DOI:10.25696/ELSYS.VC5.RU.02
Препринт 5-й Международной научно-технической конференции VIBRA2022: Современная психофизиология. Технология виброизображения.

Виброизображение и искусственный интеллект как независимые направления кибернетики

В.А. Минкин
ООО «Многопрофильное предприятие «Элсис», Санкт-Петербург, Россия, minkin@elsys.ru

Аннотация: *Анализируются общие принципы и различия технологии виброизображения (ВИ) и искусственного интеллекта (ИИ). Показано, что технология ВИ имеет существенные отличия от ИИ, и эти технологии следует рассматривать как независимые направления кибернетики. Неиспользование ИИ в технологии ВИ при детекции поведения и распознавании эмоций обосновано отсутствием стандартных подходов к поведению и эмоциям на данный момент. Описано совместное использование ВИ и ИИ для медицинской диагностики. Предлагается заменить тезис об ограничении применения ИИ для исследования человека на общие требования по проверке точности психофизиологических технологий с учетом вероятности ошибок, чувствительности и специфичности. Признано целесообразным ограничить влияние этических ограничений на процессы обработки биологических сигналов.*

Keywords: *виброизображение, ВИ, поведенческие параметры, искусственный интеллект, искусственные нейронные сети, AI, ML.*

Vibraimage and Artificial Intelligence as Independent Branches of Cybernetics

Viktor A. Minkin
Elsys Corp, St. Petersburg, Russia, minkin@elsys.ru

Abstract: The general principles and differences of vibraimage technology (VI) and artificial intelligence (AI) are analyzed. Shown that VI technology has significant differences from AI, and these technologies should be considered as independent areas of cybernetics. The non-use of AI in VI technology in the detection of behavior and recognition of emotions is substantiated by the absence of standard approaches to behavior and emotions now. Described the joint use of VI and AI for medical diagnostics. It is proposed to replace the thesis on the limitations of the use of AI for human research with general requirements for verifying the accuracy of psychophysiology technology, taking into account the probability of errors, sensitivity and specificity. Considered appropriate to limit the impact of ethical restrictions on the processing of biological and physical signals.

Keywords: *vibraimage, VI, behavioral parameters, artificial intelligence, artificial neural networks, AI, ML.*

Введение

В настоящее время появилось несколько публикаций, смешивающих понятия виброизображения и искусственного интеллекта (Wright, 2020; 2021; Nash, 2021). Путаница в головах нетехнических специалистов, которые любят рассуждать о технических новинках и последствиях их применения, возникла не случайно и многим представляется, что технология виброизображения (ВИ) основана на искусственном интеллекте (ИИ). Действительно ВИ и ИИ имеют много общих внешних признаков, при этом термин ИИ допускает различные определения (Minsky, 2003; Nillson, 2009) в отличии от ВИ, терминология которого четко определена (Минкин, 2007; 2020), однако ее многие не понимают. ВИ как ИИ имеет множество различных применений, что выделяет ВИ из ряда технологий обработки физиологических сигналов, имеющих обычно одно или ограниченное количество применений. ВИ используется для решения различных задач, например, для распознавания эмоций (Минкин, 2020), измерения параметров психофизиологического состояния человека (Бобров и др., 2021), контроля качества

биологических продуктов (Zanco, 2021), контроля спортивных достижений (Луткова и др., 2021), то есть практически везде, где вибрации и движения несут информацию о свойствах объекта. ВИ как ИИ обрабатывает и преобразует огромный поток информации Big Data (Davenport&Barth&Bean, 2012), в основном ограниченный только процессорными мощностями. ВИ получает информацию из обычного видео сигнала, а ИИ может обрабатывать любые информационные потоки вне зависимости от источника их данных. ВИ как и ИИ основаны на кибернетических подходах обработки цифровой информации, хотя и различных принципах кибернетики. ВИ использует физические принципы кибернетики и теории информации, основанные на определении оптимального соотношения сигнал-шум (Wiener, 1948; Shannon, 1948), а ИИ использует теорию управления и нейронные сети (Minsky, 2003; Haykin, 2008; Nillson, 2009) для получения требуемого результата. В настоящее время практически все технологии ИИ используют искусственные нейронные сети (ИНС) той или иной структуры для принятия решения и процесс машинного обучения (ML) с учителем или без него (Haykin, 2008). Первые три поколения систем ВИ не используют нейронных сетей в своей структуре и обходятся без машинного обучения (Минкин, 2021), а значит по основным признакам технология ВИ существенно отличается от ИИ.

Однако, любители объединять ВИ и ИИ не обращают внимание на принципиальные различия между данными технологиями и то что решения, принимаемые ВИ, определены человеческим интеллектом, который подобен и противоположен ИИ (Minsky, 2003). ВИ − это типичная технология измерительного устройства, в котором измерение осуществляется по формулам, предложенным человеком на основе наблюдаемых физических явлений и законов (Минкин, 2020). Называть ВИ технологией ИИ примерно тоже самое, что назвать ИИ обычный цифровой вольтметр, спидометр в автомобиле или ртутный термометр. Причем это не означает, что продвинутый вольтметр не может использовать технологии ИИ для некоторых измерений, точно так же технология ВИ может использовать ИИ для решения сложных задач. Одной из основных функций ИИ является машинное обучение, а для определения эмоций и поведения у ВИ просто отсутствуют достойные учителя, так как в настоящее время нет однозначного понимания эмоций (Fridlund&Russell, 2021), поэтому ВИ определяет эмоции без применения ИИ. Интеллектуальный анализ данных (data mining), являющийся одной из составляющих ИИ, может так же присутствовать и в технологиях обработки физиологических сигналов. Например, аналогом виброизображения является технология вариабельности сердечного ритма (ВСР), которая использует интеллектуальную обработку исходного кардиологического сигнала для получения информации о ВСР (Баевский и др., 2001). Потому наличие или отсутствие data mining не позволяет однозначно привязать технологию к искусственному или человеческому интеллекту, как впрочем и огромный объем информации (big data), используемый при обработке в обеих технологиях. ИИ и ВИ имеют несколько общих и несколько отличительных признаков, следовательно, их правильнее воспринимать как различные направления кибернетики, которые могут дополнять друг друга для получения более высокой точности решения поставленных задач, если эту задачу нельзя решить с помощью одной из этих технологий.

В настоящее время многие биометрические технологии, например, лицевой идентификации, дополнительно используют технологию ИИ для повышения точности и снижения ошибок (He et al., 2015). Аналогично поступают разработчики технологии виброизображения, используя свойства ИИ выявлять незначительные, но устойчивые связи внутри большого объема данных. При этом меня удивляет следующий момент. Любители считать ВИ технологией ИИ не обращают свое внимание на четвертое поколение систем ВИ, где технология ВИ дополняется ИИ, например, для медицинских применений при диагностике COVID-19 (Минкин&Акимов, 2021), когда существуют достоверные данные для обучения ВИ в виде результатов ПЦР тестирований или анализов антител, или КТ. Хотя и в этом случае ВИ работает самостоятельно, поставляя ИИ исходные данные, а ИИ использует данные поведенческих параметров и принимает решение на основание предварительного обучения по известным данным пациентов и контрольной группы для решения поставленной задачи стандартными средствами и методами ИИ.

Детекция поведения и распознавание эмоций технологией виброизображения

Как разработчик технологии виброизображения в течение последних 20 лет, я испытывал разные эмоции, читая статьи Джеймса Райта (Wright, 2020; 2021) о виброизображении. Думаю, эти статьи могут быть интересны читателям и открывают актуальные вопросы этики определения поведения. Однако в них есть явные недоразумения или ошибки, о которых следует упомянуть. Вначале об ошибках. Повторю, что ВИ − это не технология ИИ. Неправильно смешивать ВИ и ИИ, потому что виброизображение основано на известных принципах физики, кибернетики, физиологии и математических уравнениях для расчета эмоций, описанных в первом патенте на виброизображение и основных публикациях по технологии виброизображения (Минкин & Штам, 2000; Минкин & Николаенко, 2008; Минкин & Николаенко, 2017; Минкин, 2007; 2020). Сейчас прошло уже более 20 лет с даты приоритета первого патента ВИ (Minkin & Shtam, 2000), поэтому он открыт для пользователей во всем мире. К настоящему времени компания Элсис (Санкт-Петербург, Россия) опубликовала 6 патентов на различные методы и устройства технологии виброизображения, и все эти патенты доступны для проверки, поэтому неверно говорить, что виброизображение имеет алгоритмическую непрозрачность. Технология виброизображения аналогична другим технологиям исследования физиологических сигналов, например, ЭЭГ, ЭКГ или ВСР. ЭЭГ изучает электрическую активность головного мозга, ВИ исследует двигательную активность головы и вестибулярно-эмоциональный рефлекс (Minkin&Nikolaenko, 2008). Есть корреляция между сигналами ЭЭГ и сигналами виброизображения для людей с отклонениями от нормального психофизиологического состояния (Минкин, 2007). Однако, никто не называет ЭЭГ технологией искусственного интеллекта!

Вторая ошибка Джеймса Райта в том, что он отмечает, что технология виброизображения использует ИИ для детекции поведения и распознавания эмоций. Решения для виброизображения не используют ИИ при измерении поведенческих параметров. ИИ использует обучение, а для обучения необходимы стандартные данные и четкие правила распознавания баз данных. Эта комбинация подходит для медицинской диагностики (существуют стандартные медицинские тесты для обучения) и неприемлема для определения поведения с помощью технологии ИИ (Minkin et al., 2020; Minkin&Kosenkov, 2021; Минкин&Акимов, 2021). Для детекции поведения и распознавания эмоций не существует мировых стандартов (Fridlund&Russel, 2021) и невозможно изучить решение ИИ для распознавания баз данных с помощью другого алгоритма кроме виброизображения, так как нет большого количества высококачественных видеоданных для обнаружения опасных людей. Научный статус измерения эмоций и поведения открыт и обсуждается с разных позиций (Scherer, 2005; Fridland&Russel, 2021). Связь между ВИ, кибернетикой и эмоциями описана в моей монографии (Минкин, 2020). Это исследование основано на тестировании около 15000 человек в различных психофизиологических состояниях (расслабленном, нормальном, агрессивном) и показывает распределения и зависимости 16 эмоциональных и поведенческих параметров, измеренных с помощью технологии виброизображения. Приведено и обосновано 16 уравнений для измерения эмоций, поведенческих и психофизиологических параметров, аналогично стандартному измерению физических величин. База данных параметров эмоций и поведенческих параметров, измеренных технологией виброизображения, постоянно пополняется и находится в открытом доступе (http://www.psymaker.com/downloads/CyberVibraV2.zip)

Вторая ошибка Джеймса Райта автоматически приводит к третей − смешивание проблем ИИ и детекции поведения, что оказывается просто бессмысленным. Прежде всего потому, что технология ВИ не использует ИИ при детекции поведения и распознавании эмоций. Действительно, технология ИИ имеет свои проблемы. ИИ обладает некоторой непрозрачностью при принятии решения, потому что невозможно полностью контролировать скрытые слои ИНС. Это одно из основных свойств ИНС и ИИ. Однако, во многих случаях обработка ИИ позволяет точно и за минимальное время выявлять значимые признаки и принимать правильные решения, поэтому растет использование ИИ в большом количестве приложений. Например, при

идентификации личности по голосу и изображению (He et al., 2015), распознаванию эмоций по мимике (Giannakakis et al., 2021) и при различных методах анализа и диагностики (El-Rashidy et al., 2021). Непрозрачность ИИ не так важна, потому что решения ИИ обычно тестируются на больших базах данных и проверяется частота ошибок. Все технические системы имеют ошибки (Fawcett, 2006; Минкин, 2019), не только системы ИИ, причем в большинстве случаев ошибок ИИ меньше, чем ошибок других технических систем. В отличии от ИИ решения ВИ в детекции поведения и распознаванию эмоций прозрачны, в каждом конкретном случае определяются причины аномального поведения, связанные с отклонением параметров виброизображения от норм статистики, например, более чем на 2 СКО. Это стандартный подход, используемый в физике и математической статистике, перенесенной на поведенческие параметры (Минкин, 2020). Одной из основных характеристик физического или технического решения является частота ошибок, и эта частота ошибок может быть рассчитана с помощью однозначного тестирования, как это обычно делается для решений биометрической идентификации (Wayman, 2001).

Несмотря на то, что в настоящее время ВИ не использует функции ИИ для определения поведения и распознавания эмоций, я считаю возможным включить обработку ИИ в технологию ВИ для определения поведения, когда появится техническая необходимость. Возможные ограничения ЕС для ИИ (EU 52021PC0206, 2021) при исследоывании поведения дают китайским, индийским и российским командам только конкурентные преимущества в этой области, хотя и в России не все просто с применением ИИ в здравоохранении (Гусев и др., 2021). Неважно, какой алгоритм находится внутри системы (вычисление уравнений или ИИ), с точки зрения эффективности применения, большее значение имеет вероятность ошибок системы. Так что, если Джеймс Райт и европейские специалисты по этике хотят ограничить решения ИИ, связанные с человеком, то правильнее сразу отправиться в каменный век. Хотя и тогда палку в руках человека кто-то возможно считал ИИ, требовал ограничить длину палки и в конце концов был той палкой побит.

Медицинская диагностика технологиями ВИ и ИИ

В последнее время использование ИИ в медицинской диагностике активно развивается. Текущая пандемия COVID-19 значительно ускорила развитие технологий ИИ для диагностики, причем в качестве входных данных о человеке используется различная информация (El-Rashidy, et al., 2021). Наибольшее развитие получило применение ИИ при обработке рентгеновских снимков КТ грудной клетки для определения степени поражения легких (Ni et al., 2020). ИИ используется не только для диагностики заболевания по ряду входных данных, но и при автоматическом вводе звуковых сигналов (Deshpande&Schuller, 2020; Harvill, 2021) и обработке видеоизображения (Minkin et al., 2020). Изначально представляется, что диагностика заболевания по голосу и тем более анализу микродвижений головы является абсурдом, не имеющим под собой научных оснований. Но если мы посмотрим на процесс диагностики любого заболевания с точки зрения физических законов, то не увидим никакой разницы между анализом рентгенограмм грудной клетки и анализом микродвижений головы как индикаторов заболевания. Известно, что при средних и тяжелых формах заболевания COVID-19 происходит заражение легких, вызывающие физические изменения в структуре легочной ткани, которые проявляются на рентгеновских снимках грудной клетки. Следовательно, логично предположить, что процент поражения легких пропорционален тяжести заболевания и этот принцип активно используется при диагностике COVID-19 (Ni et al., 2020), так как методы биохимического обнаружения COVID-19, например, ПЦР тестирование имеет значительное количество ложноотрицательных ошибок (Wikramaratna et al., 2020). Физические изменения в легких человека при заболевании COVID-19 вызывают определенные изменения в голосовых характеристиках заболевших, особенно при кашле, что так же используется для диагностики заболевания (Harvill et al., 2021; Deshpande & Schuller, 2021). Использование голосовых характеристик для диагностики заболевания имеет ряд преимуществ относительно биохимических и рентгеновских методов диагностики, это прежде всего оперативность и простота тестирования. При этом сложность

выявления устойчивых признаков заболевания такова, что практически только методы, основанные на ИИ, могут надежно разделить аудио сигналы больных и здоровых людей. Современная медицина не отрицает, что все физиологические процессы в организме человека взаимосвязаны, и любая патология так или иначе отражается на функционировании всех физиологических систем (Vaitl, 1996). Это означает, что заболевание COVID-19 оказывает влияние и на функционировании вестибулярной системы, которая отвечает за рефлекторное поддержание вертикального состояния головы человека. Пусть эта связь не столь очевидна как COVID-1 Поражение легких Звук кашля, но ее обязательное присутствие определяется физическими законами. Остается открытым вопрос, насколько надежно можно выявить эту связь и насколько устойчивыми являются признаки COVID-19, проявляющиеся в микродвижениях головы? Технология виброизображения совместно с ИИ показала достаточно высокую точность диагностики COVID-19 (более 94%), что подтверждает высокую чувствительность вестибулярной системы при инфицировании вирусом COVID-19 (Минкин&Акимов, 2021).

Обсуждение и дискуссия

Есть много субъективных причин, по которым разные люди настроены против и хотят ограничить применение ИИ и ВИ (Veale & Borgesius, 2021; Гусев и др., 2021; Wright, 2021). Технологии, принимающие решение за человека или определяющие эмоции человека, представляются противниками человека. Бесконтактная и простая технология определения эмоций или диагностики заболевания выглядит настолько фантастической, что кажется фальшивкой. Кроме того, ВИ сделано в России, что добавляет негативных ассоциаций с современной Россией в мире. Также ВИ изменяет сложившиеся традиционные представления в нескольких областях науки, таких как медицина, психология и психофизиология (Минкин&Косенков, 2021; Минкин&Бланк, 2021). Конечно, указанные причины и конкуренты создают много противников ИИ и ВИ. Я не хочу никого убеждать. Моя задача сделать технологию ВИ лучше, чтобы программы работали быстрее и делали меньше ошибок при принятии решений. Основатель аналитической психологии Карл Юнг сказал, что интроверт и экстраверт никогда не поймут друг друга (Jung, 2016). Элсис разрабатывает технологию виброизображения, основанную на законах физики, кибернетике и теории информации. Физические законы, как и законы Ньютона, идентичны в Великобритании и России. Физические законы объективны, нормы этики субъективны, различны в разных странах, и невозможно иметь единую этику для всего мира. Этническая идентичность исследовалась ВИ в профилях множественного интеллекта в Японии, Иране и России (Nikolaenko et al., 2020). Джеймс Райт − специалист по этике, а моя специализация − физика и информация, поэтому, используя подход Юнга у нас обязательно будут разные взгляды на один и тот же объект. В Великобритании есть великий ученый Роджер Пенроуз, получивший в 2020 году Нобелевскую премию по физике за открытие, того что образование черных дыр является подтверждением общей теории относительности. В моем понимании Роджер Пенроуз был достоин получения Нобелевской премии ранее за ряд своих работ по физике сознания (Penrose, 1996; Hameroff&Penrose, 2014). Физика сознания, заявленная Пенроузом с квантовыми колебаниями в микротрубочках, больше близка к технологии виброизображения, чем к вопросам этики, и, возможно, эмпирические измерения с помощью технологии ВИ являются результатами теории эффектов квантовой гравитации в микротрубочках.

Я не вижу проблемы в том, что результаты виброизображения не коррелируют с некоторыми методами психологического тестирования (Wright, 2020; Minkin, 2021). Это нормальная ситуация и тому есть несколько причин. Основная причина в том, что сознательные и бессознательные реакции на стимулы имеют разную природу, ВИ измеряет обе реакции, однако большая часть психологических тестирований определяет только сознательные реакции, а большая часть психофизиологических тестирований определяет только бессознательные реакции. С другой стороны, публикуется все больше и больше независимых исследований, показывающих высокий уровень корреляции между результатами ВИ и результатами валидных

психологических или психофизиологических тестов (Косенков&Шебланов, 2020; Mizukami, 2021; Deng & Chen; 2021; Tseng, 2021).

Заключение

ВИ как система технического профайлинга (определения характеристик поведения человека техническими средствами) фиксирует и обрабатывает реальные физические эффекты, имеющие место в человеческом сознании и бессознательном. Отвергнуть результаты ВИ − это то же самое, что отвергнуть законы Ньютона из-за этических принципов. Вы можете попробовать это сделать, но не можете остановить падение яблока.

Если бы я был специалистом по этике, как James Wright (Wright, 2020; 2021) или составители акта об ИИ (EU 52021PC0206, 2021), то меня скорее всего интересовал следующий вопрос. Сколько еще должно умереть людей от COVID-19, чтобы изменились этические принципы, запрещающие передавать третьим лицам биометрические параметры пациентов и прежде всего видео изображение, необходимое для создания баз данных пациентов и контроля? Почему можно создавать открытые базы рентгеновских изображений грудной клетки, но нельзя в открытом доступе иметь базу видео изображений лица людей, которые не менее информативны для диагностики инфекции, чем рентгеновские изображения? Естественно, при получении согласия лиц на использование их видеоизображений в научных целях. Я считаю этичной любую технологию, которая сохраняет жизни людей, вне зависимости от того использует она ИИ и ВИ или нет. А препятствовать развитию технологий, которые могут остановить пандемию COVID-19, на мой взгляд, не только неэтично, но и преступно. Этическая правка физических законов, математических закономерностей и кибернетических принципов, на которых основаны ИИ и ВИ, аналогична попытке создания немецкой физики, которая известно чем закончилась.

Дискриминация алгоритмов обработки по их внутренней структуре напоминает мне технический расизм. Немного странно говорить о расизме в 21 веке, когда общепринятой стала точка зрения, что все люди равны независимо от цвета кожи. Теперь осталось добиться равенства и для алгоритмов, о них следует судить по результатам их работы, а не по внутренней структуре.

Литература:

1. Баевский, Р.М. и др. (2001) Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиаграфических систем, Вестник аритмологии, 2001, № 24, С. 65–87.

2. Бобров, А.Ф. и др. (2021) Технология виброизображения в задачах экспресс-диагностики состояния здоровья лиц опасных профессий, Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. Июнь 2021, Санкт-Петербург, Россия, С. 111–119. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC2.RU.21

3. Гусев, А.В. и др. (2021) Нормативно-правовое регулирование программного обеспечения для здравоохранения, созданного с применением технологий искусственного интеллекта, в Российской Федерации, Медицинские технологии. Оценка и выбор, 2021, №1 (43), С. 36–45. https://doi.org/10.17116/medtech20214301136

4. Косенков, А.А., Шебланов, В.Ю. (2020) Связь параметров виброизображения в состоянии покоя с успешностью выполнения сенсомоторных проб и интеллектуальных тестов, Труды 3-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. Июнь 2020, Санкт-Петербург, Россия, С. 40-50. https://doi.org/10.25696/ELSYS.05.VC3.RU

5. Луткова, Н.В. и др. (2021) Корреляция параметров психофизиологического состояния спортсменов игровиков в зависимости от их квалификации, Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. Июнь 2021 г., Санкт-Петербург, Россия, С. 104–110. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.RU.08

6. Минкин, В.А., Штам, А.И. (2000) Способ и устройство преобразования изображения. Пат. RU 2187904, МПК H04N 5/14. ООО «МП «Элсис». Заявл. 19.12.2000, Опубл. 20.08.2002.

7. Минкин, В.А. (2007) Виброизображение. СПб.: Реноме, 108 с. https://doi.org/10.25696/ELSYS.B.RU.VI.2007

8. Минкин, В.А. (2019) О точности технологии виброизображения, Труды 2-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 25–26 июня 2019, Санкт-Петербург, Россия, С. 167–179. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC2.RU.21

9. Минкин, В.А. (2020) Виброизображение, кибернетика и эмоции. СПб.: Реноме. 164 с. https://doi.org/10.25696/ELSYS.B.RU.VCE.2020

10. Минкин, В.А. (2021) Три поколения систем виброизображения. Обзор разработчика, Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. 24–25 июня 2021, Санкт-Петербург, Россия. С. 9–19. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.RU.01

11. Минкин, В.А., Акимов, В.А. (2021) Диагностика COVID-19 при 5-секундной обработке видео изображения лица человека. Препринт 5-й Международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. Санкт-Петербург, Россия. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC5.RU.01

12. Новосельцев, В.Н. (1978) Теория управления и биосистемы. М.: Наука.

13. Davenport, T.H., Barth, T., Bean, R. (2012) How'Big Data'is Different, MITSloan Management Review, Fall 2012, Vol. 54, No. 1.

14. Deng, H., Chen, Y. (2021) Research Progress of Depression Based on Vibraimage Technology. Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. Июнь 2021, Санкт-Петербург, Россия. С. 342–349. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.EN.12

15. Deshpande, G., Schuller, B. (2020) An Overview on Audio, Signal, Speech, & Language Processing for COVID-19, arXiv:2005, 08579v1.

16. El-Rashidy, N. et al. (2021) Comprehensive Survey of Using Machine Learning in the COVID-19 Pandemic, Diagnostics, 11(7). https://doi.org/10.3390/diagnostics11071155

17. EU 52021PC0206 (2021) Laying Down Harmonised Rules on Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act) and Amending Certain Union Legislative Acts.

18. Giannakakis, G. et al. (2021) Automatic Stress Analysis from Facial Videos Based on Deep Facial Action Units Recognition. Pattern Analysis and Applications. https://doi.org/10.1007/s10044-021-01012-9

19. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. (2017) Deep Learning. MIT.

20. Fawcett, T. (2006) An Introduction to ROC Analysis. Pattern Recognition Letters 27, pp. 861–874. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010

21. Fridlund, A., Russel, J.A. (2021) Evolution, Emotion and Facial Behavior: A 21 st -Century View, The Oxford Handbook of Evolution and the Emotions (2021), L. Al-Shawaf & T. Shackelford (Eds.).

22. Hameroff, S., Penrose, R. (2013) Consciousness in the Universe. A review of the‘OrchOR’ Theory, Physics of Life Reviews, 11(1), pp. 39-78. http://dx.doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002

23. Harvill, J. et al. (2021) Classification of COVID-19 from Cough Using Autoregressive Predictive Coding Pretraining and Spectral Data Augmentation, Proc. Interspeech, 2021, pp. 926-930, DOI:10.21437/Interspeech.2021-799

24. Haykin, S. (2008) Neural Networks and Learning Machines, 3rd ed. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458.

25. He, K. et al. (2016) Deep Residual Learning for Image Recognition, Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, pp. 770-778.

26. Jung, C.G. (2016) Psychological Types. Martino Fine Books.

27. Minkin, V.A., Nikolaenko, N.N. (2008) Application of Vibraimage Technology and System for Analysis of Motor Activity and Study of Functional State of the Human Body, Biomedical Engineering, Vol. 42, No. 4, pp. 196-200. https://doi.org/10.1007/s10527-008-9045-9

28. Minkin, V.A. et al. (2020) COVID-19 Diagnosis by Artificial Intelligence Based on Vibraimage Measurement of Behavioral Parameters, Journal of Behavioral and Brain Science, 2020, 10, pp. 590–603, https://doi.org/10.4236/jbbs.2020.1012037

29. Minkin, V.A., Kosenkov, A.A. (2021) Behavioral Parameters as COVID-19 Signs. New Opportunities and Old Problems of Medical Diagnostics, Proceedings of the 4th International Open Science Conference: Modern Psychology. The Vibraimage Technology. June 2021, St. Petersburg, Russia, pp. 292-305. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.EN.07

30. Minkin, V. (2020) Suspect Inquisition. Reply to Suspect AI: Vibraimage, Emotion Recognition Technology, and Algorithmic Opacity, DOI:10.13140/RG.2.2.14693.01769

31. Minsky, M. (2003) Steps Toward Artificial Intelligence, MIT. https://web.media.mit.edu/~minsky/papers/steps.html

32. Mizukami, Y. (2021) A Case Study of Stress Measurement Using a Cybernetics Approach; Study of Experimental Sequence with Video and Audio Viewing, Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. Июнь 2021 г., Санкт-Петербург, Россия. С. 306–313. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.EN.08

33. Nash, J. (2021) Shake Your Head All You Want, Russian Says Head Vibrations Reveal Your Thoughts, Biometric update.com, Jun 16, 2021.

34. Ni, Q. et al. (2020) A Deep Learning Approach to Characterize 2019 Coronavirus Disease (COVID-19) Pneumonia in Chest CT Images, European Radiology (2020), 30, pp. 6517-6527, https://doi.org/10.1007/s00330-020-07044-9

35. Nillson, N.J. (2009) The Quest for Artificial Intelligence, Stanford University, ISBN: 9780521122931.

36. Penrose, R. (1994) Shadows of the Mind. Oxford University Press.

37. Shannon, C. (1948) A Mathematical Theory of Communication, Bell System Technical Journal, 27, pp. 379–423.

38. Scherer, K.R. (2005) What Are Emotions? And How Can they be Measured? Social Science Information, 44 (4), pp. 695–792.

39. Tseng, M. (2021) VibraMI93: A Real-Time Assessment System of Adaptive Learning, Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. Июнь 2021 г., Санкт-Петербург, Россия. С. 314-322. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.EN.09

40. Vaitl, D. (1996) Interoception, Biological Psychology, Vol. 42, Iss. 1-2, No. 5, January 1996, pp. 1-27.

41. Vealem, M., Borgesius, F.Z. (2021) Demystifying the Draft EU Artificial Intelligence Act. Pre-print, July 2021, Version 1.2. Computer Law Review International, 2021, 22(4).

42. Wayman, J.L. (2001) Fundamentals of Biometric Authentication Technologies, International Journal of Image and Graphics, 2001, Vol. 01, No. 01, pp. 93-113.

43. Wiener, N. (1948) Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine. Paris, (Hermann & Cie) & Camb. Mass. (MIT Press) 2nd revised ed. 1961.

44. Wikramaratna, P.S., Paton, R.S., Ghafarl, M., Lourenco, J. (2020) Estimating the False-Negative Test Probability of SARS-CoV-2 by RT-PCR, Euro Surveill. 25(50). https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.50.2000568

45. Wright, J. (2020) Suspect AI: Vibraimage, Emotion Recognition Technology and Algorithmic Opacity. https://doi.org/10.1177/09717218211003411

46. Wright, J. (2021) ‘AI’ is Being Used to Profile People from Their Head Vibrations – But is There Enough Evidence to Support it? TheConversation, May 24, 2021.

47. Zanco, J.J. (2021) Plants Study through Computational View, Труды 4-й международной научно-технической конференции: Современная психофизиология. Технология виброизображения. Июнь 2021, Санкт-Петербург, Россия. С. 323-330. https://doi.org/10.25696/ELSYS.VC4.EN.10