного включення їх у суспільство.

Для вирішення задачі розпізнавання дактильної абетки жестової мови з потокового відео зображення проведені дослідження з метою визначення характеристичних ознак подання кисті руки при відтворенні дактилем [2]. Досліджувалося вхідне відео зображення, що містить показ людиною знаків дактильної абетки та певні перетворення зображення, що дозволяють отримати на виході ідентифікований знак (букву) українського алфавіту. Ідентифікація враховувала відтворення дактиля людьми з різними розмірами рук і при фіксації даного процесу з різних фокусних відстаней. На

© О.В. Бармак, Ю.В. Крак, 2015

зображенні виділялася кисть руки і фіксувалися її крайні точки: зверху, ліворуч, унизу й справа. У результаті дослідження отримані наступні групи характеристичних ознак: 1) кут між векторами, проведеними з центру до крайніх точок (x_2, x_3, x_4, x_5); 2) нормована довжина вектору, що проведений з центру до крайніх точок (x_6, x_7, x_8, x_9); 3) компактність, спрямованість, витягнутість, відношення ширини до висоти $(x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_1)$; 4) дескриптори контурного аналізу $(x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52})$; 5) ознака динамічності дактилеми (x_0) [2].

Аналіз дактилем з амплітудою руху, ознакою яких є траєкторії переміщення координат центра мас руки, показав стійку ідентифікацію дактилем Д, З и Ь. Дактилеми Й, К, Ц, Щ, Ї, Є запропоновано ідентифікувати як нерухомі, але при цьому враховувати наявність траєкторії (це дозволяє розділити однакові по конфігурації руки дактилеми: І(Ї), И(Й), Ш(Щ)).

У результаті аналізу статичних дактилем отримано, що ознака x_1 дозволяє стійко ідентифікувати підмножину дактилем {Б, Ш, К, Ц}. Ознака x_{10} дозволяє визначити дактилему Т, а ознака x_{12} дактилему Г.

Для множини дактилем, що не ідентифікується вище наведеними способами, проведено аналіз інформативності характеристичних ознак за вище наведеними групами. В результаті отримано, що найефективнішими ознаками є ознаки з групи 4 (дескриптори контурного аналізу: $(x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52})$)[2,3].

Постановка задачі. Запропонувати інформаційну технологію ідентифікації знаків дактильної абетки для української жестової мови. Інформаційна технологія повинна враховувати вимоги відтворення жестового мовлення людьми з різними розмірами рук та на різних фокусних відстанях

ОПИС ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Запропоновано інформаційну технологію, що полягає у побудові каскадного класифікатора, за допомогою якого множина дактилем розбивається на стало роздільні підмножини. У цих підмножинах дактилеми роздільні дещо менше, тому запропоновані інші підходи для їх ідентифікації.

Процес отримання з вхідного відео потоку, що містить показ дактилем української дактильної абетки, на виході ідентифікованого символу-дактиля полягає у наступних перетвореннях: блок 1 – забезпечення відео потоку, що містить показ елементів дактильної абетки, виділення області кисті руки; блок 2 – отримання параметрів моделі руки ($x_1, x_{11}, x_{12}, x_{49}, ..., x_{52}$); блок 3 – аналіз динамічності дактилеми; блок 4 – визначення підмножини, до якої належить дактилема; блок 5 – розбиття множини слабо роздільних дактилем за допомогою гіперплощинної класифікації; блок 6 – ідентифікація дактилеми з обмеженої підмножини.

Блок 1 (вхідна інформація). Інформаційна технологія забезпечує: 1) захоплення відеопотоку з web-камери та 2) завдання порогових параметрів, що залежать від середовища в якому проводиться відео фіксація.

Блок 2. Інформаційна технологія забезпечує: 1) попередню обробку зображення (відділення області руки, перетворення над зображенням); 2) подання параметрів моделі руки. Попередня обробка зображення полягає у виконанні наступних кроків: переведення зображення у сірі тони; переведення зображення у чорно-білі кольори; переведення зображення в формат HSV; виділення області руки на зображенні.

Блок 3. Інформаційна технологія забезпечує визначення ознаки статичності чи динамічності дактилеми (ознака x_0). Алгоритм забезпечує визначення наступних значень ознаки: $x_0 = 0$ – статична дактилема; $x_0 = 1$ – динамічна дактилема Д; $x_0 = 2$ – динамічна дактилема З; $x_0 = 3$ – динамічна дактилема Ь; $x_0 = 4$ – динамічні дактилеми Ї,Й,Щ,К,Є.

Блок 4. Інформаційна технологія забезпечує віднесення статичної дактилеми до певної підмножини дактилем. Згідно аналізу, використовуючи ознаки x_1, x_{10}, x_{12}, можна розділити статичні дактилеми на наступні підмножини: {Б,Ш,К,Ц}, {Т}, {Г}, {А,В,Е,Є,И,І,Л,М,Н,Р,С,У,Ф,Х,Ч,Ю,Я}. Розділення полягає в аналізі входження ознак x_1, x_{10}, x_{12} у визначені проміжки.

Відзначимо, що одна із підмножин, отриманих у результаті роботи Блоку 4, має досить великий розмір. Дактилеми, що належать цій множині є слабо роздільними.

Блок 5. Інформаційної технологія має забезпечити розбиття цієї множини на чотири підмножини меншого розміру. Для цього

пропонується використати гіперплощину класифікацію[3]. За результатами попереднього аналізу, за вектор ознак взято дескриптори контурного аналізу $(x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52})$.

З аналізу відстаней між дактилемами можна запропонувати наступне розбиття множини дактилем (рис. 1) спочатку на 2 підмножини: {Е,С,Х,Ч,Я,В,Є,Л,У} та {И,К,Н,Р,А,І,М,Ф,Ю}, а потім кожну з отриманих ще на дві: {Е,С,Х,Ч,Я} і {В,Є,Л,У} та {И,К,Н,Р} і {А,І,М,Ф,Ю}.

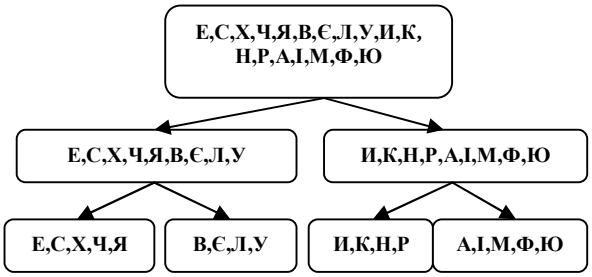

Рис. 1. Розбиття множини слабо роздільних дактилем

Використання гіперплощиної класифікації потребує реалізації наступних кроків: 1) визначення гіперплощин, що поділяють на потрібні підмножини і 2) ідентифікація підмножини дактилем до якої відноситься дактильний символ. Нижче наведені алгоритми, що реалізують описані кроки.

Для віднесення вхідної дактилеми до одного із чотирьох підкласів дактилем потрібно визначити три гіперплощини:

1) гіперплощину, що розділяє підмножини {Е,С,Х,Ч,Я,В,Є,Л,У} і {И,К,Н,Р,А,І,М,Ф,Ю};
2) гіперплощину, що розділяє підмножини {Е,С,Х,Ч,Я } та {В,Є,Л,У};
3) гіперплощину, що розділяє підмножини {И,К,Н,Р} та { А,І,М,Ф,Ю }.

Для отримання вказаних гиперплощин потрібно виконати наступні кроки:

1) на вході сформувати матрицю, що складається із k+1 стовпчиків (k містять вектори одного класу а один – іншого. Кожен стовпчик є вектором з n параметрами, значеннями котрих є ознаки $x_{49}, \ldots, x_{52}$;
2) над елементами матриці проведемо наступні перетворення: центрування та нормування у проміжок від 0 до 1;
3) доповнимо кожен вектор n+1 компонентом, що дорівнює 1 (рядок вільних членів); отриману матрицю з k+1 стовпчиками та n+1 рядками позначимо як A;
4) знайдемо: A^T, добуток AA^T; обернену матрицю $\left(AA^T\right)^{-1}$; псевдо обернену матрицю: $A^+ = A^T\left(AA^T\right)^{-1}$, проекційну матрицю: $R = A^+A^{+T}$;
5) знайдемо коефіцієнти роздільної гіперплощини як розв'язок рівняння: $Y^T RY \to 0$:

   5.1) позначимо Y як вектор розмірності k+l, причому k елементів цього вектору покладемо рівними 1, а інші l покладемо рівними -1;

   5.2) знайдемо розв'язок рівняння $Y^T RY \to 0$ скориставшись довільними мінімаксними методами, тобто шукатимемо розв'язок (Y) такий, що мінімізує цільову функцію $Y^T RY \to 0$ шляхом підбору компонентів вектору Y зі наступними обмеженнями:
   $$\begin{cases} y_i \ge 1,\ i = \overline{1, \cdots, k} \\ y_j \le -1,\ j = \overline{k+1, \cdots, k+l} \end{cases};$$
6) для знайденого Y визначимо коефіцієнти гіперплощини a: $a = A^{+T}Y$.

Вказаним чином отримуємо коефіцієнти трьох гіперплощин: a_1, a_2 и a_3.

Далі наведемо, з допомогою попередньо отриманих коефіцієнтів трьох гіперплощин ($a_i, i = \overline{1,3}$), механізм віднесення моделі вхідної дактилеми до однієї з відповідних підмножин. Для цього, послідовно визначимо розв'язок: $q = a_i^T x$, де x – модель вхідної дактилеми ($x_{49}, \ldots, x_{52}$). Якщо результат більше нуля, то x відноситься до першого класу, в іншому випадку – до другого класу. Таким чином визначаєм підмножину до якої відноситься модель вхідної дактилеми.

РЕАЛІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Для підтвердження спроможності та ефективності запропонованої інформаційної технології створено відповідне застосування (рис.2).

Інтерфейс застосування складається з наступних блоків: інтерфейс для налаштування та калібрування системи для ідентифікації елементів дактильної мови (1); відображення відео потоку – в системі відображається три відео потоки: вхідний, з виділеними областями точок які відносяться до руки, і відео потік з рукою (2); інтерфейс для налаштування еталонів для контурного аналізу (3); інтерфейс демонстрації характеристик вхідного зображення (4).

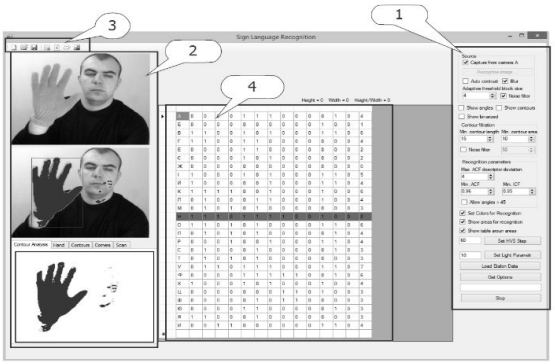

Рис. 2. Застосування для тестування інформаційної технології

Для підтвердження ефективності наведених методів, характеристичних ознак, та для підтвердження ефективності інформаційної технології, за допомогою створеного застосування проведено ряд експериментів. В експериментах приймали участь люди з різними розмірами руки, які відтворювали жести на різних фокусних відстанях від відеокамери.

Аналіз випадків, коли була не правильно розпізнана дактилема, показав наступні групи причин неправильного розпізнавання: швидкий темп виконання дактилеми; виконання подібних жестів; особливості індивідуального відтворення дактилем.

Проаналізувавши дактилеми можна визначити групи подібних жестів. Якщо такі жести відтворювати швидко, або не притримуючись правил виконання, то можливе неправильне розпізнавання жестів.

При тестуванні з експериментальною групою, до якої входили викладачі жестової мови, що відтворювали дактилеми відповідно до правил дактилювання, було досягнуто якість розпізнавання 95– 98 % (рис. 3).

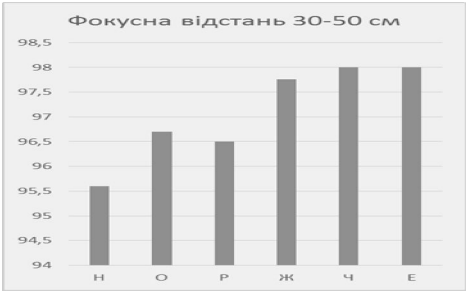

Рис. 3. Розпізнавання дактилем (%) у групі викладачів дактильної мови

ВИСНОВКИ

У роботі запропонована інформаційна технологія для побудови системи класифікації, та ідентифікації дактильної абетки української жестової мови. Класифікацію елементів дактильної абетки проводиться за характеристичними ознаками, які не залежать від індивідуальних особливостей руки та фокусної відстані відео фіксації, що дало змогу визначити класи дактилем та окремі дактилеми, що однозначно розпізнаються за цими ознаками.

Для тестування інформаційної технології були взяті групи людей з різними віковими та статевими характеристиками. При демонстрації дактилем на різних фокусних відстанях було отримано однозначну правильну ідентифікацію у 80–87%. Неправильно розпізнані елементи були у випадку неправильного відтворення дактилем користувачем або деформування їх при швидкому показі. Для групи людей (вчителі спецшкіл), які вміли правильно показути дактилеми, рівень розпізнавання дактилем становив 98%.

Список використаних джерел

1. *Краєвський Р.Г.* Мова жестів глухих. – К.:Радянська освіта, 1964. – 220с.
2. *Крак Ю.В.* Аналіз елементів дактильної жестової мови / Ю.В. Крак, Д.В. Шкільнюк // Штучний інтелект. – 2010. – № 3. – С. 322 – 328.
3. *Крак Ю.В.* Удосконалення методів векторного аналізу та гіперплощинної класифікації для розпізнавання елементів дактильної мови / Ю.В. Крак, Г.І. Кудін, Д.В. Шкільнюк // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія фізико-математичні науки. – 2012. – № 2. – С. 144 – 147.

References

1. Kraevskyi R.G. Mova zhestiv gluhyh. – Kyiv : Radianska osvita, 1964.
2. Krak Iu.V, Shkilniuk D.V. (2010) Analiz elementiv daktylnoi gestovoi movy. *Shyuchnyi intelect*. – № 3. – p. 322 – 328.
3. Krak Iu.V., Kudin G.I., Shkilniuk D.V.(2012) Udoskonalennia metodiv vektornogo analizu ta giperploscynoi klasyfikacii dla rozpiznavania elementiv daktylnoi movy. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv Series Physics & Mathematics*. – № 2. – p. 144 – 147.

Надійшла до редколегії 22.06.15.