

Ю.В. Крак, А.В. Бармак, В.С. Касьянюк, Д.В. Шкильнюк

Информационная технология идентификации дактилем украинского жестового языка

Рассмотрены проблемы и методы разработки информационной технологии для идентификации знаков дактильной азбуки украинского жестового языка. Информационная технология базируется на результатах анализа информативности характеристических признаков, предложенных для распознавания. Технология распознавания учитывает требования воспроизведения жестовой речи людьми с различными размерами рук и на разных фокусных расстояниях.

Ключевые слова: язык жестов, распознавание, дактильный алфавит, информационная технология

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

Ключові слова: жестова мова, розпізнавання, дактильний алфавіт, інформаційна технологія

Введение. Проблема разработки мультимедийных систем распознавания элементов дактильной азбуки жестового языка глухих, как одного из средств коммуникации между людьми с недостатками слуха, – весьма актуальна [1] и обусловлена недостаточным уровнем изучения проблемы распознавания жестов. Значимость данной проблематики усиливается также в связи с необходимостью создания систем, обеспечивающих равные условия для общения, восприятия и владения информацией людям с недостатками слуха в социальных процессах [2]. Существенна также проблема создания современных информационных технологий, включающих методы, с помощью которых можно было бы создавать новые компьютерные системы обучения и коммуникации для глухих людей.

Для решения этой задачи предложена концепция информационной технологии невербального общения людей с недостатками слуха [3]. Комплексная информационная технология включает в себя функциональность по синтезу: движений жестового языка, дактильной азбуки, мимики проговаривания на трехмерной модели человека и анализа невербальных каналов коммуникации. Одно из направлений концепции – создание информационной технологии распознавания элементов дактильно-жестового языка.

Постановка задачи

Цель статьи – создание информационной технологии идентификации знаков дактильной азбуки для украинского жестового языка. Информационная технология базируется на результа-

тах анализа информативности признаков. Кроме того, должны быть учтены требования воспроизведения жестовой речи людьми с различными размерами рук и на разных фокусных расстояниях.

Выделение характеристических признаков дактилем

Для решения задачи распознавания дактильной азбуки жестового языка с потокового видеоизображения проведены исследования с целью определения эффективных характеристических признаков представления кисти руки при воспроизведении дактилем. Исследовалось исходное видеоизображение, содержащее показ человеком знаков дактильной азбуки и определенные преобразования изображения, позволяющие получить на выходе идентификацию знака (букву) украинского языка. Метод идентификации учитывает воспроизведение дактилем людьми с различными размерами рук и при фиксации данного процесса с разных фокусных расстояний. На изображении выделялась кисть руки и фиксировались ее крайние точки: сверху, слева, снизу, справа. В результате исследования получены следующие группы характеристических признаков:

- угол между векторами, проведенными из центра к крайним точкам (x_2, x_3, x_4, x_5) ;
- нормированная длина вектора, проведенного из центра к крайним точкам (x_6, x_7, x_8, x_9) ;
- компактность, направленность, вытянутость, отношение ширины к высоте $(x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_1)$;

- горизонтальное сканирование (разбиение на 11 полос) (x_{13}, \dots, x_{23});
- разбиение изображения на 25 клеток (x_{24}, \dots, x_{48});
- дескрипторы контурного анализа (x_{49}, \dots, x_{52});
- признак динамичности дактилемы (x_0) [4].

В результате анализа получено, что признак x_1 позволяет устойчиво идентифицировать подмножество дактилем $\{Б, Ш, К, Ц\}$, признак x_{10} позволяет определить дактилему Т, а признак x_{12} – дактилему Г.

Предложена методика определения характеристических признаков для дактилем с амплитудой движения (динамичных дактилем), а в качестве признаков служат траектории перемещения координат центра руки. В результате получено устойчивую идентификацию дактилем Д, С и Ь. Дактилемы И, К, Ц, Щ, Ї, Є предложено идентифицировать как неподвижные (статичные), но при этом учитывать наличие траектории (это позволяет разделить одинаковые по конфигурации руки дактилемы: И (Ї), И (Ї), Ш (Щ)) [5].

Для множества дактилем, которые не определяются приведенными способами, осуществлен анализ информативности характеристических признаков по приведенным группам. В результате получено, что наиболее информативные признаки – признаки из групп 1–3 и 6. В рамках групп 4 и 5 качество разделения дактилем уменьшается. Среди групп 1–3 и 6 самой эффективной оказалась группа 6 (дескрипторы контурного анализа) [6].

Описание информационной технологии

Предложена информационная технология (рис. 1), которая заключается в построении каскадного классификатора, с его помощью множество дактилем разбивается на хорошо разделимые подмножества. В рамках этих подмножеств дактилемы разделимы хуже, поэтому предложены иные подходы для их идентификации.

Процесс получения из входного видеопотока, содержащий показ дактилем украинской дактильной азбуки, на выходе идентифицированного символа-дактиля заключается в следующих преобразованиях: блок 1 – обработка

видеопотока, содержащего показ элементов дактильной азбуки, выделение области кисти руки; блок 2 – получение параметров модели руки ($x_1, x_{11}, x_{12}, x_{49}, \dots, x_{52}$); блок 3 – анализ динамичности дактилемы; блок 4 – определение подмножества, к которому принадлежит дактилема; блок 5 – разбиение множества плохо разделимых дактилем с помощью метода гиперплоскостной классификации; блок 6 – идентификация дактилемы с ограниченного подмножества.

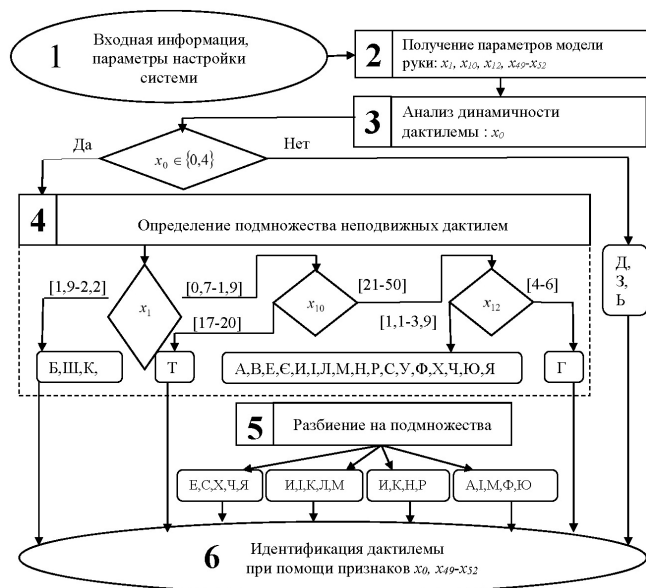


Рис. 1. Схема информационной технологии классификации и идентификации дактилем

В данных блоках информационная технология обеспечивает:

Блок 1. (входная информация). Захват видеопотока с *web*-камеры и задание пороговых параметров, зависящих от среды, в которой проводится видеофиксация.

Блок 2. Предварительная обработка изображения и определение параметров модели руки, состоящая из выполнения следующих шагов:

- перевод изображения в серые тона;
- перевод изображения в черно-белые цвета;
- перевод изображения в формат *HSV*;
- выделение области руки на изображении.

Блок 3. Определение признака статичности или динамичности дактилемы (признак x_0). Алгоритм обеспечивает определение следующих значений признака: $x_0 = 0$ – статичная дактилема; $x_0 = 1$ – динамичная дактилема Д; $x_0 = 2$ – динамич-

ная дактилема З; $x_0=3$ – динамичная дактилема Б; $x_0=4$ – динамичные дактилемы Ё, Й, Щ, К, Ё.

Блок 4. Отнесение статичной дактилемы к определенному их подмножеству. Согласно анализу, используя признаки x_1, x_{10}, x_{12} , можно разделить статичные дактилемы на следующие подмножества {Б, Ш, К, Ц}, {Т}, {Г}, {А, В, Е, Ё, И, Л, М, Н, Р, С, У, Ф, Х, Ч, Ю, Я}. Разделение заключается в анализе вхождения признаков x_1, x_{10}, x_{12} в определенные интервалы, приведенные на рис. 1. слева и справа от каждого признака.

Отметим, что одно из подмножеств, полученных в результате работы блока 4, имеет достаточно большой размер. Дактилемы, принадлежащие этому множеству, – слабо разделимы.

Блок 5. Разбиение множества слабо разделимых дактилем на четыре подмножества меньшего размера. Для этого предлагается использовать гиперплоскостную классификацию [7]. По результатам предварительного анализа, в качестве вектора признаков взяты дескрипторы контурного анализа ($x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}$).

Принимая во внимание, что исследовалось множество слабо разделимых (простыми способами) дактилем и количество элементов этого множества достаточно велико (18 элементов), в отличие от хорошо разделимых (до пяти элементов), предлагается разбивка этого множества на подмножества до пяти элементов. Для этого предлагается представить минимальную величину отношения ширины полосы классификатора к сумме расстояний центров кластеров от соответствующих сторон полосы для пар дактилем в виде расстояния на плоскости:

$$r(*, *) = w/D \rightarrow r'(*, *) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2},$$

т.е. для каждой пары кластеров дактилем подбираются такие x_1, y_1, x_2, y_2 , чтобы $\sum(r(*, *) - r'(*, *))^2$ была минимальной. Результат такого подбора можно использовать для дихотомного разбиения рассматриваемого множества на нужное количество подмножеств.

Для построения системы распознавания объектов, принадлежащих к нескольким различным классам, используется принцип дихотомии. На основе центров идеальных представителей клас-

сов строится дихотомное дерево классификации (рис. 2), и для каждой вершины дерева синтезируется оптимальный полосно-разделяющий классификатор согласно информации об объектах, содержащейся в учебной выборке.

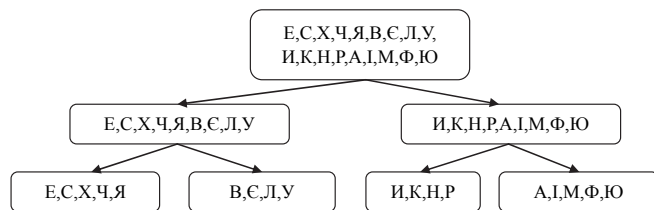


Рис. 2. Дихотомное дерево классификации

Из полученного взаимного расположения можно предложить следующее разбиение множества дактилем (рис. 3) – сначала на два подмножества: {Е, С, Х, Ч, Я, В, Ё, Л, У} и {И, К, Н, Р, А, I, М, Ф, Ю} – рис. 3,а), а затем каждую из полученных еще на две: {Е, С, Х, Ч, Я} и {В, Ё, Л, У} (рис. 3,б) и {И, К, Н, Р} и {А, I, М, Ф, Ю} (рис. 3,в).

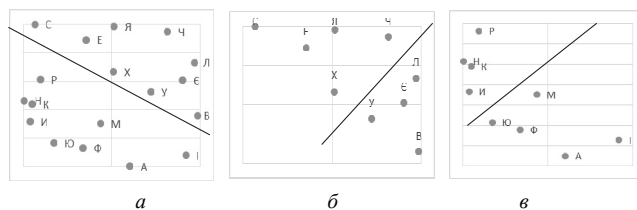


Рис. 3. Разбиение множеств дактилем полосно-разделяющим классификатором

Использование гиперплоскостной классификации требует реализации следующих шагов.

1. Определение гиперплоскостей, разделяющих подмножества.

2. Идентификация подмножества дактилем, к которой относится дактильный символ.

Для получения указанных гиперплоскостей следует выполнить следующие шаги.

1. На входе сформировать матрицу, состоящую из $k+l$ столбцов (k столбцов содержат векторы одного класса, а l столбцов – другого); каждый столбец – вектор с n параметрами, значения которых – признаки x_{49}, \dots, x_{52} .

2. Над элементами матрицы провести преобразования центрирования и нормирования в промежутке от нуля до единицы.

3. Дополнить каждый вектор $n+1$ компонентой, равной единице (строка свободных чле-

нов), полученную таким образом матрицу из $k+l$ столбцов и $n+1$ строк обозначим A .

4. Найти A ; AA^T ; $(AA^T)^{-1}$.

5. Найти псевдообратную матрицу к матрице A : $A^+ = A^T(AA^T)^{-1}$.

6. Найти проекционную матрицу: $R = A^+(A^+)^T$.

7. Найти коэффициенты разделяющей гиперплоскости как решение уравнения: $Y^T R Y \rightarrow 0$:

– обозначим через Y вектор размерности $k+l$, причем k элементов этого вектора положим равными 1, а другие – равными -1 ;

– найдем решение уравнения $Y^T R Y \rightarrow 0$, воспользовавшись произвольными минимаксными методами, т.е. будем искать решение (Y) такое, которое минимизирует целевую функцию $Y^T R Y = 0$ путем подбора компонентов вектора Y со следующими ограничениями:

$$\begin{cases} y_i \geq 1, i = \overline{1, \dots, k} \\ y_j \leq -1, j = \overline{k+1, \dots, k+l} \end{cases}$$

8. Для найденного Y вычислим коэффициенты гиперплоскости a : $a = (A^+)^T Y$.

Таким образом, получим коэффициенты четырех гиперплоскостей: a_1, a_2, a_3, a_4 .

В блоке 5 реализовано с помощью предварительно полученных коэффициентов трех гиперплоскостей ($a_i, i = \overline{1,3}$) механизм отнесения входной дактилемы к одному из соответствующих подмножеств. Для этого, последовательно определяем решение $q = a_i^T x$, где x – признаки входной дактилемы ($x_{49}, x_{50}, x_{51}, x_{52}$). Если результат больше нуля, то x относится к первому классу, в противном случае – ко второму. Таким образом определяем подмножество, к которому относится входная дактилема.

Блок 6. Идентификация дактилемы по характеристическим признакам (дескрипторы контурного анализа x_{49}, \dots, x_{52}) из предварительно определенного в блоках 4 и 5 ограниченного подмножества. При этом возможны случаи, когда эти подмножества состоят из одного элемента, – сразу получаем дактилема (дактилемы Т и Г). Возможна ситуация, когда признак – $x_0 \in \{1, 2, 3\}$. Тогда также идентификация не нужна – сразу получаем дактилема ($x_0 = 1$ – да-

ктилема Д, $x_0 = 2$ – дактилема З, $x_0 = 3$ – дактилема Б). В других случаях нужно применить алгоритм для идентификации.

Реализация информационной технологии

Для подтверждения возможностей и эффективности предложенной информационной технологии разработано соответствующее приложение (рис. 4).

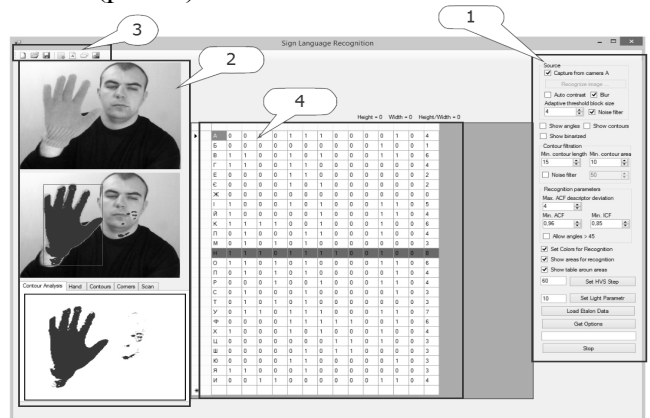


Рис. 4. Приложение для тестирования информационной технологии

Интерфейс приложения состоит из следующих блоков: интерфейс для настройки и калибровки системы для идентификации элементов дактильной азбуки (1); отображения видеопотока – в системе отображается три видеопотока: входящий, с выделенными областями точек относящихся к руке, и видеопоток с рукой (2); интерфейс для настройки эталонов для контурного анализа (3); интерфейс демонстрации характеристик входного изображения (4).

Для подтверждения эффективности приведенных методов, характеристических признаков и для подтверждения эффективности информационной технологии с помощью созданного приложения проведен ряд экспериментов. В них принимали участие люди с разными размерами рук, которые воспроизводили жесты на разных фокусных расстояниях от видеокамеры. В экспериментах приняло участие более 150 человек с различными размерами рук, которые были разделены на экспериментальные группы: женщины (всех возрастов); мужчины (всех возрастов); мужчины в возрасте от 16 до 21 года; женщины в возрасте от 16 до 21 года; мужчины старше 21 года; женщины старше 21 года;

смешанная группа мужчин и женщин всех возрастов. Результаты распознавания воспроизведения дактилем на разных фокусных расстояниях составляли на уровне 80–87 процентов.

Анализ случаев неправильного распознавания дактилемы показал следующие группы причин такого распознавания: быстрый темп выполнения дактилемы и жестов; особенности индивидуального воспроизведения дактилем. Система может ошибочно распознавать дактилему, если ее было быстро показано. Это связано с тем, что изображение дактилемы передается в систему через *web*-камеру с частотой 30 кадров в секунду с разрешением 320 на 240 пикселей. При быстром воспроизведении может нарушаться качество изображения и могут появляться размытые области. Проанализировав дактилемы можно определить группы подобных жестов. Если такие жесты воспроизводить быстро либо не придерживаясь правил выполнения дактилемы, то возможно неправильное распознавание жестов.

При тестировании с экспериментальной группой преподавателей жестового языка, которые воспроизводили дактилемы в соответствии с правилами дактиллирования (т.е. правильно), было достигнуто качество распознавания 97–98 процентов.

Заключение Предложена информационная технология для построения системы классификации и идентификации дактильной азбуки украинского жестового языка. Классификация элементов дактильной азбуки проводится по характеристическим признакам, не зависящим от индивидуальных особенностей руки и фокусного расстояния видеофиксации, что позволило определить классы дактилем и отдельные дактилемы.

Предложенная информационная технология идентификации дактилем жестового языка как комбинации эффективных методов получения признаков и гиперплоскостной классификации слабо разделимых множеств позволила реализовать эффективную систему идентификации дактилем, которая также не зависит от инди-

видуальных особенностей руки и фокусного расстояния видеофиксации.

Тестирование предложенной информационной технологии проводилось с группами людей с различными возрастными и гендерными параметрами и на разных фокусных расстояниях показало правильную идентификацию на уровне 80–87 процентов. Неудовлетворительное распознавание случается при неправильном воспроизведении дактилем или их деформировании при быстром показе. Экспериментальная группа при условии правильного показа (учебный, показательный темп) продемонстрировала распознавания на уровне 98 процентов, что свидетельствует о эффективности предложенных методов.

1. *Кульбіда С.В.* Українська дактилологія: Наук.-метод. посібник. – К.: Педагогічна думка, 2007. – 256 с.
2. *Стандартные* правила обеспечения равных возможностей для инвалидов. Резолюция 48/96 Генеральной Ассамблеи ООН. – http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=995_306
3. *Інформаційна* технологія для моделювання української мови жестів / Ю.Г. Кривонос, Ю.В. Крак, О.В. Бармак та ін. // Штучний інтелект. – 2009. – № 3. – С. 186–197.
4. *Крак Ю.В., Шкільнюк Д.В.* Аналіз елементів дактильної жестової мови // Там же. – 2010. – № 3. – С. 322–328.
5. *Застосування* аналізу зв'язних областей до задачі розпізнавання елементів дактильно-жестової мови / Ю.В. Крак, Д.В. Шкільнюк, К.С. Кручинін та ін. // Там же. – 2012 – № 1. – С. 298–306.
6. *Крак Ю.В., Кудін Г.І., Шкільнюк Д.В.* Удосконалення методів векторного аналізу та гіперплощинної класифікації для розпізнавання елементів дактильної мови // Вісн. Київськ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Серія фізико-математичні науки. – 2012. – № 2. – С. 144–147.
7. *Кириченко Н.Ф., Кривонос Ю.Г., Лепеха Н.П.* Оптимізація синтезу гіперплоскостних кластерів і нейрофункціональних преобразованій в системах класифікації сигналів // Кибернетика і системний аналіз. – 2008. – № 6. – С. 50–58.

E-mail: krak@unicyb.kiev.u, alexanderbarmak@gmail.com,
veda.sia@mail.ru, dimonshk@gmail.com
© Ю.В. Крак, О.В. Бармак, В.С. Касьянюк,
Д.В. Шкільнюк, 2015

Iu.V. Krak, O.V.Barmak, V.S.Kasianiuk, D.V.Shkilnyuk

Information Technology for Dactylems Identification of the Ukrainian Sign Language

Keywords: sign language, recognition, dactyl alphabet, information technology.

Introduction. The problems of the multimedia systems development for sign language recognition as a means of communication between people with hearing disabilities, is very important. The creation of the tools that will ensure the equal conditions for communication, perception and mastery of information for deaf people in society is crucial. One of the current trends is the creation of information technology for recognition of dactyl sing language.

Purpose. The aim of the research is to create an information technology for the Ukrainian sign language alphabet identification. Information technology should be based on an features analysis.

Results. In the paper proposes the system of classification and identification dactyl alphabet of the Ukrainian sign language. Classification dactyl alphabet elements made by features that do not depend on the individual hands and focal length of the video recording, which helped to define classes and some dactylems that uniquely recognized on these features. The study shows that the effective characteristic features are geometry-topological parameters of the man hand and the contour analysis descriptors. The advantages of the approach is to build a cascade classifier by which dactylems set is divided into separate subsets. To build a system of the objects recognition due to the several different classes, using the dichotomy principle. For each node of the tree of optimal band-separating classifier is synthesized according to the information about the objects contained in the training sequence.

Conclusions. Information technology testing, conducted with the groups of people different age and sex parameters and different focal lengths, proved the unambiguous identification of the correct 80–87 %. The experimental group at a given correct display recognition shows 98 %.

