

Разработка технологии и создание средств контроля психоэмоционального состояния человека

1. Разработка технологии и создание средств контроля психоэмоционального состояния человека

В рамках Государственного Контракта на выполнение комплексного проекта по теме: «Разработка технологии и создание средств обнаружения скрытно переносимых человеком опасных предметов и контроля его психоэмоционального состояния» многопрофильное предприятие Элсис выполняет ОКР «Разработка технологии и создание средств контроля психоэмоционального состояния человека»

Целью данной работы является разработка и испытание средств выявления агрессивных и потенциально опасных людей, ориентированных на совершение преступлений и террористических актов, с помощью бесконтактного дистанционного сканирования.

Основное применение разрабатываемой системы – обеспечение авиационной безопасности пассажиров.

2. Психофизиология движений

Великие ученые прошлого, начиная от Аристотеля декларировали неразрывную связь между движением и жизнью биологических объектов, в том числе связь между двигательной активностью и психофизиологическим состоянием. Тезис Ивана Михайловича Сеченова, сформулированный им в классической работе «Рефлексы головного мозга», что: «Все внешние проявления мозговой деятельности могут быть сведены на мышечное движение», наиболее наглядно устанавливает связь между процессом мышления и движением.

Великий Чарльз Дарвин на основе теории эволюции в книге «О выражении эмоций у человека и животных» утверждал, что «рефлекторные действия характеризуют выражение эмоций». Выдающийся биолог и психолог 20 века, нобелевский лауреат Конрад Лоренц, в книге «Агрессия» заявил, что тот, кто сумеет измерить амплитуду и интенсивность рефлекторных движений, тот сможет определить уровень агрессивности.

Несмотря на эти прямые рекомендации по определению эмоционального состояния через параметры рефлекторных движений, до недавнего времени было достаточно сложно количественно характеризовать движения человека.

3. Вестибулярная система

Известно, что поддержание вертикального равновесия человека осуществляется вестибулярной системой и может быть рассмотрено как частный случай двигательной активности, причем динамика мускульного движения определяется процессами сенсорного торможения и координации работы вестибулярной системы.

Периферическим отделом вестибулярной системы является вестибулярный аппарат, расположенный в лабиринте пирамиды височной кости. Он состоит из преддверия и трех полукружных каналов. Кроме вестибулярного аппарата, в лабиринт входит улитка, в которой располагаются слуховые рецепторы. Полукружные каналы располагаются в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.

4. Движения головы

Вестибулярная система играет наряду со зрительной и соматосенсорной системами ведущую роль в пространственной ориентировке человека. Она получает, передает и анализирует информацию об ускорениях или замедлениях, возникающих в процессе прямолинейного или вращательного движения, а также при изменении положения головы в пространстве. Импульсы от вестибулорецепторов вызывают перераспределение тонуса скелетной мускулатуры, что обеспечивает сохранение равновесия тела. Эти процессы осуществляются рефлекторным путем через ряд отделов Центральной Нервной Системы.

5. Вестибулярные рефлексы

Изучением и исследованием вестибулярных рефлексов, прежде всего для исследования и лечения вестибулярной патологии занимается вестибулометрия.

Одним из наиболее изученных и исследуемых является вестибулярно-окулярный рефлекс, обеспечивающий необходимую четкость зрения при движении головы или тела человека, за счет того, что глаза совершают рефлекторное движения в сторону противоположную движению головы.

Для исследования параметров вестибулярной системы разработано значительное количество методик и вестибулярных тестов, а так же медицинское диагностическое оборудование, телевизионные системы синхронно регистрирующие движение глаз и головы, вращающиеся кресла, окулометрические датчики.

6. Вибрация и вестибулярно-эмоциональный рефлекс

С физической точки зрения процесс совершаемых для поддержания равновесия головой перемещений, следует считать вибрацией, так как по

определению, вибрация представляет собой механические колебания точки или объекта. Каждая точка лица или головы человека совершает перемещения по своей траектории. Упрощенная модель движений головы человека приведена на рисунке. Естественно, что вертикальное поддержание головы живого человека в абсолютно неподвижном состоянии является невыполнимой задачей. Для поддержания вертикального равновесия вестибулярный аппарат регулярно передает управляющие сигналы через ЦНС шейным мышцам, осуществляющим периодическое сжатие и распрямление. Частота этих сигналов и скорость их прохождения зависит от общего функционального состояния организма. Когда человек находится в спокойном состоянии, то его рефлекс относительно замедленны, в то время, когда человек находится в возбужденном состоянии, он быстрее реагирует на управляющие сигналы, хотя координация в управлении движением заметно ухудшается. Таким образом, можно говорить о наличии у человека вестибулярно-эмоционального рефлекса, который управляет параметрами микродвижений головы человека в зависимости от его эмоционального состояния. Увеличение частоты микродвижений и изменение параметров движения головы позволяет организму нормализовать энергообмен на рефлекторном уровне.

7. Межкадровая разность

Следовательно, для определения психоэмоционального состояния человека необходимо определить интегральные параметры движения головы. При кажущейся легкости реализации данного заявления, технически реализовать его не так просто. Амплитуда такой вибрации составляет всего несколько сот микрон, причем измерение движения локальной точки подвержено различным погрешностям, а пространственное измерение вибрационной картины до недавнего времени не представлялось возможным. Известные в настоящее время телевизионные детекторы движения, основанные на принципе получения межкадровой разности, обычно решают задачу выявления движущихся объектов на статическом фоне. При этом, только незначительное движение человека в телевизионном кадре приводит к линейному изменению количества движения при регистрации межкадровой разности.

Увеличение количества отсчетов позволяет существенно повысить точность измерений, следовательно, накопление межкадровой разности представляется целесообразным с точки зрения теории информации для повышения соотношения сигнал-шум.

8. Виброизображение

Изображение, каждая точка которого передает накопленную информацию о параметрах вибрации объекта, называется виброизображением. Приведенные на данной странице амплитудное и частотное виброизображения человека промодулированы одной цветовой

шкалой, которая отражает амплитуду межкадровой разности для амплитудного виброизображения и частоту для частотного виброизображения.

В зависимости от функционального состояния человека, частота вибраций головы находится в диапазоне (0,1-10) Гц.

Виброизображение является таким же первичным видом изображения, как тепловое, рентгеновское, ультразвуковое или обычное цветное изображение. Формулы расчета амплитудного и частотного виброизображений приведены под рисунками.

9. Виброизображение и ЭЭГ

В ходе предыдущей НИР проводились сравнительные испытания технологии виброизображения с различными психологическими методиками и психофизиологическими системами, в том числе ЭЭГ и КГР.

Сигнал быстрых параметров виброизображения представляет собой аналог низкочастотных составляющих сигналов электрических отведений ЭЭГ (дельта, тета), причем проведенные исследования показали значительную степень корреляции между параметрами ЭЭГ и ВИ в частотном диапазоне тета (4-7,5) Гц для человека, находящегося в агрессивном состоянии.

10. Многообразие виброизображения

Виброизображение может значительно изменяться в зависимости от настроек системы и параметров движения объекта. Для выявления устойчивых психофизиологических состояний, например, состояния агрессии накапливают информацию о микродвижениях в течение относительно продолжительного промежутка времени (8-20) секунд, в то время как для анализа быстроизменяющихся состояний, например, детекции лжи следует минимизировать время накопления параметров виброизображения до (0,1-1) с.

На рисунках приведены амплитудные виброизображения одного человека в фиксированном состоянии при различных временах накопления 10, 1,0 и 0,1 секунды.

11. Гистограмма распределения частоты

Каждое распределение или частотная гистограмма характеризуется стандартными математическими характеристиками, $M1$ - математическое ожидание, S - среднеквадратическое отклонение, $M2$ - значение частоты, соответствующее максимуму распределения. Указанные математические характеристики частотного распределения значительно зависят от состояния

человека. Устойчивое нормальное распределение частоты вибраций присуще человеку с хорошим самочувствием, двумодальное распределение может быть индикатором физиологической патологии, или попытки скрыть свое состояние, пониженная средняя частота вибраций свидетельствует о покое и/или усталости, а сдвиг распределения в сторону повышенных частот свидетельствует о возбужденном состоянии человека.

12. Спектр мощности частоты вибрации

Для отображения уровня тревожности использовалась временная быстродействующая составляющая ($N=2$) виброизображения, полученная без учета пространственного распределения. Известно, что в состоянии тревожности увеличивается корреляция высокочастотной активности мозга в альфа и бета диапазонах. Движения головы, конечно, более инерционны, чем электрическая активность мозга, но соотношение высокочастотной составляющей движения к низкочастотной также оказалось информативным. У человека, находящегося в спокойном состоянии, преобладают низкочастотные вибрации, и спектр вибраций соответствует экспоненциальному закону распределения, в то время как спектр вибраций человека в возбужденном состоянии ближе к равномерному закону распределения.

13. Внешнее виброизображение

При анализе вибраций информативными оказываются максимальные значения частот вибраций, которые не всегда просто выявить глазом на фоне псевдоцветового изображения. Кроме того визуальный совместный анализ частотного, амплитудного и реального изображения практически невозможен. Поэтому была разработана технология внешнего виброизображения, причем цвет этого внешнего виброизображения отображает максимальную частоту вибрации объекта, а размер внешнего виброизображения пропорционален средней амплитуде сигнала в строке. Таким образом, в одном внешнем виброизображении, удастся отобразить все три перечисленных первичных изображения, сохранив их визуальную информативность.

На приведенных рисунках показано внешнее виброизображение людей в различных состояниях: агрессивном и спокойном.

14. Требования безопасности аэропорта

Согласно техническому заданию определение психоэмоционального состояния человека должно соответствовать следующим основным техническим параметрам:

4.3.1 Расстояние от телевизионной камеры до человека, не менее, м	2
4.3.2 Время наблюдения за стоящим на одном месте человеком, не более, с	10
4.3.4 Вероятность ошибки определения уровня опасности, не более, %	10

Проведенные предварительные испытания в аэропортах Пулково и Домодедово показали, что среднее время первичного контроля билетов и документов пассажира составляет 10-15 секунд, что соответствует требованиям ТЗ. В течение этого времени пассажиры находятся примерно в одном месте и положении, что позволяет установить телевизионную камеру для максимально крупного фронтального наблюдения за головой и лицом человека. Специалист профайлер получает предупреждающий сигнал от системы, если микродвижения пассажира отличаются от установленных норм и обязан провести тщательный досмотр потенциально опасного пассажира.

15. Анализ макродвижения

Естественным желанием специалистов по безопасности аэропортов является использование предлагаемой системы не только для контроля отдельно стоящих пассажиров, но и для контроля больших площадей и движущихся групп пассажиров. При этом, безусловно, невозможно контролировать рефлексные микроперемещения головы, однако оказалось возможным оценить макродвижения и поведенческие реакции. Человек, нервничающий и совершающий большее количество движений за единицу времени, заметно выделяется на общем фоне, как показано на рисунке.

Более 50 лет профессиональным анализом физиологии движений занимался известный советский психофизиолог Николай Александрович Бернштейн, идеи и разработки которого нашли практическую реализацию в алгоритмах нашей системы.

16. Технологические ограничения.

Не следует надеяться, что все так просто и достаточно взглянуть любой телевизионной камерой на человека, совершающего произвольное действие, для того чтобы моментально оценить его психоэмоциональное состояние. Для эффективной оценки состояния человека с помощью технологии виброизображения необходимо выполнение целого ряда организационно-конструктивных мероприятий.

1) Прежде всего, для получения видеоизображения необходимо использовать малошумящие телевизионные камеры.

2) Объект измерения должен быть равномерно и стабильно освещен, расположен фронтально к телевизионной камере и находится в квазистационарном состоянии, т.е. стоять или сидеть не менее 10 секунд в одном положении.

3) В поле зрения не должно находиться движущихся посторонних предметов и людей.

4) Существующая в настоящее время правовая неопределенность, так же затрудняет внедрение технологии контроля психоэмоционального состояния человека в службах авиационной безопасности

17. Структурная схема системы

Разработанная структурная схема системы приведена на рисунке.

При необходимости модули наблюдения могут быть объединены в локальную сеть и специалист профайлер за терминалом может наблюдать картинку с нескольких телевизионных камер, причем по умолчанию устанавливается режим, при котором видеосигнал на терминале появляется только в случае появления там потенциально опасного объекта. Такой режим существенно облегчает деятельность оператора, так как известно, что внимание человека притупляется после 1 часа наблюдений за монитором или движущимся потоком людей.

В ходе данной работы разрабатывается специальная телевизионная камера, удовлетворяющая требованиям ТЗ по фотоэлектрике и механоклиматике.

18. Развитие технологий идентификации состояния человека для систем безопасности

Испытания системы в аэропортах Пулково и Домодедово показали целесообразность применения системы виброизображения в качестве средства технического профайлинга. Процент ошибки по выявлению потенциально опасных пассажиров системой на пассажиропотоке не превышает 8%. В настоящее время осуществляется выборочный контроль системой отдельных рейсов, в то время как необходима разработка общей концепции Безопасного Аэропорта с многоуровневым включением в нее системы контроля психоэмоционального состояния человека.

Аналогичные проекты по контролю психоэмоционального состояния пассажиров реализует и администрация США. Данный проект носит название «Враждебные намерения» и предназначен для бесконтактного выявления потенциально опасных пассажиров в аэропортах на границе США. По имеющимся в открытой публикации данным основой этого проекта

являются тепловизионные системы, регистрирующие повышенное тепловыделение в определенных зонах лица человека при агрессии, волнении и других эмоциях. Массовое развертывание таких систем в аэропортах США предполагается осуществлять с 2012 года.

19. Применение виброизображения

Виброизображение является новым первичным видом изображения и может найти широкое применение как бесконтактная система контроля психофизиологического состояния человека в системах безопасности, биометрии, медицине, психологии, спорте, компьютерной технике.

Вестибулярно-эмоциональный рефлекс (ВЭР) значительно более информативно передает психоэмоциональное состояние человека, чем кожногальваническая реакция (КГР), традиционно применяющаяся при детекции лжи. Таким образом, телевизионная оценка рефлексных микродвижений головы может быть основой для введения единой стандартизированной системы оценки психоэмоциональных состояний человека, на базе вестибулярно-эмоционального рефлекса. В этом случае, большая часть задач по определению психоэмоционального состояния человека, которые в настоящее время относятся к области психологии, перейдут в область общей физиологии и медицины. Это потребует проведения объемных научных исследований по установлению математических характеристик микродвижения для известных эмоциональных состояний, которых современная психология насчитывает не менее 200.

20. Спасибо за внимание!

Государственный контракт № 02.522.11.2010 от « 05» июня 2007 г.

Головная организация: НПК «Технологический центр» МИЭТ, г. Москва;

Исполнители: В.Ф.Веселов

Организация-соисполнитель: ООО «Многопрофильное предприятие «Элсис», г. Санкт-Петербург;

Исполнители: В.А.Минкин, Н.В. Чаленко

Контактная информация:

ООО «Многопрофильное предприятие «Элсис», руководитель проекта:

Минкин В.А.; 194223, г. Санкт-Петербург, пр. Тореза, 68; тел./факс: (812)

552-67-19, e-mail: minkin@elsys.ru

www.elsys.ru