

СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКА ПУТЕМ ОБРАБОТКИ ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЙ

Представленные в статье математическое и алгоритмическое обеспечение позволяют детектировать эмоции работника, их изменения, степень его усталости, реакцию на различные ситуативные воздействия. Предлагаемые решения могут быть реализованы в программно-аппаратной системе для выработки правильных поведенческих паттернов человека при участии в качестве оператора различных комплексов и технологических процессов.



О.С. Локтева



А.М. Завьялов

Ключевые слова: безопасность производственных процессов, человеческий фактор, классификация эмоций, лицевая экспрессия

Функциональные обязанности оператора, осуществляющего управление технической системой и выполнение определенных технологических процессов с некоторым объектом, связаны с обработкой информации, получение, передача и представление которой происходит посредством использования программно-аппаратных комплексов, т.е. непосредственно оператор не взаимодействует с объектом никаким из органов чувств. Основной особенностью работы оператора является присутствие в технологической цепочке действий дистанционной части [1], касающейся получения первичных данных об объекте, управления рабочими органами машины, контроля выполняемых операций и т.д. Реализация удаленного получения информации, мониторинга, управ-

ления и детектирования параметров состояния и поведения объекта, на который направлена деятельность технической системы, связана не только с наличием программно-аппаратных комплексов технического зрения, робототехнических модулей и элементов, обеспечивающих человеко-машинное взаимодействие, но и с определенным физическим и психоэмоциональным состоянием человека, осуществляющим операторскую деятельность. Работу оператора можно отнести к малоподвижной, при которой наблюдается повышенный тонус мышц спины, шеи и плечевого пояса из-за сидячего положения в определенной позе, также необходима фактически постоянная концентрация внимания и ощущение постоянной ответственности, что приводит к увеличению утомляемости и напря-

Локтева Ольга Степановна, начальник отдела социальной политики ООО «Конмарк». Область научных интересов: охрана труда, социальное партнерство, отношения работник-работодатель, сохранение историко-культурного наследия. Автор 14 научных работ, в том числе одной монографии и пяти учебных пособий.

Завьялов Антон Михайлович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: обеспечение надежности и безопасности железнодорожного транспорта. Автор 58 научных работ, в том числе одной монографии.

Локтев Даниил Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы и телекоммуникации» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: мониторинг состояния памятников истории и архитектуры, в том числе объектов транспортной инфраструктуры; использование современных материалов и методик для реконструкции и ремонта объектов транспортного строительства и их элементов, автоматизированные системы мониторинга транспортных средств. Автор 61 научной работы.

женности. Совокупность перечисленных факторов, а также неполностью формализуемый квазипериодический ритм работы зачастую приводят к снижению внимательности и скорости реагирования, общему переутомлению и появлению дополнительных ошибок в действиях оператора [2;3].

В описываемых условиях на первый план выходит не традиционный (IQ), а эмоциональный интеллект (EQ), концепция которого активно развивается в XXI веке и базируется на преобладании этого типа интеллекта в стрессовых ситуациях, когда время для логических выкладок ограничено и при принятии решений преобладают эмоции. Ценность прогнозирования EQ заключается в возможности определения биоритмологического портрета оператора, позволяющего оценить продуктивность работы, наличие возможных ошибок у оператора в различное время суток, а также тестировать способность находить эффективные решения в различных формализованных и внештатных ситуациях. Концепция EQ позволяет получать более достоверную информацию о характерных особенностях здоровья и изменениях состояния оператора с течением времени, а также купировать опасности, связанные с эмоциональными всплесками из-за внутренних и внешних раздражителей, что позволит создать алгоритмы обеспечения эффективности действий оператора в широком диапазоне происходящих ситуаций. В целом предлагается использовать EQ как один из важнейших критериев при профессиональном отборе на операторские должности.

В настоящем исследовании оценивать EQ предлагается посредством изучения состояния лицевых мышц человека, которое коррелирует с общим психоэмоциональным состоянием человека и его усталостью. Таким образом, эмоциональное состояние человека предлагается оценивать посредством определения мимических реакций на различные воздействия и информацию, поступающую оператору. Мимические реакции можно определять по произвольным и произвольным фрагментам, а также по физиологическим особенностям (тонус, динамика, симметрии-асимметрии, состояние носогубного треугольника и т.д.) отдельных частей лица оператора на его изображениях.

В настоящее время активно используются дискретная, многомерная и гибридная модели для категоризации эмоциональных данных [4].

При использовании дискретной модели каждая эмоция связана с семантическим полем — конкретным значением или набором значений, которые мы приписываем некоторому эмоциональному состоянию. Один из наиболее известных исследователей в области теории базовых эмоций Экман П. [4], пред-

ложил собственное видение количества таких эмоций, на основе изучения лицевой экспрессии он выделил 6 первичных эмоций: гнев, страх, отвращение, удивление, печаль и радость. Другой модификацией дискретной модели является дифференциальная теория эмоций, основанная на десяти основных эмоциях Изарда К. [5]. Такой подход определяет эмоции как сложные процессы, которые имеют нейрофизиологические, нервно-мышечные и чувственно-переживательные аспекты. Плутчик Р. [6] предложил рассматривать эмоции как средство адаптации, играющую важную роль для приспособления к внешней среде и различным ситуациям. В общем случае, в разных теориях можно найти от 6 до 22 базовых эмоций человека.

Многомерная модель представления эмоций, предполагает использование природы появления той или иной эмоции, а также ее параметры: валентность, активацию и интенсивность, которые участвуют в создании многомерного пространства.

Гибридные или комплексные модели представления эмоций объединяют различные аспекты дискретного и многомерного подхода. Каждая из основного набора в 24 эмоции определяется шестью уровнями силы.

В настоящем исследовании предлагается определять психоэмоциональное состояние работника, степень его усталости посредством обработки образов лица, полученных с помощью фото- или видеодетекторов. При этом решаются задачи распознавания самого работника, распознавания и измерения его лицевой экспрессии.

Распознавание образа работника происходит при помощи алгоритма каскадных классификаторов изображения его лица, который на каждом этапе отмечает наиболее недостоверный классификатор и перераспределяет весовые коэффициенты D_i для каждого элемента образа. Очередная итерация алгоритма увеличивает весовой коэффициент для неправильно классифицированного объекта [1;7] и каскадный классификатор следующего этапа детализирует именно эту часть изображения лица, при этом общая ошибка минимизируется:

$$h_i = \arg \min_{h_j \in H} \epsilon_j, \text{ здесь } \epsilon_i = \sum_{i=1}^m D_i(i) [y_i \neq h_j(x_i)], \quad (1)$$

ϵ_i — взвешенная ошибка каскадного классификатора h_i очередного этапа, $\epsilon_i \geq 0,5$ условие прекращения работы цикла.

Для распознавания эмоций идентифицированного работника в основном используют два основных метода: идентификацию одной из основных эмоций по выражению лица и регистрацию электрической активности мышц лица. Среди известных методик детектирования эмоций можно отметить технику иден-

тификации эмоций по выражению лица (Facial Affect Scoring Technique – FAST), которая предполагает наличие карты дискретных эталонов лицевой экспрессии для каждой из шести базовых эмоций в статической форме. Эталонное значение каждой эмоции состоит из фотографий верхней (лоб, брови), средней (глаза, веки) и нижней (губы, подбородок) частей лица. Вторым способом определения эмоций является система кодирования активности лицевых мышц (Facial Action Coding System – FACS), основанная на движении лицевых мышц, из возможных движений получено 24 паттерна реакций отдельных мышц и 20 паттернов, отражающих работу групп мышц. Третий из наиболее популярных способов детектирования эмоций – эмоциональная система кодирования лицевых движений (Emotion Facial Action Coding System (EmFACS)), базирующаяся на нейрочеловеческой теории эмоций.

Представленные подходы не всегда дают точный результат, особенно при изменении положения головы, позы, настроения, факторов усталости и т.д., поэтому в жизненно важных системах наблюдения, например, за состоянием операторов-машинистов такие системы приходится дублировать, что сказывается на стоимости конечных программно-аппаратных комплексов диагностики и контроля [8;9].

В настоящей работе для определения эмоционального состояния и степени усталости работников предлагается использовать изображения, получаемые с помощью фотодетекторов, установленных на определенном расстоянии от лица оператора. Предполагается, что определить эмоциональное состояние и усталость можно по наличию затененных областей на изображении лица, состоянию носогубного треугольника, уголков рта, общей отечности, динамических и поверхностных морщин, изменения цвета под глазами, малярных мешков, иных типов гиперпигментации периорбитальной области [2;3]. На первом этапе обработки изображения на образ лица работника наносятся 28 характерных точек (рис. 1).

Каждая из нанесенных точек имеет координаты (x, y) , которые измеряются в условных пикселях. Для определения состояния работника по сравнению с эталонными образцами изображений предлагается использовать три типа функций: длина незамкнутых линий (L), длина замкнутых контуров (K) и интенсивность цветовых переходов (G). Перечисленные функции определяются в соответствии со следующими выражениями, в которых под знаком суммы стоят операторы, вычисляющие расстояния между указанными точками (2), (3) и изменения цвета (4):

$$L_{1-9} = \sum(1+9); L_{5-3-13-15} = \sum(5+3+13+15);$$

$$L_{23-25} = \sum(23+25); L_{19-21} = \sum(19+21);$$

$$L_{19-23} = \sum(19+23);$$

$$L_{15-17} = \sum(15+17); L_{9-10} = \sum(9+10); L_{5-7} = \sum(5+7);$$

$$L_{3-13-15-16-14-4} = \sum(3+13+15+16+14+4); \quad (2)$$

$$K_{1-5-9} = \sum(1+5+9); K_{1-2-9-10} = \sum(1+2+9+10);$$

$$K_{9-10-11-12} = \sum(9+10+11+12);$$

$$K_{9-11-7-5} = \sum(9+11+7+5);$$

$$K_{19-17-18-20-15-16} = \sum(19+17+18+20+15+16);$$

$$K_{3-5-7} = \sum(3+5+7); K_{13-19-21} = \sum(13+19+21);$$

$$K_{7-11-23-19-21} = \sum(7+11+23+19+21);$$

$$K_{25-26-27-28} = \sum(25+26+27+28);$$

$$K_{23-27-28-24-22-26-25-19} =$$

$$= \sum(23+27+28+24+22+26+25+19); \quad (3)$$

$$G_{9-10-1-2} = \frac{9+10}{2} \rightarrow \frac{1+2}{2}; G_{7-5} = 7 \rightarrow 5;$$

$$G_{7-11-23} = \frac{7+11}{2} \rightarrow 23; G_{19-21} = 19 \rightarrow 21;$$

$$G_{17-18-15-16} = \frac{17+18}{2} \rightarrow \frac{15+16}{2};$$

$$G_{27-28-25-26} = \frac{27+28}{2} \rightarrow \frac{25+26}{2}; G_{12-8-24} = \frac{12+8}{2} \rightarrow 24;$$

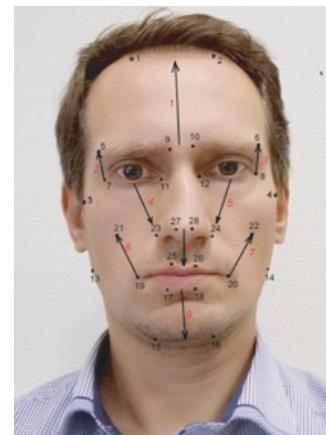


Рис. 1. Расположение характерных точек и цветовых переходов на образе работника

$$G_{8-6}=8 \rightarrow 6; G_{20-22}=20 \rightarrow 22. \quad (4)$$

Разработанное математическое и алгоритмическое обеспечение может не только определять состояние работника на рабочем месте, но и использоваться в тренажерном программно-аппаратном комплексе для выработки навыков стрессоустойчивости у операторов при моделировании различных ситуаций.

Схематическое представление алгоритмов работы такого тренажерного комплекса изображено на рис. 2,3.

Группа предложенных критериев для оценки состояния работника по его образу и каскадные классификаторы для его распознавания, объединенные алгоритмическим и информационным обеспечением позволяют детектировать состояние работника в режиме реального времени. Предлагаемый подход может составить существенную конкуренцию существующим системам детектирования и распознавания эмоций людей, например, таким как Face Reader, EMotion Software, FacE Analysis System, FaceSecurity, EmoDetect.



Рис. 2. Схема организации оценки и воздействия на состояние работника



Рис. 3. Схема построения алгоритмического обеспечения для определения текущего состояния работника

Заключение

Рассмотренные системы классификации эмоций и усталости существенно влияют на процесс разметки визуальных образов работников. Принятая за основу дискретная модель, осуществляющая классификацию согласно методике измерения и описания лицевых поведений, хорошо адаптируется для оценки состояния работника как непосредственно на рабочем месте, так и в ходе поведенческого аудита в различных стрессовых ситуациях на тренажере.

Разработанное математическое обеспечение позволит обрабатывать образы работников на изображениях, полученных как с помощью стационарной фотосистемы, так и с помощью их смартфонов. В результате может быть проведена оценка психоэмо-

ционального состояния и степени усталости в режиме реального времени.

Модифицированная дискретная модель, осуществляющая классификацию эмоций согласно методике измерения и описания лицевых поведений, позволяет упростить алгоритмы детектирования и выделить три итоговых класса эмоциональных состояний: позитивное, негативное или нейтральное. Такая классификация позволяет с наименьшим числом вычислительных операций определить реакцию и состояние тестируемого на тренажере работника при различных видах внешнего воздействия, а также составлять психоэмоциональный портрет оператора, для прогнозирования его поведения и действий в различных ситуациях на реальном рабочем месте.

Литература

1. Локтев, А.А. К задаче проектирования модуля визуального распознавания элементов верхнего строения пути на высокоскоростных магистралях/ А.А. Локтев, В.П. Сычев, Д.А. Локтев // Транспорт Российской Федерации. –2017. –№1(68). –С. 22–26.
2. Локтев, А.А. Алгоритм распознавания объектов/ А.А. Локтев, А.Н. Алфимцев, Д.А. Локтев // Вестник МГСУ. –2012. –№5. –С. 194–201.
3. Локтев, А.А. Алгоритм размещения видеокамер и его программная реализация/ А.А. Локтев, А.Н. Алфимцев, Д.А. Локтев // Вестник МГСУ. –2012. –№5. –С. 167–175.
4. Психология эмоций: я знаю, что ты чувствуешь / Пол Экман ; [пер. с англ. В. Кузин]. –2-е изд. – Москва: Питер, 2013. –333 с. : ил., портр.; 21 см. ISBN 978-5-459-00734-3. (Серия «Сам себе психолог») Пер.: Ekman, Paul Emotions Revealed New York: Henry Holt and Company, 2003 cop. 978-0805083392.
5. Изард К.Э. Психология эмоций / Пер. с англ. –СПб.: Издательство «Питер», 1999. –464 с.: ил. (Серия «Мастера психологии»).
6. Plutchik R, Kellerman H. & Conte H.R. A structural theory of ego defenses and emotions. In C.E.Izard (Ed.), Emotions in personality and psychopathology. N.Y. Plenum, 1979. –P. 229–257.
7. Loktev D.A., Loktev A.A. Determination of object location by analyzing the image blur // Contemporary Engineering Sciences. –2015. –Т. 8. –№9. –С. 467–475.
8. Локтев, Д.А. Измерение расстояния до движущегося объекта с помощью комплексной системы видеомониторинга/ Д.А. Локтев, А.Н. Алфимцев // Инженерный журнал: наука и инновации. –2013. –№11(23). –С. 4.
9. Алфимцев, А.Н. Сравнение методологий разработки систем интеллектуального взаимодействия/ А.Н. Алфимцев, Д.А. Локтев, А.А. Локтев // Вестник МГСУ. –2013. –№5. –С. 200–208.