

DOI: 10.6084/m9.figshare.9783236

УДК 004.056.5

Михайленко Виктор Мефодиевич

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий проектирования и прикладной математики, orcid.org/0000-0002-9573-9873

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Терейковская Людмила Алексеевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, orcid.org/0000-0002-8830-0790

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**ОБЗОР СРЕДСТВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
ЧЕЛОВЕКА ПО ГЕОМЕТРИИ ЛИЦА**

***Аннотация.** Одной из наиболее существенных тенденций развития информационных систем общего и специального назначения является разработка интерфейсных средств, обеспечивающих непосредственное взаимодействие конечного пользователя и компьютера. Для этого разрабатываемый интерфейс должен обладать свойством гибкой реакции на изменение эмоционального состояния пользователя, что предполагает необходимость определения указанного состояния. Повсеместное внедрение видеорегистраторов предопределяет актуальность научно-прикладной задачи повышения эффективности средств распознавания эмоционального состояния по геометрии лица. Установлено, что в современной научно-прикладной литературе недостаточно полно очерчены подходы, определяющие зависимость эффективности таких средств распознавания от условий использования. В результате проведенных исследований обоснован базовый перечень характеристик средств автоматизированного распознавания эмоционального состояния человека по геометрии лица, который позволяет оценить соответствие указанных средств условиям поставленной задачи распознавания. Показана целесообразность формирования перечня характеристик средств распознавания эмоций на основании анализа таких биометрических признаков, как цвет подкожного узора кровеносных сосудов лица, тембр голоса, рисунок сетчатки глаза.*

***Ключевые слова:** эмоциональное состояние; геометрия лица; распознавание эмоций; анализ мимики; средства распознавания*

Введение

В настоящее время средства автоматизированного распознавания эмоционального состояния (САРЭС) человека находят все более широкое распространение в информационных системах (ИС) самого различного назначения. Так, САРЭС с успехом используются в некоторых китайских школах для определения учеников, которые отвлекаются от выполнения учебных заданий. Достаточно много программно-аппаратных комплексов аналогичного назначения используются в медицине, индустрии развлечений, системах управления умным домом. Например, сервис определения «счастливых лиц» доступен на смартфонах iPhone компании Apple. Кроме этого вызывает интерес использование САРЭС в сфере кибербезопасности с целью распознавания эмоционального состояния операторов объектов критической инфраструктуры или при проведении информационных войн [4; 10]. Также известны

отдельные попытки внедрения САРЭС в систему дистанционного обучения.

Результаты анализа рынка современных промышленных САРЭС позволяют утверждать, что большое распространение получили системы, которые базируются на анализе параметров, описывающих геометрию лица человека. При этом под термином лицо понимается передняя часть головы человека, сверху ограниченная границей волосистого покрова головы, внизу – углами и нижним краем нижней челюсти, с боков – краями ветвей нижней челюсти и основанием ушных раковин.

В большинстве случаев современные САРЭС базируются на распознавании мимики, которая определяется как совокупность движений частей лица человека, выражающая его состояние или отношение к тому, что он воспринимает. Для этого в САРЭС используется модуль распознавания мимики, функционирование которого основано на современных методах компьютерного зрения.

Следует отметить, что нашли распространение и другие типы САРЭС, которые для распознавания используют параметры голосового сигнала пользователей, геометрию человеческого глаза или биометрические параметры пользователей, которые регистрируются с помощью датчиков, закрепленных на человеке. Однако к преимуществам САРЭС на основе распознавания мимики относят удобство использования, высокую точность классификации, хорошую апробированность, низкую стоимость и распространенность считывающих устройств. Последнее преимущество предопределяет высокую универсальность использования САРЭС в ИС различного назначения. В то же время практический опыт, а также результаты научно-прикладных работ [5; 9] указывают на необходимость существенной модернизации современных САРЭС в направлении уменьшения ресурсоемкости, увеличения точности распознавания, снижения срока разработки и повышения адаптации ко многим особенностям современных ИС, что и предопределяет актуальность исследований в этом направлении.

При этом в проанализированной литературе [1–11] не найдено обоснованного перечня характеристик САРЭС, адаптация которых к поставленной задаче распознавания предопределяет эффективность использования указанных средств в ИС различного назначения. Отметим, что для формирования перечня необходимо провести анализ известных решений в области создания САРЭС.

Цель статьи

Основной целью публикации является формирование перечня характеристик, определяющих эффективность средств автоматизированного распознавания эмоционального состояния человека по геометрии лица в информационных системах различного назначения.

Изложение основного материала

Базовые подходы к автоматизированному распознаванию эмоций по геометрии лица

В общем случае эмоции – это психическое отражение в форме непосредственного, пристрастного переживания жизненного смысла явлений и ситуаций, обусловленного отношением их объективных свойств к потребностям субъекта [2; 3]. Иными словами, эмоции есть выражение отношения человека к явлениям окружающего мира в связи с возможностью удовлетворения им своих потребностей. Эмоции имеют две стороны – объективную (человек, испытывающий эмоции может улыбаться, хмуриться, плакать, дрожать, у него меняется частота пульса, ритм дыхания и т. д.), а также субъективную – внутренние мысли и

переживания человека по поводу тех или иных событий. В современной психологии выделяют семь базовых эмоций, мимические проявления которых не зависят от расы и культуры человека [1; 2]. Базовые эмоции – это элементарные эмоции, которые больше ни на что не расщепляются и сами являются составляющими остальных сложных эмоций. К базовым эмоциям относятся:

– *радость* – положительное эмоциональное состояние, связанное с возможностью удовлетворения актуальных потребностей человека. В основе этой эмоции лежит переживание чувственного удовольствия. Обычным проявлением радости является улыбка;

– *гнев* – отрицательное эмоциональное состояние, вызываемое внезапным возникновением серьезного препятствия на пути удовлетворения важных потребностей;

– *отвращение* – отрицательное эмоциональное состояние, вызванное событием, которое резко противоречит нравственным или эстетическим принципам и установкам человека;

– *печаль* – негативная эмоция, связанная с переживанием негативного факта;

– *страх* – отрицательное эмоциональное состояние, появляющееся при получении субъектом информации о реальной или воображаемой опасности;

– *удивление* – не имеющая четко выраженного положительного или отрицательного знака эмоциональная реакция на внезапно возникшие обстоятельства;

– *презрение* – отрицательное эмоциональное состояние, возникающее относительно негативного явления, которое считается недостойным того, чтобы с ним считаться.

Примеры фотографий лиц человека, выражающими представленные виды базовых эмоций, показаны на рис.1, а–ж. Также выделяют нейтральное эмоциональное состояние (нейтральность), которое связано с событиями, не влияющими на настроение и здоровье. Пример фотографии с изображением нейтрального выражения лица показан на рис. 1, з.

Следует заметить, что в некоторых работах [8] выделяют не семь, а четыре базовые эмоции: счастье (радость), грусть (печаль), испуг (страх), удивление и гнев/отвращение. При этом количество и номенклатура сложных (составных) эмоций до сих пор четко не определена, а соответствующая теория далека от совершенства. Например, на рис. 1, и показана фотография лица, отображающего составную эмоцию «*просьбы*».

Все эмоции разделяются на положительные и отрицательные, а также на стенические и астенические. Стенические эмоции активизируют

организм и поднимают настроение (гнев, ярость, восторг), а астенические (тоска, печаль, грусть, стыд) – расслабляют человека и подавляют активность организма. При этом задача распознавания эмоций является слабоформализованной, а ее решение усложняется некоторой неопределенностью характеристик проявлений эмоций.

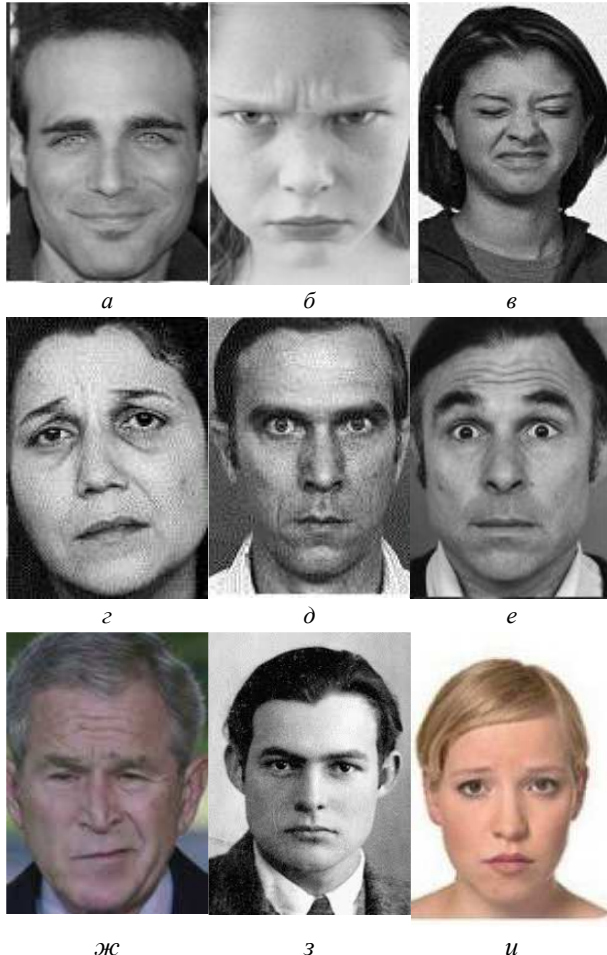


Рисунок 1 – Демонстрация базовых эмоций:
 а – радость; б – гнев; в – отвращение; г – печаль;
 д – страх; е – удивление; ж – презрение;
 з – нейтральность; и – просьба

Наиболее простой способ определения эмоции по изображению лица основан на классификации ключевых точек (facial landmarks), координаты которых можно получить, используя различные алгоритмы: PDM, CML, AAM, DPM или CNN. Обычно размечают от 5 до 68 точек, привязывая их к положению бровей, глаз, губ, носа, челюсти, что позволяет частично захватить мимику. Нормализованные координаты точек можно непосредственно подать в классификатор (например, SVM или Random Forest) и получить базовое решение. Положение лиц при этом должно быть выровнено.

Простое использование координат без визуальной компоненты приводит к существенной потере полезной информации, поэтому для улучшения системы в этих точках вычисляют

различные дескрипторы: LBP, HOG, SIFT, LATCH и др. После конкатенации дескрипторов и редукции размерности с помощью PCA полученный вектор признаков можно использовать для классификации эмоций. Однако такой подход уже считается устаревшим, так как известно, что в области анализа визуальных данных глубокие сверточные сети являются наиболее эффективным решением.

Анализ средств распознавания эмоций по геометрии лица

На сегодня существует достаточно большое количество программно-аппаратных средств, предназначенных для распознавания эмоций.

Комплекс Affectiva Affdex (www.affectiva.com/) предназначен для отслеживания эмоций мобильными приложениями. В отличие от большинства подобных приложений, Affdex позволяет осуществлять обработку данных непосредственно на мобильном устройстве, а не на удалённом сервере. Для распознавания 7 базовых эмоций комплекс использует собственную базу данных, состоящую из более 5 млн изображений лиц. Работа комплекса заключается в записи изображения лица с последующим вейвлет-преобразованием и сравнением с образцами на основе SIFT-дескрипторов.

Подобные решения используются и в программном комплексе **Pupeteer** (www.hikvision.com), предназначенном для оценки поведения и эмоционального состояния учеников. Кроме указанного функционала, комплекс позволяет распознать такие движения головы, как кивок, качание, повороты из стороны в сторону. Для распознавания смешанных состояний, когда нельзя точно выразить, какая именно эмоция превалирует, используется метод Байесовской фильтрации. В ходе эксперимента комплекс Pupeteer позволил с 96-процентной точностью определить 6 базовых эмоций.

Он-лайн сервис **CLMtrackr** (www.auduno.com/clmtrackr) позволяет в реальном масштабе времени на основании изображения лица определить семь базовых эмоций. В качестве сенсора используется веб-камера. Функционирование сервиса базируется на отслеживании 70 точек лица, проведении между ними линий и сравнении этих линий с образцами различных базовых эмоций.

Проект «Oxford» фирмы Microsoft предлагает каталог API-функций (azure.microsoft.com/ru-ru/services/cognitive-services/), основанных на алгоритмах компьютерного зрения, для распознавания 7 базовых эмоций и нейтрального состояния. Распознавание может производиться как на одиночной, так и на групповой фотографии, которой соответствует файл размером до четырех

мегапикселей. Размеры фотографии от 36 x 36 до 4096 x 4096 пикселей. Количество одновременно анализируемых лиц до 64. Эмоция в терминах Oxford представляет собой 8-мерный вектор, нормированные компоненты которого в сумме равны 1. По данным независимого тестирования точность распознавания составляет около 50%. Качество распознавания в значительной степени зависит от угла наклона лица, освещенности и наличия помех. Лучше всего распознаются лица, снятые в анфас или полуанфас.

Сервис **FaceReader** нидерландской компании Noldus Information Technology (www.noldus.com/human-behavior-research/products/facereader) использует метод Active Template для наложения на изображение лица деформируемого шаблона и Active Appearance Model для создания модели лица по контрольным точкам. Для классификации используются нейронные сети, обученные на тренировочном корпусе из 10000 кадров. Определяются 7 базовых эмоций и нейтральное состояние. Кроме того, FaceReader способен по лицам людей определять их возраст, пол и этническую принадлежность. Точность распознавания составляет около 75–80%. Небольшой наклон лица практически не влияет на точность распознавания. Вместе с тем FaceReader не позволяет распознавать эмоции детей до пяти лет, классифицировать лица в очках, детектировать повернутое лицо. Также выдвигаются достаточно жесткие требования по освещенности распознаваемого объекта. Отмечается, что за один раз FaceReader способен распознать только лицо одного человека. Если на изображении лиц несколько, они распознаются последовательно, при этом их положение не должно изменяться.

Сервис **Emovu** (www.eyeris.ai/) компании Eyegis (США) применяется для определения заинтересованности человека контентом в потоке видео. Для этого используются методы компьютерного зрения, базирующиеся на использовании глубоких нейронных сетей. Перспективные разработки этой компании связаны с внедрением САРЭС в автономные беспилотные транспортные средства, где необходимо определить ощущения, потребности пассажиров, а также динамику состояний человека во времени.

Проект университета Торонто **NuraLogix** (www.nuralogix.ai) предлагает распознавание скрытых эмоций по изменениям цвета подкожного узора кровеносных сосудов лица.

Система **eMotion Software** (www.visual-recognition.nl/eMotion.html), разработанная компанией Visual Recognition (Нидерланды), позволяет распознать шесть базовых эмоций (гнев, печаль, страх, удивление, отвращение и счастье) и рассчитать их интегральное значение. Система

создает 3D-модель лица, с выявлением на ней 12 ключевых областей, таких как уголки глаза и уголки рта. Алгоритм распознавания не описан.

Система **MMER_FEASy – the FacE Analysis System** (www.mmer-systems.eu/en/application-areas). Компания-разработчик MMR-Systems (Германия). В разработке использована методология наложения на лицо определенной деформируемой маски, Active Appearance Model methodology, которая позволяет рассчитать необходимые параметры в реальном времени. Программа распознает шесть базовых эмоций, а также позволяет определить возраст, пол и этническую принадлежность. Кроме этого система может идентифицировать личность.

Схожими характеристиками обладает система **FaceSecurity** (www.cognitec.com) компании Cognitec (Германия). Декларируемые возможности системы:

- высокая скорость сравнений анализируемого изображения с имеющимися образцами (на аппаратном обеспечении средней мощности около 900 000 сравнений за одну секунду);
- использование широкой номенклатуры средств регистрации, форматов изображений;
- интеграция с современными системами управления баз данных семейств Oracle, IBM DB2, MSSQL Server, что позволяет эффективно использовать большие базы данных образов.

К недостаткам системы относят возможность распознавания только фронтально расположенного лица (возможны отклонения до 15°). Еще одним недостатком является высокая чувствительность к освещенности.

Помимо веб-приложений и SDK для мобильных телефонов, Cognitec предоставляет API для цифровых рекламных щитов – билбордов (billboard) с целью показа рекламы для целевой аудитории. Кроме этого, системы Cognitec применяются в автомобилях для анализа лиц водителей и попутчиков, а также для выявления позиции головы, обнаружения рассеянного взгляда, обнаружения закрытых глаз.

Кроме рассмотренных узкоспециализированных систем распознавания эмоций известен целый ряд комплексов, функциональность которых также базируется на анализе геометрии лица. Эти комплексы предназначены для решения задач:

- верификация пользователя на основании изображения лица (системы безопасности);
- определение функционального состояния человека на основании характеристик отдельных частей лица (системы видеонаблюдения);
- поиск определенных людей в видеопотоке (системы поиска);
- анимация и преобразование лиц с целью создания определенных визуальных эффектов (системы морфинга);

- преобразование лица в 3D-модели (системы моделирования);
- определение расы, возраста и пола человека (системы гендерной классификации).

В результате проведенного анализа известных средств распознавания эмоций выделены три группы основных характеристик указанных средств.

Первая группа характеризует особенности распознавания САРЭС, вторая группа – особенности технической реализации, а третья – сервисные (дополнительные) возможности САРЭС.

Краткое описание полученных характеристик представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики средств распознавания эмоций

№	Описание характеристик
Особенности распознавания	
N _{1,1}	Полнота распознаваемых базовых эмоций
N _{1,2}	Возможность распознавания составных эмоций
N _{1,3}	Возможность анализа динамики эмоций
N _{1,4}	Возможность распознавания эмоций по фрагменту изображения лица
N _{1,5}	Устойчивость к изменению освещенности
N _{1,6}	Точность распознавания
N _{1,7}	Вычислительная сложность распознавания
N _{1,8}	Временная сложность распознавания
N _{1,9}	Устойчивость к помехам на изображении лица
N _{1,10}	Возможность распознавания искаженных лиц
N _{1,11}	Устойчивость к повороту лица
N _{1,12}	Устойчивость к наклону лица
N _{1,13}	Возможность анализа группового изображения
N _{1,14}	Возможность анализа цветного изображения
N _{1,15}	Возможность автоматического выделения контура анализируемого лица
N _{1,16}	Возможность анализа черно-белого изображения
N _{1,17}	Возможность анализа изображения в оттенках серого
N _{1,18}	Возможность анализа двухмерного изображения
N _{1,19}	Возможность анализа трехмерного изображения
N _{1,20}	Устойчивость к изменению размера изображения
N _{1,21}	Необходимость использования учебных баз данных, содержащих примеры изображений лиц с различными эмоциями
Техническая реализация	
N _{2,1}	Интегрируемость с системами управления базами данных
N _{2,2}	Интегрируемость с видеокамерами
N _{2,3}	Возможность анализа различных форматов изображений
N _{2,4}	Возможность анализа видеопотока
Сервисные возможности	
N _{3,1}	Верификация пользователя
N _{3,2}	Преобразование двухмерного изображения лица в 3D-модель
N _{3,3}	Определение расы
N _{3,4}	Определение пола
N _{3,5}	Интегрируемость с системами распознавания эмоций, использующими другие биометрические признаки

В дальнейшем перечень характеристик, приведенный в табл. 1, может быть уточнен и дополнен.

Также следует отметить, что за период 2016 – 2018 гг. опубликовано несколько весьма полных баз данных, в которых содержатся изображения лиц людей с различными эмоциями.

Наиболее известными являются базы: OMG-Emotion challenge, EmotiW challenge, AffectNet, AFEW-VA, EmotioNet challenge, EmoReact, Cohn-Kanade. В указанных базах количество представленных эмоций варьируется от 6 до 17. Появление этих баз данных, с одной стороны, сигнализирует о большом прогрессе в области средств распознавания эмоций, а с другой стороны, предопределяет возможности совершенствования таких средств.

Результаты проведенного анализа позволили с помощью выделенных характеристик оценить возможности проанализированных средств распознавания эмоций. В базовом варианте оценки выставлены по бинарной шкале (1/0), соответствующей наличию/отсутствию указанных возможностей.

Полученные оценки для первой группы характеристик частично показаны в табл. 2. Акцентирование внимания на первой группе характеристик продиктовано тем, что тематика дальнейших исследований связана с разработкой эффективных моделей и методов распознавания эмоций.

Как следует из анализа данных табл. 2, все проанализированные САРЭС недостаточно адаптированы к изменению уровня освещенности. При этом большинство известных САРЭС не распознают сложные эмоции, а также не позволяют анализировать эмоциональную динамику.

Таблица 2 – Оценка первой группы характеристик средств распознавания

Название САРЭС	Характеристика САРЭС				
	N _{1,1}	N _{1,2}	N _{1,3}	N _{1,4}	N _{1,5}
Affectiva	1	0	0	0	0
Affdex					
Pupeteer	1	1	1	0	0
CLMtrackr	1	0	0	1	0
Oxford	1	0	0	0	0
FaceReader	1	0	0	1	0
Emovu	1	1	1	0	0
eMotion Software	1	0	0	0	0
MMER_FEASy	1	0	0	0	0
FaceSecurity	1	1	0	0	0

Формирование перечня характеристик САРЭС позволяет перейти к следующему этапу исследований – разработке подхода к определению путей обеспечения эффективности указанных

средств в ИС различного назначения. По аналогии с известными решениями в области разработки многоуровневых систем распознавания мимики [11], в основе разрабатываемого подхода возможно использовать принцип: эффективность САРЭС определяется тем, насколько полно характеристики указанных средств отвечают особенностям ИС.

Выводы

В результате проведенных исследований обоснован базовый перечень характеристик средств автоматизированного распознавания эмоционального

состояния человека по геометрии лица, который позволяет оценить соответствие указанных средств условиям поставленной задачи распознавания.

Определено, что направления дальнейших исследований заключаются в разработке подхода к определению путей обеспечения эффективности средств распознавания эмоций в информационных системах различного назначения.

Также целесообразно сформировать перечень характеристик средств распознавания эмоций на основании анализа таких биометрических признаков, как цвет подкожного узора кровеносных сосудов лица, тембр голоса, рисунок сетчатки глаза.

Список литературы

1. Belsky J., Fish M., Isabella R. *Continuity and discontinuity in infant negative and positive emotionality: Family antecedents and attachment consequences. Developmental Psychology.* – 1991, V. 27. – P. 421 – 431.
2. Bojorges E. R. *Scaling patterns of heart rate variability data. Physiol. Meas.,* 2007. 28(6). – P. 721.
3. Chandrani S., Washef A., Soma M., Debasis M. *Facial Expressions: A Cross-Cultural Study. Emotion Recognition: A Pattern Analysis Approach. Wiley Publ.,* 2015, pp. 69–86.
4. Dawson M., Schell A. *Handbook of Psychophysiology, Cambridge University Press, New York,* 2000.
5. Konar A., Chakraborty A. *Emotion recognition: a pattern analysis approach. Wiley.* 2015. P. 583.
6. Littlewort, G., Whitehill, J., Wu, T., Fasel, I., Frank, M., Movellan, J. and Bartlett, M. 2011. *The Computer Expression Recognition Toolbox (CERT). Proceedings of the IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition,* 298 – 305.
7. Milborrow S., Nicolls F. *Active Shape Models with SIFT Descriptors and MARS, VISAPP (2) Publ.,* 2014, pp. 380–387.
8. Shanshan L. *Facial expression recognition algorithm based on local Gabor wavelet automatic segmentation. Journal of Computer Applications,* 11, 2009, pp. 29 – 37.
9. Tariq U., Lin K., Li Z., Zhou Z., Wang Z., Le V., Huang T.S., Lv X., Han T.X., *Emotion Recognition from an Ensemble of Features. Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions,* 2012, vol. 42, no. 4, pp. 1017 – 1026.
10. Tereykovska, L., Tereykovskiy, I., Aytkhozaeva, E., Tynymbayev, S., Imanbayev, A. *Encoding of neural network model exit signal, that is devoted for distinction of graphical images in biometric authenticate systems. News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences, Volume 6, Number 426 (2017),* 217 – 224.
11. Wu, T., Butko, N.J., Ruvolo, P., Whitehill, J., Bartlett, M.S. and Movellan, J.R. 2012. *Multi-Layer Architectures for Facial Action Unit Recognition. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B: Cybernetics,* 42, 4, 1027 – 1038.

Статья поступила в редколлегию 06.02.2019

Міхайленко Віктор Мефодійович

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, orcid.org/0000-0002-9573-9873

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Терейковська Людмила Олексіївна

Кандидат технічних наук, доцент інформаційних технологій проектування та прикладної математики, orcid.org/0000-0002-8830-0790

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ОГЛЯД ЗАСОБІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ ЗА ГЕОМЕТРІЮ ОБЛИЧЧЯ

Анотація. Однією з найбільш істотних тенденцій розвитку інформаційних систем загального і спеціального призначення є розробка інтерфейсних засобів, що забезпечують безпосередню взаємодію кінцевого користувача і комп'ютера. Для цього інтерфейс системи повинен мати властивість гнучкої реакції на зміну емоційного стану користувача, що передбачає необхідність визначення зазначеного стану. Широке впровадження відеореєстраторів зумовлює актуальність науково-прикладного завдання підвищення ефективності засобів розпізнавання емоційного стану за геометрією обличчя. Встановлено, що в сучасній науково-прикладній літературі недостатньо повно окреслені підходи, що визначають залежність ефективності таких засобів розпізнавання від умов використання. В результаті проведених досліджень обґрунтовано базовий перелік характеристик засобів автоматизованого розпізнавання емоційного стану людини за геометрією обличчя, який допомагає оцінити відповідність зазначених засобів умовам поставленої задачі розпізнавання. Показана доцільність формування переліку характеристик засобів розпізнавання емоцій на підставі аналізу таких біометричних ознак, як колір підшкірного візерунка кровеносних судин особи, тембр голосу, малюнок сітківки ока.

Ключові слова: емоційний стан; геометрія обличчя; розпізнавання емоцій; аналіз міміки; засоби розпізнавання

Mihaylenko Victor

DSc (Eng.), Professor, Head of the Department of Information Technologies of Design and Applied Mathematics,
 orcid.org/0000-0002-9573-9873

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Tereikovska Liudmyla

PhD (Eng.), Associate of the Department of Information Technologies of Design and Applied Mathematics,
 orcid.org/0000-0002-8830-0790

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

REVIEW OF MEANS OF RECOGNITION OF HUMAN EMOTIONAL CONDITION BY FACE GEOMETRY

Abstract. One of the most significant trends in the development of information systems for general and special purposes is the development of interface tools that provide direct interaction between the end user and the computer. To do this, the interface being developed must have the property of a flexible response to a change in the user's emotional state, which implies the need to determine the specified state. The widespread introduction of video recorders predetermines the relevance of the scientific and applied task of increasing the efficiency of means of recognizing the emotional state according to the geometry of a person. It has been established that in modern scientific and applied literature the approaches that determine the dependence of the effectiveness of such means of recognition on the conditions of use are not completely outlined. As a result of the research, a basic list of characteristics of automated recognition tools for the emotional state of a person was substantiated by face geometry, which allows to evaluate the compliance of these tools with the conditions of the assigned recognition task. The feasibility of forming a list of characteristics of emotion recognition based on the analysis of such biometric features, such as the colour of the subcutaneous pattern of the blood vessels of the face, the timbre of the voice, the retina pattern, is shown

Keywords: emotional state; face geometry; recognition of emotions; facial expression analysis; recognition tools

References

1. Belsky, J., Fish, M., Isabella, R. (1991). Continuity and discontinuity in infant negative and positive emotionality: Family antecedents and attachment consequences. *Developmental Psychology*, 27, 421 – 431.
2. Bojorges, E.R. (2007). Scaling patterns of heart rate variability data. *Physiol. Meas.*, 28(6), 721.
3. Chandrani, S., Washef, A., Soma, M., Debasis, M. (2015). *Facial Expressions: A Cross-Cultural Study. Emotion Recognition: A Pattern Analysis Approach*. Wiley Publ., 69 – 86.
4. Dawson, M., Schell, A. (2000). *Handbook of Psychophysiology*, Cambridge University Press, New York.
5. Konar, A., Chakraborty, A. (2015). *Emotion recognition: a pattern analysis approach*. Wiley, 583.
6. Littlewort, G., Whitehill, J., Wu, T., Fasel, I., Frank, M., Movellan, J. and Bartlett, M. (2011). *The Computer Expression Recognition Toolbox (CERT). Proceedings of the IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 298 – 305.
7. Milborrow, S., Nicolls, F. (2014). Active Shape Models with SIFT Descriptors and MARS. *VISAPP (2) Publ*, 380–387.
8. Shanshan, L. (2009). Facial expression recognition algorithm based on local Gabor wavelet automatic segmentation. *Journal of Computer Applications*, 11, 29 – 37.
9. Tariq, U., Lin, K., Li, Z., Zhou, Z., Wang, Z., Le, V., Huang, T.S., Lu, X., Han, T.X. (2012). Emotion Recognition from an Ensemble of Features. *Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics. IEEE Transactions*, 42, 4, 1017 – 1026.
10. Tereikovska, L., Tereikovskiy, I., Ayt Khozhaeva, E., Tynymbayev, S., Imanbayev, A. (2017). Encoding of neural network model exit signal, that is devoted for distinction of graphical images in biometric authenticate systems. *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences*, 6, 426, 217 – 224.
11. Wu, T., Butko, N.J., Ruvolo, P., Whitehill, J., Bartlett, M.S. & Movellan, J.R. (2012). Multi-Layer Architectures for Facial Action Unit Recognition. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 42, 4, 1027 – 1038.

Ссылка на публикацию

APA Mihaylenko, Victor, & Tereikovska, Liudmyla. (2019). Review of means of recognition of human emotional condition by face geometry. *Management of Development of Complex Systems*, (37), 178 – 184, dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9783236.

ГОСТ Михайленко, В.М. Обзор средств распознавания эмоционального состояния человека по геометрии лица [Текст] / В.М. Михайленко, Л.А. Терейковская // *Управление развитием сложных систем*. – 2019. – № 37. – С. 178 – 184, dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9783236.