Виброизображение - система дистанционного контроля психоэмоционального состояния человека

Минкин В.А., Бунев Е. Г., Эргешова А. В., Титов В. Б.

Современный уровень развития техники делает возможным дистанционный контроль состояния человека (технический профайлинг), переводя данную задачу из теоретической в область практической реализации. Теоретические работы в данном направлении проводятся с 90-х годов прошлого века и преимущественно основывались на применении телевизионных и тепловизионных систем.

В данной статье рассмотрены дистанционные системы контроля психоэмоционального состояния человека, основанные на бесконтактных технологиях сканирования. Псевдодистанционные системы, основанные на контактных датчиках устанавливаемые на человеке с дистанционной передачей информации в данной работе не рассматриваются, так как они не реализуемы для большинства массовых применений.

Преобладающее большинство практически используемых систем дистанционного контроля осуществляют бесконтактное сканирование и мониторинг определенных физиологических параметров человека, т.к. известно, что физиологические параметры, например частота сердечных сокращений, артериальное давление, кожно-гальваническая реакция, информативно отражают психоэмоциональное состояние человека. Различные подходы к физиологической и эмоциональной оценке состояния человека были предложены И.М. Сеченовым [1] и Ч. Дарвиным [2]. Функционирование каждой физиологической системы организма человека (сердечно-сосудистая, нервная, вестибулярная и т.д.) [3] связано с физическим балансом выделения и распределения энергии в организме человека, поэтому применение тепловизионных систем, непосредственно контролирующих выделение и распределение тепловой энергии в человеке, для контроля психофизиологического состояния достаточно очевидно [4]. Первоначально применение телевизионных систем для контроля психоэмоционального состояния ограничивалось контролем мимики человека, т. к. достаточно давно была установлена связь между мимикой и психоэмоциональным состоянием [2, 5, 6].

В начале 2000 года компанией «Элсис» (Санкт-Петербург) была начата разработка технологии виброизображения [7, 8, 9], объединяющей достоинства тепловизионных и телевизионных систем. От телевизионных систем технология виброизображения перенесла простоту получения информации из стандартного

телевизионного изображения. При этом преобразование телевизионного изображения в виброизображение позволяет получать информацию о физической и физиологической энергетике объекта наблюдения, аналогично тепловизионной картине. Технически виброизображение представляет собой накопленную межкадровую разность в каждом элементе телевизионного изображения [7]. Данная компьютерная обработка изображения осуществляется в режиме реального времени и позволяет использовать полученное виброизображение как базу для определения психоэмоциональных параметров человека, например, уровня агрессии, стресса, тревожности и потенциальной опасности.

В ходе разработки технологии виброизображения компания «Элсис» выполнила НИР «Создание системы дистанционного бесконтактного сканирования и идентификации психофизиологического состояния человека» [10] по программе «Антитеррор» (2005-2006 гг.) и ОКР «Разработка технологии и создание средств обнаружения скрытно переносимых человеком опасных предметов и контроля его психоэмоционального состояния» [11] по программе «Живые Системы» (2007-2008 гг.).

Системы виброизображения успешно эксплуатируются на различных объектах Российской Федерации, прежде всего на объектах транспортной инфраструктуры.

Так, в аэропортах «Пулково-1» и «Пулково-2» (Санкт-Петербург) система работает с 2007 года, при этом по многолетней статистике работы системы вероятность ошибки непропуска своего не превышает 10%, при нулевой вероятности ошибки пропуска чужого.

Зарубежный уровень технического профайлинга

Рассмотрим теоретически возможные на данный момент технологии дистанционного анализа психоэмоционального состояния человека на примере материалов текущего проекта (2012-2013 гг.) разработки оперативного детектора лжи для министерства обороны США [12] и доклада директора национального центра пограничной безопасности и иммиграции Dr. Jay F. Nunamaker [13, 14, 15, 16]. Он утверждает, что введение технического профайлинга на границе абсолютно необходимо, т. к. люди, даже профессионально обученные профайлеры, не справляются с поставленными задачами. Точность оперативного выявления лжи в реальных условиях контроля документов для обычных работников службы безопасности не превышает 54%, что недопустимо для обеспечения требуемого уровня безопасности. При этом на результат контроля влияет множество субъективных данных объекта контроля: типа национальности, пола, возраста,

образования, что так же абсолютно неприемлемо. Проведение дорогостоящих тренингов, увеличение опыта работы, работа с опытными наставниками, образование профессионального профайлера может повысить точность детекции лжи и контроль намерений до 80%, однако, такой специалист может эффективно работать на потоке не более 1 часа.

Все это требует создания средств дистанционного контроля состояния человека (технического профайлинга), обладающих следующими основными свойствами:

– отсутствие контактных датчиков;

– дистанционный контроль в режиме реального времени;

– надежный контроль над плотным потоком в реальных условиях;

– простота в эксплуатации.

Практически все перечисленные характеристики и требования, безусловно, справедливы и им необходимо следовать при создании современных средств дистанционного контроля психоэмоционального и психофизиологического состояния человека.

Задачей современного средства технического профайлинга является не только и не столько детекция лжи, сколько контроль намерений, дистанционный и при необходимости скрытный. Не случайно первый массовый проект департамента общественной безопасности США по созданию средств технического профайлинга назывался «Враждебные Намерения» (Hostile Intent) [17]. Для этой цели предлагалось контролировать как физиологические, так и поведенческие параметры человека. К физиологическим параметрам Dr. Jay F. Nunamaker, в частности, относит следующие: частота сердечных сокращений, артериальное давление, частота дыхания, движение зрачков, моргание, температура. К поведенческим параметрам принято относить следующие: лингвистика, двигательная активность, голос, движения глаз, мимика лица, привычные движения, напряженность поведения.

Решение о результате контроля каждого человека должно приниматься в зависимости от соответствия перечисленных поведенческих и физиологических параметров установленным общим и индивидуальным нормам. Результат контроля намерений должен содержать только две категории – норма или враждебность. Результат детекции лжи (стресса как реакции) должен быть также бинарный, ложь (стресс) обнаружена или ложь (стресс) не выявлена.

В качестве технических средств контроля рассматриваются следующие технические решения:

1. Видеокамера для контроля движений, лингвистики и голоса. Данная технология будет рассмотрена подробно в дальнейшем.

2. Лазерный доплеровский виброметр (ЛДВ) для контроля артериального давления, частоты сердечных сокращений, дыхания. ЛДВ устройство анализирует излучение лазера, направленного на сонную артерию. Минимальное время контроля составляет 1 минуту, при этом необходима предварительная точная настройка лазера для контроля нового человека. Преимуществом данной технологии является возможность использования известных физиологических параметров при использовании метода сравнительных вопросов. Существенным недостатком технологии является низкая помехоустойчивость к случайным движениям объекта.

3. Тепловизионная камера для контроля температуры глаз, ушей и лица. Использование тепловизионной камеры позволяет достаточно точно контролировать температуру кожи и активность питания головного мозга, а также разницу температуры между глазами и нижней частью лица, что достаточно информативно при контроле реакции на опрос. К основным недостаткам относятся дороговизна системы, чувствительность к внешнему шуму, постоянная необходимость калибровки системы и сложность обработки большого потока данных.

4. Специальная камера для контроля частоты и параметров моргания. Для контроля зависимости параметров моргания при ответах на вопросы используются высокоскоростные телевизионные камеры с частотой работы не менее 250 к/с. Это также достаточно дорогостоящая техника, характеризующаяся сложностью настройки и неоднозначностью обработки параметров.

5. Специальная камера для контроля движений зрачка и идентификации по сетчатке глаза. Предполагается, что расширенность зрачка является одним из признаков лжи, поэтому контроль над степенью расширения зрачка при проведении опроса является достаточно информативным. Однако техническая реализация такого контроля требует точного позиционирования глаз объекта исследования относительно камеры, что относительно просто реализовать в лабораторных исследованиях и практически невозможно выполнить в условиях реального применения систем безопасности.

6. Специальные камеры для контроля над движениями глаз. Используется несколько телевизионных камер, чувствительных в ближней части ИК диапазона, для анализа траектории движения глаз при визуальном предъявлении определенных предметов или при опросе. Предполагается определение активности реакции, например, на такие объекты, как взрывчатка, оружие, кредитные карты и т.д. Контроль за глазами всегда требует высокой точности согласования поля зрения камеры с положением глаз, т.к. для повышения точности анализа движения необходимо видеть глаза

человека с максимальной разрешающей способностью, при этом информативное движение глаза всегда меньше, чем его возможное перемещение при движении головы человека. Все это затрудняет анализ при нежелании объекта исследования его проходить, требует частой калибровки системы и высококвалифицированного персонала.

Практически все перечисленные системы контроля психоэмоционального состояния и намерений человека требуют автоматизированного персонального контроля в специально отведенном для этого месте, причем желательная продолжительность такого персонального контроля должна составлять не менее 1 минуты, для повышения коэффициента точности контроля более 80%.

Проведенный анализ проекта текущей разработки экспресс-контроля состояния человека, проводимой Министерством обороны США (DoD), однозначно определяет современный уровень техники, т. к. если бы в распоряжении DoD были более высокоточные технологии, то дальнейшие исследования и разработки не проводилась.

Персональный контроль и контроль толпы. Сравнительный анализ

Из законов физики и информатики однозначно следует: для уменьшения вероятности ошибки идентификации состояния человека следует увеличивать время на его контроль и сканирование. При этом объект наблюдения должен сканироваться с максимальной точностью, это справедливо для любого метода контроля.

При рассмотрении телевизионных методов контроля это означает, что персональный контроль одного человека, находящегося в кадре всегда более точен, чем контроль толпы из нескольких человек в кадре. Однако это не означает, что телевизионный контроль толпы невозможен и неинформативен.

Первоначально система виброизображения была разработана для дистанционной идентификации квазистационарного состояния человека (режим Микро). Открытый с помощью виброизображения вестибулярно-эмоциональный рефлекс [18, 19, 20, 21] характеризует зависимость микродвижений головы человека от его психофизиологического и психоэмоционального состояния. При этом для достижения 90-95% точности контроля состояния, человек должен находиться под персональным телевизионным контролем около 20 секунд.

Естественно, что при телевизионном контроле толпы не выполняются основные принципы работы системы виброизображения в режиме Микро.

Для большинства интересующих применений – на объектах транспортной инфраструктуры и в местах массового скопления людей (далее по тексту – объектах* (контроль граждан в метро, вокзалах, аэропортах, на проходных и т. д.)) люди находятся в движении относительно видеокамеры. При этом время нахождения человека в кадре может составлять всего несколько секунд, чаще всего 3-5 секунд. Кроме того, в кадре одновременно находится несколько человек, двигающихся в одном направлении, что затрудняет обработку информации. Практические испытания системы виброизображения показали: несмотря на эти основные отличия, система может эффективно работать и в таких условиях. Правовое обеспечение работы систем виброизображения рассмотрено в работах [23, 24, 25].

Рассмотрим основные теоретические принципы работы системы виброизображения в режиме Макро, за счет которых происходит выявление потенциально опасных людей.

Основой работы системы виброизображения является накопление межкадровой разности, характеризующей энергетику движений человека. Если при персональном контроле (режим Микро) задачей системы является получение и анализ информации о микроперемещениях (10-100 мкм) головы человека, то в режиме Макро, система виброизображения рассматривает всю фигуру человека, как единый объект, обладающий физической и физиологической энергетикой. Задача анализа изображения в режиме Макро состоит в том, чтобы получить максимальную информацию о движениях всего тела человека: его рук, ног, туловища и головы. Информативным при этом является, прежде всего, динамика его движений, за все время контроля. Фиксированное расположение телевизионных камер предполагает, что сравнению подлежат люди, совершающие примерно одинаковые движения, например, идущие прямо (в метро), предъявляющие билет (на вокзале), ставящие багаж на контроль (в аэропорту) и т. п. Если при этом человек находится в аномальном состоянии (агрессия, стресс, тревожность, …), то динамика его движений заметно отличается от динамики движений людей в нормальном психоэмоциональном состоянии. Достаточно набрать небольшую статистику совокпности параметров системы виброизображения, работающей в режиме макро, чтобы установить нормы, характерные для каждого места установки системы.

Система виброизображения. Режим Макро. Особенности применения

Рассмотрим требования к режимам работы системы виброизображения в режиме Макро, необходимые для выполнения поставленных задач. Главным параметром, определяющим работу системы виброизображения, является частота обработки основных параметров, напомним, что в режиме Микро, для персонального контроля эта частота составляет 5 к/с. В режиме Макро частота контроля основных параметров составляет 15 к/с, что позволяет получать и обрабатывать в 3 раза больше отсчетов, или сократить время контроля в 3 раза при том же количестве отсчетов. Для удобства работы пользователей, текущая версия системы виброизображения имеет заводские настройки по умолчанию, позволяющие одним нажатием переключать систему в требуемый пользователю режим работы. Микро – персональный контроль, Макро – контроль толпы, ЛД – режим детекции лжи.

В режиме Макро существует также несколько возможностей настройки, выбираемые пользователем в зависимости от решаемой задачи. Основной выбор, который следует сделать пользователю в режиме Макро, это выбор метода контроля с детекцией лиц или без нее. Каждый из этих режимов имеет свои достоинства и недостатки, рассмотрим их далее, относительно кратко. Режим выявления потенциально опасного человека с детекцией лиц проще для работы оператора системы, т. к. оператор непосредственно выявляет фото конкретного человека, которого выделяет система. Этот режим содержит алгоритм детекции лиц, который работает с приоритетом. Только после выявления лица человека в кадре включается алгоритм работы системы виброизображения, который анализирует виброизображение, непосредственно выявленного человека. Известно, что для того чтобы алгоритм детекции лица сработал, необходимо, чтобы лицо человека было относительно хорошо видно в кадре. Если человек идет, отвернувшись от камеры, или прикрывая лицо платком, то никакой алгоритм выявления лиц не сработает и такой человек пройдет мимо системы, работающей по детекции лиц, независимо, в каком психоэмоциональном состоянии он находится. Режим с детекцией лиц обычно применяется в метро и торговых центрах, где минимально время на контроль человека, и оператор должен дать четкие указания охране для проведения контроля подозреваемого.

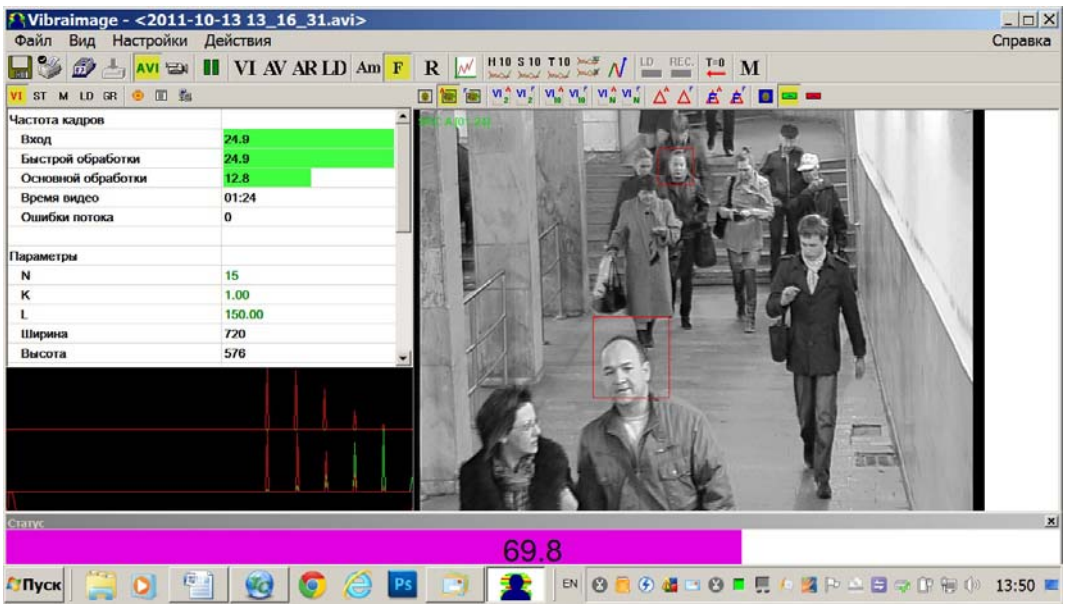

Рис. 1. Режим анализа виброизображения при детекции лиц. Система установлена в Московском метрополитене, станция Охотный Ряд

Если система работает без режима детекции лиц, то алгоритм анализа движения работает всегда, и при появлении в кадре человека в возбужденном состоянии система выдаст сигнал тревоги. Однако, в этом случае, система не может указать, какой человек в кадре является подозреваемым, это должен сделать оператор по анализу картинки виброизображения. Указанный режим, обычно, применяется в аэропортах, где требуется минимальная ошибка пропуска подозреваемого и есть больше времени для проведения контроля человека.

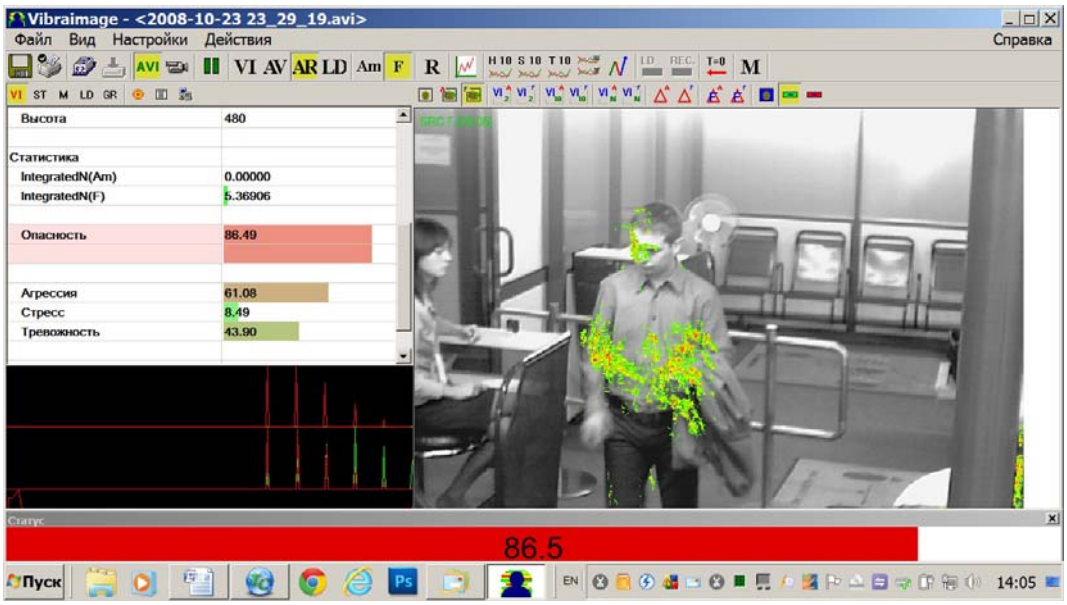

Рис. 2. Режим анализа виброизображения без детекции лиц. Система установлена в аэропорту Пулково 2, Санкт-Петербург

Система виброизображения. Режим Макро. Структура систем

Современная система виброизображения относится к интеллектуальным системам наблюдения и может осуществлять одновременный контроль практически с любого количества видеокамер, установленных на удаленных от оператора местах. При этом требование полной потоковой обработки несжатого видео не позволяет использовать более двух потоков на один современный компьютер (i7) при контроле объектов в режиме реального времени, а стандартное число используемых компьютеров в системе составляет N/2+1, где N число контролируемых видеокамер.

Естественно, что при установке каждой видеокамеры для системы виброизображения следует учитывать основные требования, предъявляемые к такой установке, включая, прежде всего стабильность и равномерность освещенности и отсутствие механических вибраций.

Большинство конструкций многоканальных систем виброизображения включает структуру из сети аналоговых камер, передающих телевизионные сигналы в компьютерную сеть, имеющую сервер, на который выведены картинки со всех камер. При появлении подозреваемого субъекта в любом месте наблюдения картинка с этой камеры выводится с приоритетом, а фото подозреваемого человека выводится в специальное окно интерфейса. Кроме того, данное фото может быть автоматически идентифицировано по базе изображений лиц, подключенной к системе виброизображения, в этом случае оператор сразу знает фамилию и другие данные выявленного подозрительного человека.

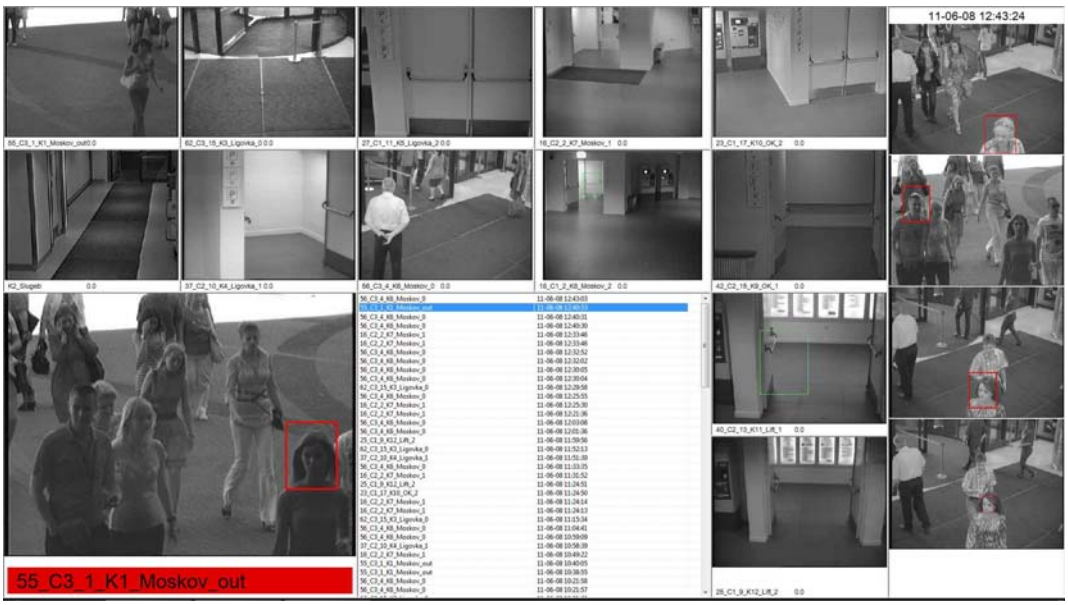

Рис. 3. Режим мультиканального анализа. Монитор сервера системы. Система виброизображения контролирует 12 входов/выходов ТРЦ Галерея, Санкт-Петербург

Заключение

В настоящее время система дистанционного контроля психоэмоционального состояния человека на базе технологии виброизображения является одним из наиболее перспективных средств технического профайлинга. По своим параметрам она превосходит большинство западных и отечественных аналогов, отличается простотой и надежностью применения.

Использование данной системы на объектах* позволит существенно повысить безопасность людей (пассажиров, персонала, посетителей и т. д.).

При этом для решения задач по обеспечению безопасности необходимо постоянное проведение комплексных мероприятий, включающих подготовку, обучение и повышение квалификации специалистов по работе с системой, при необходимости - сертификацию технических средств, а также проведение дальнейших исследований с целью дальнейшего повышения эффективности работы системы.

Разработанный способ определения состояния человека и его системное применение позволят перейти к реализации новой технологии обеспечения безопасности – организации ситуативных центров, позволяющих в реальном масштабе времени моделировать и создавать безопасную обстановку на объектах*.

Список источников

1. Сеченов И. М. Элементы мысли. Изд. Питер, СПб, 2001. 416 с.
2. Чарльз Дарвин. О выражении эмоций у человека и животных. Изд. Питер, СПб, 2001., 384 с.
3. Г. Тамар. Основы сенсорной физиологии. М.: Мир, 1976.
4. US 5771261 Anber, Telethermometric psychological evaluation by monitoring of changes in skin perfusion induced by the autonomic nervous system.
5. Пол Экман. Психология лжи. Изд. Питер, 2003.
6. A. J. Fridlund. Human facial expression. An evolutionary view. San Diego, CA, Academic Press, 1994.
7. RU 2187904 Способ и устройство преобразования изображения. В.А.Минкин, А. И. Штам.
8. В.Минкин. Биометрия. От идентификации личности к идентификации мыслей, ID Magazine N3, 2002. http://www.elsys.ru/review5.php
9. В. А. Минкин. Виброизображение. СПб.: Реноме, 2007.
10. Отчет о научно-исследовательской работе «Создание системы дистанционного бесконтактного сканирования и идентификации

психофизиологического состояния человека», Многопрофильное Предприятие «Элсис», 2006.
11. В.Ф. Веселов, В.А. Минкин. «Разработка технологии и создание средств обнаружения скрытно переносимых человеком опасных предметов и контроля его психоэмоционального состояния», ФЦП «Живые системы»/Институт молекулярной биологии имени Энгельгардта (декабрь 2007).
12. Standoff Counter Human Deception Detection Device, PEO Intelligence, Electronic Warfare and Sensors, DoD, A12-060 (Army), 01.2012 http://www.dodsbir.net/sitis/archives_display_topic.asp?Bookmark=42334
13. Nunamaker, Jay F. Deception Detection Techniques for Rapid Screening. The DHS Science Conference Fifth Annual University Network Summit. Ed. Christopher B.R. Diller. 2009. University of Arizona, National Center for Border Security and Immigration. https://www.orau.gov/dhssummit/2009/presentations/March17/Panel3/Nunamaker_Mar17.pdf
14. Burgoon, J. K.; Nunamaker, J. F. Toward Computer-Aided Support for the Detection of Deception-Volume 3. Group Decis. Negot. 2010, 19, 323 - 325.
15. Martens, R.; Allen, J. J. B. The role of psychophysiology in forensic assessments: Deception detection, ERPs, and virtual reality mock crime scenarios. Psychophysiology 2008, 45, 286 - 298.
16. Ambach, W.; Bursch, S.; Stark, R.; Vaitl, D. A Concealed Information Test with multimodal measurement. Int. J. Psychophysiol. 2010, 75, 258 - 267.
17. Experimental Testing of Project Hostile Intent Technology February 25, 2008, Larry E. Willis Human Factors Division Science & Technology Directorate
18. В.А. Минкин, Н.Н. Николаенко. Применение технологии и системы виброизображения для анализа двигательной активности и исследования функционального состояния организма. Медтехника, №4, 2008.
19. В.А.Минкин, Н.Н.Николаенко. Информационно-статистические параметры виброизображения, как базовые элементы расчета любых эмоциональных состояний. Труды 18-ой Международной научно-технической конференции «Современное телевидение», Москва, 2010.
20. В.А.Минкин, Н.Н. Николаенко, А.Ю. Медведев. Виброизображение против контактных датчиков. От теории к практике на примере психофизиологической детекции лжи. Труды 19-ой международной научно-технической конференции «Современное телевидение», Москва, 2011.

21. В.А.Минкин, Н.Н. Анисимова. Видео информация, как основа общей теории эмоций. Труды 17-ой Международной научно-технической конференции «Современное телевидение», Москва, 2009.
22. Н.Н. Анисимова. Инновационные технологии в сфере транспортной безопасности. Экспресс-информация, выпуск 2. РИО ВИПК МВД России, декабрь 2007.
23. Н.Н. Анисимова. Особенности визуальной диагностики личности террориста. Обнаружение криминального искажения информации. Учебно-методическое пособие. ВИПК МВД России, Домодедово, 2006.
24. Н.Н. Анисимова, И.Л. Бирагов, Правовое и техническое обеспечение профайлинга. Информост N1 (54), 2008