

Системный анализ переменных психоэмоционального состояния человека в системе принятия решений автоматизированных систем управления

О.В. Теплова^{*1}, О.А. Криводубский^{*2}

^{*1}Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт проблем искусственного интеллекта»

^{*2}ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»
olga-anonim@mail.ru, oleg.krivodubski.dn@gmail.com

Аннотация

В данной работе рассматривается: проявления психических состояний операторов автоматизированных систем по функционально-распределенным признакам лица, приведена классификация показателей зон лица, методы фиксации и численного представления ключевых точек, определены особенности персонала в нормальных и аварийных условиях, принципы, предусматривающие формирование содержания баз данных и разработки моделей и алгоритмов. Работа содержит численное значение ключевых точек в предложенной системе координат.

Введение

В работе выделены основные функционально-распределенные признаки психических состояний персонала, работающего на пультах управления производствами: эмоциональные состояния, сосредоточенность, интерес к деятельности. При анализе мимического проявления выделены следующие эмоции: удивление, страх, гнев, спокойствие. Предложена классификация показателей зон лица и метод фиксации и численного представления ключевых точек с помощью наложения на изображения координатных осей. Рассмотрены особенности психоэмоциональной реакции персонала на внештатные ситуации. На основе рассмотренных особенностей сформированы принципы формирования содержания базы данных.

Цель работы – провести системный анализ основных функционально-распределенных признаков лица человека для определения психических состояний персонала, работающего на пультах управления производствами.

Классификация показателей зон лица

Для анализа мимики человека в физиогномике выделяют три зоны лица сверху вниз [1], как показано на рисунке 1: интеллектуальная (И), эмоциональная (Э), витальная (В). Интеллектуальная зона (И) включает в себя следующие элементы: лоб (I_1), глаза (I_{21} , I_{22}) и брови (I_{31} , I_{32}). Эмоциональная включает в себя нос (E_1), щеки (E_{21} , E_{22}), скулы (E_{31} , E_{32}). Витальная содержит рот (V_1) и подбородок (V_2).

Каждая зона лица содержит группы мимических мышц. В зоне И находятся мышцы лба, надбровные дуги, мышцы век. Во второй зоне лица находятся пирамидальные мышцы носа, крылья носа, скулы. Витальную зону составляют губы, подбородок. Согласно данному представлению лица, можно описать качественные и количественные показатели мимики, которые соответствуют переживаемым оператором психическим состояниям. В состоянии спокойствия мышцы во всех трех зонах находятся в состоянии общего тонуса организма (норма-тонус), которое фиксируется как исходно представление человеческого лица.

Формализация и численное представление ключевых точек лица

Для формализации и численного представления ключевых точек предусматривается наложение трехмерной сети координатных осей x , y , z на изображения персонала. Путем нормирования показателей пространственных величин, будет получено значение положения мышц лица человека в состоянии обычного функционирования системы и в случаях внештатных ситуаций.

Получение изображения мимики персонала во время штатных и внештатных ситуаций происходит с помощью видеокамеры, контролирующей лица персонала на рабочих местах.

Обозначив положения основных мышц, задействованных в выражении психических состояний, через ключевые точки и перенеся полученную разметку на координатную ось, получим численное обозначение основных

ключевых точек (P_i), по расположению которых относительно координатной оси можно будет диагностировать переживаемую эмоцию. В качестве примера используем двумерное

изображение. Выразив мимику через числовые значения координат ключевых точек P_i (рис. 2), получаем результат, представленный в табл. 1-3.

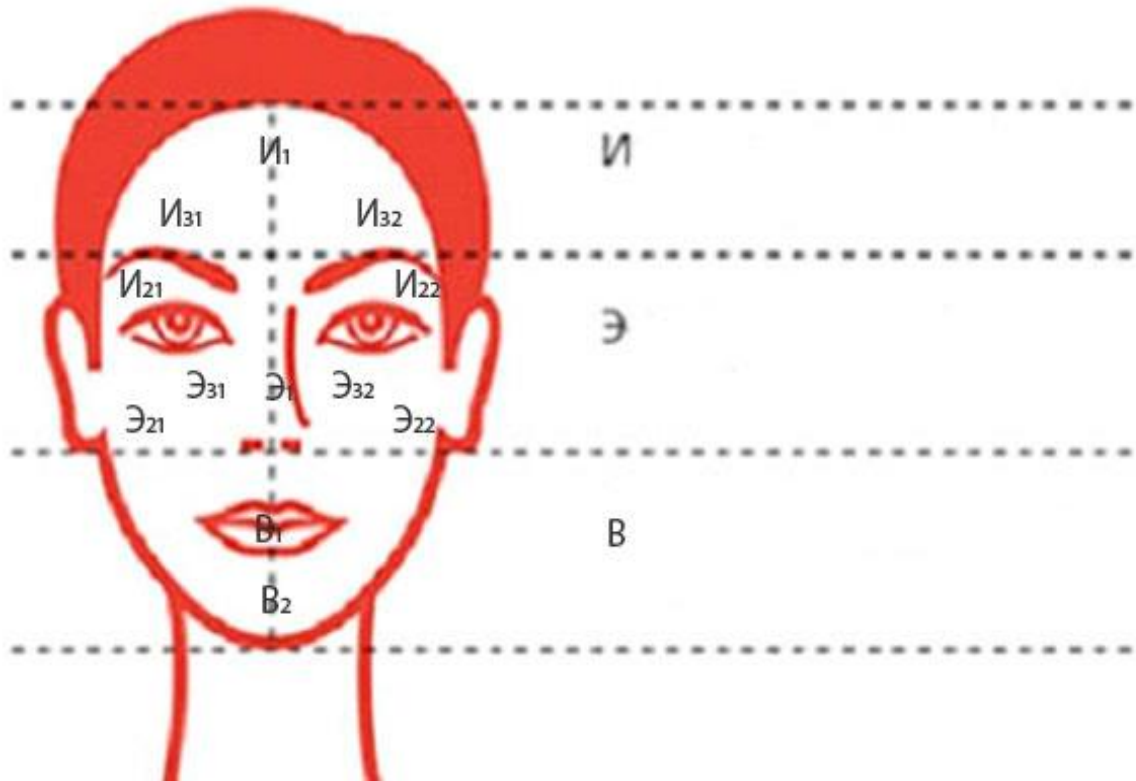


Рисунок 1 – Физиогномическое разделение лица на три зоны

Таблица 1 – Фиксация элементов интеллектуальной зоны лица в системе координат

Психическое состояние	Лоб	Глаза		Брови
		Левый	Правый	
Спокойствие	$P_1=(-6,8)$ $P_2=(0,8)$ $P_3=(6,8)$	$P_4=(-8.5,2)$ $P_5=(-5.5,3)$ $P_6=(-2,1.5)$ $P_7=(-5.5,3)$	$P_8=(2.25,1.5)$ $P_9=(5.25,3)$ $P_{10}=(8.5,2)$ $P_{11}=(5.5,1)$	$P_{12}=(-6,6.5)$ $P_{13}=(2,4)$ $P_{14}=(2,4)$ $P_{15}=(5.5,6.5)$

Таблица 2 – Фиксация элементов эмоциональной зоны лица в системе координат

Психическое состояние	Нос				Скулы	
	Крылья носа		Пирамидальные мышцы		Левая	Правая
	Левое	Правое	Левая	Правая		
Спокойствие	$P_{16}=(-4,-3)$	$P_{19}=(4,-3)$	$P_{17}=(-2,-2)$ $P_{18}=(-1,-1)$	$P_{20}=(2,-2)$ $P_{21}=(1,-1)$	$P_{22}=(-7,-2)$	$P_{28}=(7,-2)$

Таблица 3 – Фиксация элементов витальной зоны лица в системе координат

Психическое состояние	Рот	Подбородок
Спокойствие	$P_{23}=(-5,-8)$ $P_{24}=(0,-8)$ $P_{25}=(4.5,-8)$ $P_{26}=(0,-11)$	$P_{27}=(0,-14)$

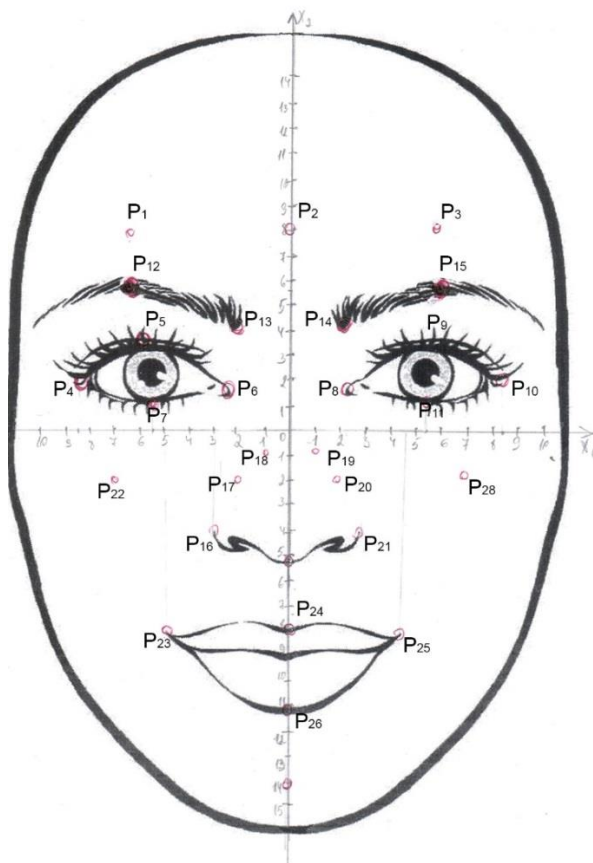


Рисунок 2 – Нанесение координатных осей и ключевых точек на изображение лица человека (тонус-норма)

Методика фиксации точек лица предусматривает группировку точек зонам лица в виде 2D-модели (формулы 1-3).

- (1)
- (2)
- (3)

Тогда формальное представление выражения лица имеет вид (формула 4):

- (4)

Фиксация особенностей персонала в нормальных и аварийных условиях

Согласно формальному представлению, психические состояния персонала на рабочих

местах будут влиять на изменение расположения лицевых мышц (табл. 4). Типичными психическими состояниями при работе на производстве являются: радость, сосредоточенность, скука, интерес к работе, спокойствие, печаль, вызванная непроизводственными факторами. Типичные реакции на ситуации, опасные для жизни, следующие: страх, гнев, переходящий в ярость, плач и «изоляция аффекта». Так как внештатная ситуация на производстве, вызванная случайными девиациями в работе систем не всегда представляет собой непосредственную опасность для жизни и здоровья персонала в данной работе рассмотрены мимические изменения состояния тонус-нормы для эмоциональных состояний гнева, страха и удивления (табл. 5-7).

Таблица 4 – Физиогномическое выражения психических состояний на лице человека

Психическое состояние	Интеллектуальная зона лица	Эмоциональная зона лица	Витальная зона лица
Радость	Человек жмурится	Скулы поднимаются	Уголки губ поднимаются, рот слегка приоткрыт
Страх	Брови подняты, между ними образуется морщинка на переносице, верхние веки приподняты, глаза широко распахнуты	Мышцы напряжены	Рот слегка приоткрыт
Удивление	Брови приподняты, изгибаются. Глаза широко раскрыты.		Рот приоткрыт
Печаль	глаза печального человека слегка прикрыты, взгляд отсутствующий, отрешенный, направленный вниз или вглубь себя	Лицо бледнеет, теряет тонус.	Уголки губ опущены, нижняя губа может быть слегка выпячена. Нижняя часть его лица теряет тонус и отвисает
Гнев	Брови нахмурены, над переносицей образуется глубокая складка.	Напряжение в скулах, играющие желваки. Сокращение пирамидальной мышцы носа, на переносье появляются горизонтальные складки	Стиснутые зубы, плотно сжатые губы
Спокойствие	Фиксация взгляда без напряжения	Мышцы расслаблены	Мышцы расслаблены
Скука	Глаза полуприкрыты или взгляд расфокусирован	Мышцы расслаблены	Мышцы расслаблены
Сосредоточенность	Горизонтальные складки на лбу, брови слегка нахмурены, глаза чуть-чуть сужены	Мышцы носа напряжены	Плотно сжатый рот, уголки губ опущены
Интерес	Глаза могут быть расширены, если есть удивление, или сужены, если происходит мыслительная деятельность.		Чуть открытый рот

Таблица 5 – Фиксация элементов интеллектуальной зоны лица в системе координат во время внештатных ситуаций

Эмоция	Лоб	Глаза		Брови
		Правый	Левый	
Страх	$P_1=(-8.5,5)$ $P_2=(0,10)$ $P_3=(8.5,5)$	$P_4=(-5.75,1.5)$ $P_5=(-4.3,7.5)$ $P_6=(-2,1.5)$ $P_7=(-4,1)$	$P_8=(2,1.5)$ $P_9=(4,1)$ $P_{10}=(6,1.5)$ $P_{11}=(4,1)$	$P_{12}=(-5,6)$ $P_{13}=(-2.5,5.5)$ $P_{14}=(2.5,5)$ $P_{15}=(5,6)$
Гнев	$P_1=(-3.75,10)$ $P_2=(0,10)$ $P_3=(2.75,10)$	$P_4=(-7,3)$ $P_5=(-4.5,4.5)$ $P_6=(-2.5,2.25)$ $P_7=(-4.75,2.25)$	$P_8=(2.5,2)$ $P_9=(4.5,4.5)$ $P_{10}=(6.75,3)$ $P_{11}=(4.75,2.25)$	$P_{12}=(-6,6)$ $P_{13}=(-1.5,3.75)$ $P_{14}=(1.5,3.75)$ $P_{15}=(5.5,6)$
Удивление	$P_1=(-4,9)$ $P_2=(0,9)$ $P_3=(4,9)$	$P_4=(-7.25,1.5)$ $P_5=(-5,3.5)$ $P_6=(-2.5,1)$ $P_7=(-5,0.5)$	$P_8=(1.5,1.5)$ $P_9=(3.5,4)$ $P_{10}=(6.25,1.5)$ $P_{11}=(0.5,0.5)$	$P_{12}=(-5,6)$ $P_{13}=(-4,5)$ $P_{14}=(3,4)$ $P_{15}=(5.5,6)$

Таблица 6 – Фиксация элементов эмоциональной зоны лица в системе координат во время внештатных ситуаций

Психическое состояние	Нос				Скулы	
	Крылья носа		Пирамидальные мышцы		Левая	Правая
	Левое	Правое	Левая	Правая		
Страх	$P_{16}=(-2.5,-5)$	$P_{19}=(0.5,0)$	$P_{17}=(-1.5,-2)$ $P_{18}=(-0.5,0)$	$P_{20}=(1.5,-2)$ $P_{21}=(2,3)$	$P_{22}=(-5,-1.75)$	$P_{21}=(5,-1.75)$
Гнев	$P_{16}=(-2,-5)$	$P_{19}=(1.5,1)$	$P_{17}=(-1.75,-2)$ $P_{18}=(-1.5,1)$	$P_{20}=(1.5,-2)$ $P_{21}=(2,-5)$	$P_{22}=(-5,-1)$	$P_{21}=(5,-1)$
Удивление	$P_{16}=(-3.75,-5)$	$P_{19}=(1,-1)$	$P_{17}=(-1.5,-2)$ $P_{18}=(-1,-1)$	$P_{20}=(1.5,-2)$ $P_{21}=(2,-5)$	$P_{22}=(-6,-1.5)$	$P_{21}=(5,-1.5)$

Таблица 7– Фиксация элементов витальной зоны лица в системе координат во время внештатных ситуаций

Психоэмоциональное состояние	Рот	Подбородок
Страх	$P_{23}=(-4,-10.5)$ $P_{24}=(0,-10)$ $P_{25}=(3.5,-10.5)$ $P_{26}=(0,-13)$	$P_{27}=(0,-19)$
Гнев	$P_{23}=(-4,-9)$ $P_{24}=(0,-8)$ $P_{25}=(4,-9)$ $P_{26}=(0,-10)$	$P_{27}=(0,-15)$
Удивление	$P_{23}=(-5,-11)$ $P_{24}=(0,-10)$ $P_{25}=(3,-11)$ $P_{26}=(0,-14.5)$	$P_{27}=(0,-18)$

Принципы формирования содержания баз данных

Полученные данные будут использованы для формирования содержания баз данных и разработки моделей и алгоритмов, согласно принципам: нормирование входных данных (нормализация значений P_i), адаптивность к характеристикам персонала (пол, возраст, ношение аксессуаров). Эта задача осуществима при многократной фиксации ключевых точек отдельного человека, входящего в обслуживающий персонал, в обычных условиях работы и при тестовой имитации реакций на внештатные ситуации (страх, гнев, удивление).

Во время опытной эксплуатации системы в случае внештатных ситуаций сравнение реальных численных показателей ключевых точек будет проводиться с численными показателями ключевых точек в состоянии нормального функционирования системы с сохранением текущих показателей. Используя трехмерную модель человеческого лица во время реальных внештатных ситуаций на производстве, будет производиться повторное обучение

системы. Только после редактирования данных, согласно показателям, снятым во время реальной внештатной ситуации, будет производиться диагностика психического состояния оператора автоматизированных систем управления во время внештатных ситуаций.

Исходя из диагностированной психической реакции автоматически будет приниматься решение о выполнении команд операторов или выполнения запрограммированной инструкции действий, согласно возникшей ситуации. В случае адекватного состояния персонала, система принятия решений полностью делегирует человеку принятие решений, без введения на исполнение предписанных инструкций.

Выводы

В работе рассмотрен метод описания мимических проявлений психических состояний персонала, произведена классификация зон лица, предложена формализация представления ключевых точек путем наложения трехмерной сети координатных осей x , y , z на изображения

персонала. В качестве примера формально описаны проявления следующих психоэмоциональных состояний: спокойствие, страх, гнев, удивление. Установлены основные принципы формирования содержания баз данных и дальнейшей разработки моделей и алгоритмов.

Литература

1. Равенский, Н. Как читать человека. Черты лица, жесты, позы, мимика / Н. Равенский. – Москва: РИПОЛ классик, 2007. – ISBN 978-5-7905-5021-8
2. Rodehorst, V. Comparison and evaluation of feature point detectors/ V. Rodehorst, A. Koschan // Proceedings of 5th International Symposium Turkish-German Joint Geodetic Days, 2006.
3. Tuytelaars, T. Local Invariant Feature Detectors / T. Tuytelaars, K. Mikolajczyk // Survey. Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision, 2008. – No. 3 (3). – P. 177-280.
4. Жабинский, А.В. Метод распознавания эмоций на основе модели распределения ключевых расстояний / А. В. Жабинский // Доклады БГУИР. - Минск: БГУИР, 2014. - №1(79). - С.59-64. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-raspoznaniya-emotsiy-na-osnove-modeli-raspredeleniya-kluchevykh-rasstoyaniy>
5. Бондаренко, В. А. Метод поиска и сопоставления ключевых особенностей изображений для распознавания образов и сопровождения объектов / В. А. Бондаренко, Г. Э. Каплинский, В. А. Павлова, В. А. Тупиков // Известия ЮФУ. Технические науки, Раздел V. Техническое зрение, 2019. - С.281-293. – DOI 10.23683/2311-3103-2019-1-281-293
6. Левкин, В. Е. Психические состояния: учебное пособие для вузов / В. Е. Левкин. - Москва : Юрайт, 2016. – 302 с.
7. Миненко, А. С. Система распознавания эмоционального состояния человека / А. С. Миненко, Т. В. Ванжа / Искусственный интеллект, 2020. – №3. – С. 60-69.
8. Р 50-34.119-90. Рекомендации. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Архитектура локальных вычислительных сетей в системах промышленной автоматизации. Общие положения.
9. Кутбиддинова, Р. А. Психология стресса : учебно-методическое пособие / Р. А. Кутбиддинова. - Южно-Сахалинск: СахГУ, 2019. – 372 с.
10. Экман, П. Узнай лжеца по выражению лица [Текст] : [16+] / П. Экман, У. Фризен; [пер. с англ. В. Кузин под научной редакцией М. Осориной]. - Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 315 с.

Теплова О.В., Криводубский О.А. Системный анализ переменных психоэмоционального состояния человека в системе принятия решений автоматизированных систем управления. В данной работе рассматривается: проявления психических состояний операторов автоматизированных систем по функционально-распределенным признакам лица, приведена классификация показателей зон лица, методы фиксации и численного представления ключевых точек, определены особенности персонала в нормальных и аварийных условиях, принципы, предусматривающие формирование содержания баз данных и разработки моделей и алгоритмов. Работа содержит численное значение ключевых точек в предложенной системе координат.

Ключевые слова: психоэмоциональное состояние, по функционально-распределенные признаки, классификация, особенности персонала, формальное представление.

Teplova O.V., Krivodubsky O.A. System analysis of human psychoemotional state variables in automated control systems decision-making system. This article treats: manifestations of automated systems operator's mental states according to functionally distributed facial features, provides a facial zones indicators classification, fixation methods and numerical representation of key points, defines the personnel characteristics in normal and emergency conditions, principles providing for the database content formation and the models and algorithms development. The article contains the numerical value of the key points in the proposed coordinate system.

Keywords: psychoemotional state, functionally distributed features, classification, personnel characteristics, formal presentation.

Статья поступила в редакцию 09.12.2023
Рекомендована к публикации профессором Зори С.А.