

УДК 004.89

DOI 10.54708/2658-5014-SIIT-2025-no2-p68

EDN [DAWGEL](#)

КРАТКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ DEEP LEARNING ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Р. А. Ширинов • Л. А. Гардашова • Д. Р. Богданова

Аннотация. Современный мир меняется в соответствии с изменениями информационных технологий. Последние постепенно становятся частью самых различных сфер жизни человека, что указывает на значимость регулярного обновления данных о разработке тех или иных методов глубокого обучения и работы с большими данными. Глубокое обучение (Deep Learning) в рамках различных алгоритмов обработки данных, а также подобранных компьютерных систем позволяет вычлени ряд методов, представляющих высокий процент точности анализа эмоций. Считается необходимым провести анализы современных методов глубокого обучения (Deep Learning), которые используются для распознавания эмоций. Акцент делается на работы зарубежных исследователей, которые на современном этапе активно изучают возможности распознавания эмоций человека при помощи больших данных, машинного и глубокого обучения. В итоге отмечается, что методы Deep Learning на уровне психологического тестирования позволяют не только распознавать эмоции человека, но также прогнозировать возможности принятия решений в различных ситуациях, прогнозировать рискованные ситуации и выявлять сильные и слабые стороны участников исследования. Это говорит о том, что и в отечественных разработках данное направление необходимо развивать и внедрять в социально-экономическую, а также политико-правовую сферы.

Ключевые слова: глубокое обучение; большие данные; эмоциональное состояние; распознавание эмоций; принятие решений.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире информация – основа всех направлений человеческой деятельности. Однако для принятия решений руководству организации, правоохранительным органам или представителям правительства не всегда бывает достаточно только информационной составляющей, так как ряд волевых действий основываются на эмоциональной (психологической) составляющей личности.

Как результат, зарубежные исследователи на протяжении последних лет активно изучают возможности ускоренной обработки больших данных, накапливаемых из результатов психологических тестов, медицинских показателей, а также доступной информации из социальных сетей. Часть изученных за рубежом методов находит применение и в отечественных условиях. Так, анализ видео- и фотодокументов с помощью возможностей нейросети используется как правоохранительными органами, так и в крупных холдингах. Так же, как и оценка звуковых колебаний голоса в различных ситуациях на основе методов Deep Learning (глубокого обучения) позволяет нейросети выдавать необходимую информацию в области принятия решений. Последнее особенно значимо, так как прошло несколько лет с тех пор, как инновационные технологии позволили собирать, распознавать и анализировать эмоции человека без привлечения систем коммуникации, которые имели высокий уровень погрешности.

Важно отметить, что распознавание эмоций – тема сложная и в то же время новая. Несмотря на то, что и в отечественной, и в зарубежной литературе периодически появляются новые публикации о разработках методов выявления и распознавания человеческих эмоций (например, [Бог21, Жум23, Лат24, Мав23, Саг23,]), говорить о том, что сегодня существуют общепринятый подход или единство решений в данном направлении, преждевременно.

Все это актуализирует изучение тех методов, которые популяризируются в зарубежных источниках, что обусловлено и тем, что взаимодействие/сотрудничество между человеком и машинами (компьютерами) существует в различных средах. Как следствие, сегодня возникает потребность в выявлении эмоций для организации управленческих решений.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Система распознавания эмоций и возможности ее адаптации к принятию решений зависит от ряда факторов, к которым можно отнести как выбранную компьютерную систему, так и алгоритмы обработки данных, полученных как от вербального, так и от невербального поведения. Ключевым фактором адаптивности компьютера является его способность понимать человеческие эмоции и поведение, в то время как большинство систем не способны распознавать эмоциональные состояния человека. И основой для распознавания эмоций становятся так называемые аффективные вычисления, нацеленные на автоматическую сверку базы данных с предоставляемым материалом для проверки и прогнозирования поведения и реакций конкретного человека [Zha20].

Опираясь на данные зарубежных публикаций, можно говорить о том, что за последние 5 лет возможности обращения к методам Deep Learning расширились. Число самих методов растет, как и количество алгоритмов, в рамках которых реализуются анализ эмоций и предоставление необходимой для принятия решений информации [Cui20; Wu21]. Но, как отмечают исследователи, оптимальным подходом к анализу и распознаванию эмоций является не столько подбор алгоритмов, сколько их синтез [Gua21; Pat20]. Так, методы обработки звуков и изображений (как видео, так и фото) при помощи сверточной нейросети дают более высокие результаты и позволяют предоставить более точный анализ. И если по отдельности данные методики в рамках Deep Learning достигали 80–85 % точности, то их объединение дает более высокие результаты (до 90 %, как алгоритм CNN-BiLSTM, описанный в [Lu22]).

С другой стороны, последние исследования показывают, что работа с человеческими эмоциями должна учитывать не только вероятности и заданные алгоритмом критерии, но и другие переменные, которые указывают на уникальность человека, его способность воспринимать и перерабатывать информацию, психологические особенности и склонности [Gre20, Már19].

Так, важным направлением в развитии методов Deep Learning в области распознавания эмоций человека является расширение возможностей такой системы, как BCI. Это компьютерная система связи, которая анализирует сигналы, производимые нейронной активностью центральной нервной системы, или как ее называют интерфейс «мозг – компьютер» [Hos19, Hus22]. В рамках принятия решения в основу алгоритма положено намеренье, которое посылает/генерирует мозговые сигналы, преобразуемые в команды для выходного устройства [Iqb21, Zha20].

Современные методы – это не только анализ данных, но также широкое применение различных вариантов построения работы с нейросетью (табл. 1). Последняя сама способна распознавать, имитировать и прогнозировать варианты эмоционального отклика человека на те или иные данные. Кроме того, сама система работы с инновациями предполагает разнообразные подходы к применению той или иной архитектуры сети, что имеет большое значение в области распознавания эмоций, необходимых для принятия решений [Dom20; Nta21]. И необходимо отметить, что методы распознавания эмоций постепенно развиваются. В конце XX века в их основе лежали простые алгоритмы, основанные на анализе упрощенных и систематизированных данных. Но уже в начале 2000-х происходит прорыв в построении алгоритмов и применении инноваций в данном направлении, а разработка систем машинного и глубокого обучения ускорила данный процесс [Don21, Gre20]. За последние несколько лет эти методы преобразовались и усовершенствовались (табл. 2). Вырос процент точности предоставляемых данных, а кроме того, появилась возможность проверять несколько уровней эмоционального состояния человека.

Таблица 1

Методы Deep Learning для распознавания эмоций человека на основе зарубежного опыта

№ п/п	Метод	Ссылка	Расшифровка
1	BiLSTM	[Jos20 , Yan20]	Метод анализа, основанный на использовании двунаправленной сети с долговременной краткосрочной памятью
2	LSTM	[Gar19 , Has20 , Sha20]	Методика, опирающаяся на многозадачную систему анализа данных рекуррентной нейронной сетью
3	RACNN	[Cui20 , Hua21 , Kul21]	Оценка эмоционального состояния осуществляется на основе регионально-асимметричной сверточной нейронной сети
4	BiDCNN	[Fio20 , Kha20 , Li22]	Инструмент распознавания эмоций опирается на систему, предполагающую применение сверточной нейронной сети с двухполушарной дискриминацией
5	DECNN	[Liu20 , Sak21 , Son21]	В основе метода лежит динамическая эмпирическая сверточная нейронная сеть, позволяющая быстро и точно определять и распознавать широкий спектр эмоций

Как показано в табл. 2, методы, основанные на глубоком обучении и предполагающие работу с эмоциями человека, основываются как на общедоступных, так и на собственных базах данных. Но точность предоставляемых результатов зависит не только от введенного алгоритма, но также и от числа уровней проверки и от заданных классов самих проверяемых эмоций. В то же время, как уже отмечалось ранее, исследователи указывают на то, что оптимальным решением является объединение методов. Так, CNN+SVM, CNN-BiLSTM или Merged LSTM дают более высокий процент точности предоставляемого анализа данных, а потому могут оказаться более полезными для реализации принятия решений [[Kha20](#), [Li20](#)].

Таблица 2

Deep Learning в современной системе принятия решений

№ п/п	Метод	Возможности распознавания эмоций, %	Характеристика
1.	BiLSTM	72.8	На основе собственного набора данных распознаются как положительные, так и отрицательные эмоции
2.	LSTM	87.2–91.3	В зависимости от выбранного алгоритма данный метод позволяет не только выявлять эмоции, но и оценивать степень возбуждения и вовлеченности человека. На основе заложенного алгоритма и стандартного набора данных выявляются глубинные эмоции, а также их яркие проявления
3.	RACNN	90–95	Метод двухуровневой проверки, предполагающий распознавание стандартных и вероятных проявлений эмоций. Основывается на заданных параметрах и введенных данных, что позволяет расширить охват проведенного анализа
4.	BiDCNN	94.3	В соответствии с направленностью анализа подбирается алгоритм выявления различных эмоций на нескольких уровнях: в рамках предоставленных данных субъекта и в независимости от его данных. Выявляются уровень восприятия, возбуждения, включенность и перспективность
5.	DECNN	97.5	Метод позволяет обрабатывать как внедренные данные, так и выходить на внешний поиск информации и выявлять широкий спектр положительных и отрицательных эмоций

Важно отметить, что в настоящее время исследования распознавания эмоций сосредоточены на следующих темах:

- 1) Корреляция между различными типами физиологических сигналов и эмоций.
- 2) Методы выбора стимулов для индукции ожидаемых эмоциональных состояний.
- 3) Алгоритмы извлечения признаков, характерных для эмоций.
- 4) Механистические или причинные модели механизма генерации эмоций.
- 5) Методы распознавания эмоций, основанные на многомодальном слиянии информации.

Однако считается вероятным отметить также необходимость унифицировать существующие данные, так как предложенная информация должна быть доступна для непосредственных пользователей, в число которых может войти как среднестатистический предприниматель, так и представитель правительства.

Таким образом, зарубежные исследователи указывают на то, что методики распознавания эмоций развиваются довольно быстрыми темпами, и уже сегодня существуют подходы, которые предоставляют высокий процент точности в расчетах и прогнозировании реакций и форм поведения человека, основанных на анализе эмоционального состояния человека. Все подходы могут оказаться полезными в самых различных отраслях: в маркетинге и торговле распознавание эмоций может указать на способность человека принять решение о покупке; в военном деле, космонавтике и аэродинамике подобные программы способны выявить решимость или, наоборот, сомнения в рамках выполнения поставленных задач. Распознавание эмоций также может применяться в общественном транспорте, например, для повышения безопасности вождения путем мониторинга эмоционального состояния водителя в реальном времени для предотвращения опасного вождения в экстремальных эмоциональных условиях. И важно отметить, что распознавание эмоций может быть полезно и для других сфер, особенно если предположить возможность синтеза сразу нескольких направлений обработки данных, таких как данные психологических тестов, медицинских приборов и информационных баз. Все они в совокупности предполагают, что заложенный алгоритм будет раскрывать все возможные эмоциональные аспекты, определяющие поведение рассматриваемого субъекта.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Как ранее отмечалось, современные методы опираются не только на имеющиеся данные в области психологии и медицины, но и на соответствующее компьютерное обеспечение. И если в прошлом десятилетии данный вопрос решался с трудом, то современные технологии готовы предоставить разработчикам как совершенные алгоритмы и проверенные базы данных, так и новые системы, основанные на возможностях нейросети. Сами базы данных также имеют свои отличия, что формирует определённый перечень преимуществ и недостатков.

Own Dataset – основывается на ручном вводе данных, обработка и анализ которых опираются на форматы CSV или JSON. Последующая очистка данных происходит на основе библиотек, в которые загружены метки по выявлению эмоций. Как следствие, недостатком данной базы данных можно считать субъективность и высокую вероятность ошибки. В то время как к достоинствам относится возможность применения адаптивных систем и обращения к различным библиотекам.

DEAP – база данных, предполагающая структурированное использование результатов тестирования по различным классам и группам эмоций, а также их сверку с данными, полученными по результатам генерирования информации из дополнительных ресурсов. Преимущество данной базы заключается в ее адаптивности и возможности эволюционировать, что выражается в активном сочетании этой технологии с другими, нижеописанными системами. К недостаткам можно отнести узкий перечень систем измерения эмоциональных колебаний (40 наименований эмоциональных состояний рассматриваются с позиции валентности, а также возбуждения и доминирования).

SEED – база, в основе которой лежат результаты медицинских исследований, в частности ЭЭГ (электроэнцефалограммы), результаты которой нацелены на изучение эмоциональных перепадов. Она сформирована на эмпирически полученных данных и имеет ряд преимуществ,

к которым относят объективность, максимальную результативность и точность в анализе эмоциональных состояний. К недостаткам относят ограниченный перечень контрольных групп, на основе данных которых и формируется рассматриваемая система.

DREAMER – набор данных, сформированный за счет включения информации, полученной от медицинских приборов в результате таких процедур, как ЭКГ и ЭЭГ. Преимуществом данной системы является обращение к объективным данным, которые передают непосредственно физиологические реакции. В то время как к недостаткам можно отнести работу на основе одного возможного генератора – EPOC, что говорит о перспективах дальнейшего развития данной базы (считается, что представленные отчеты могут претендовать на более высокую объективность, но точность анализа осуществляется только при условии совместной работы с другой базой данных).

AMIGOS – датасет, позволяющий рассмотреть эмоции с разных сторон, как с физиологической (за счет включения медицинских показателей), так и результатов дополнительных исследований. К преимуществам данной системы можно отнести ее мультимодальность, которая позволяет распознавать смены настроения, эмоциональные перепады и даже особенности личностного восприятия. К недостаткам относят недостаточную эмпирическую основу [Cui20, Fio20].

Следовательно, существующие базы данных, библиотеки и компьютерные системы, несмотря на то, что сильно опережают своих предшественников, также нуждаются в доработках, дополнительных исследованиях и практическом применении. И важно отметить, что последнее на данном этапе развито слабо, так как современные методы распознавания эмоций с применением глубокого обучения освещены недостаточно.

Безусловно, перечисленные ранее методы Deep Learning, как отдельные, так и их сочетания, также имеют как свои достоинства, так и недостатки, что обусловлено рядом факторов. Во-первых, многое зависит от самой сферы применения получаемых отчетов. Во-вторых, в зависимости от того, какие были заложены алгоритмы и какая была подобрана архитектура, процесс обработки данных может ускоряться или, наоборот, замедляться, а процент точности расчетов по-прежнему будет иметь погрешности, которые также необходимо учитывать [Li20, Mel20]. Но если говорить о необходимости распознавания эмоций, способствующих принятию решений, то рассмотренные методы с высокой долей вероятности могут оказаться полезными (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение качеств и недостатков методов Deep Learning

№ п/п	Методы	Основные качества	Преимущества	Недостатки
1	BiLSTM	Распознавание положительных, нейтральных, а также отрицательных эмоций. Выявление показателей счастья и удовлетворённости	Собственный набор данных позволяет актуализировать информацию, дополнять и расширять ее направленность, совершенствуя таким образом всю систему сверки и анализа	Большая вероятность погрешности, связанная с наличием субъективного начала в процессе обработки и обновления информации
2	LSTM	Работа с глубинными эмоциями, такими как счастье, страх, гнев, грусть	Наличие нескольких наборов данных – DEAP и SEED – повышает процент точности отчетов по распознаванию эмоций. В зависимости от выбранного алгоритма возможно выявление склонности человека к одному из 4 видов стратегии в отношении процесса принятия решений: возбуждение, спокойствие, нейтральная реакция и стремление к доминированию	Разночтения наборов данных в оценке эмоций (DEAP распознает валентность, возбуждение и доминирование, в то время как SEED выделяет нейтральные эмоции, грусть, испуг и счастье) приводят к вероятности ошибочного прогноза и оценки

№ п/п	Методы	Основные качества	Преимущества	Недостатки
3	RACNN	Работа с 2 классами эмоций: эмоций возбуждения и стагнации	Опирается не только на стандартный набор данных, но также на применение физиологических данных, полученных при помощи медицинских приборов	Разные направленности заложеной системы данных (DEAP и DREAMER) ведут к выявлению ряда субъективных оценок
4	BiDCNN	Работа с эмоциональным состоянием субъекта на основе его данных, а также полученных данных о нем самом	Существует вероятность высокого уровня объективности предоставленного отчета	Ограниченная база данных
5	DECNN	Распознавание положительных и отрицательных эмоций с высокой точностью на всех классах реакций	В основе алгоритма заложено разделение анализа на два направления: реальная ситуация и вероятное стечение обстоятельств. Такой анализ дает низкую вероятность ошибки при выявлении реакций на необходимость принятия решений	Узконаправленная оценка
6	CNN+SVM	Выявление характерных показателей эмоционального состояния, как положительного, так и отрицательного, для двух классов эмоционального состояния	Широкий спектр данных, получаемых из различных источников (DEAP, DREAMER, SEED и AMIGOS), повышает процент точности предоставляемых прогнозов и отчетов	Сложнопоставимые выходные данные по всем базам
7	CNN-BiLSTM	Комплексный подход к изучению вероятных эмоций, основанный на анализе звуковых и изобразительных данных	Высокая точность результатов, высокая скорость анализа, широкий спектр возможного применения	Малоизученный метод, который требует дополнительных методов обработки полученных данных
8	Merged LSTM	Дает возможность выявления сиюминутных реакций, отражающих удивление и отвращение	Высокий процент точности результатов, что обусловлено узконаправленным анализом 4 базовых эмоциональных состояний	Разночтения при проверке и сверке получаемых данных указывают на существование ряда просчетов в выбранном алгоритме

Как показано в табл. 3, рассмотренные методы имеют как сильные, так и слабые стороны. Но если предположить, что их применение возможно в области принятия решений, то все они могут оказаться полезными для пользователей.

Следовательно, в современной практике распознавания эмоций прослеживаются ряд тенденций, которые можно обозначить как стремление к получению более совершенных данных и точных результатов. Но рассмотренные современные методы Deep Learning имеют как недостатки, так и преимущества, что говорит о том, что выбор того или иного способа обработки данных, связанных с выявлением эмоций и вычислением возможностей по принятию тех или иных решений, лежит на самих пользователях. Однако последние плохо представляют области практического применения полученной информации.

ОБСУЖДЕНИЕ

Распознавание эмоций является ключевым компонентом аффективных вычислений. Это междисциплинарная область, которая охватывает компьютерную науку, ИИ, психологию и когнитивную нейронауку. Человеческие эмоции можно идентифицировать по выражению лица, речи, поведению или физиологическим сигналам. При этом полученные данные можно

признать субъективными, и даже физиологические сигналы не способны предоставить объективного ответа в процессе анализа эмоционального состояния человека (несмотря на то, что принято считать, что сигналы, считанные ЭЭГ, могут предоставить достаточную информацию). Но только в совокупности указанные способы могут предоставить более полную картину эмоционального состояния человека.

Но как отмечалось ранее, практическое применение многочисленных исследований в области выявления и распознавания эмоций человека развито недостаточно.

Во-первых, существуют не так много сфер, в которых реально необходимо прохождение сложных тестов на возможности принятия решений, быстрого реагирования и стрессоустойчивости.

Во-вторых, на данном этапе существует проблема доступного применения рассмотренных методов и баз данных, так как не существует мобильных и простых в использовании устройств для проверки и быстрого анализа данных об эмоциональных состояниях тестируемых и их способности принимать решения в той или иной области.

В-третьих, несмотря на то, что уже многие исследователи указывают на необходимость объединения методов и алгоритмов распределения признаков эмоциональных состояний, на данном этапе отсутствует единое мнение об оптимальном подходе к реализации поставленной задачи.

Как следствие, ни у зарубежных, ни у отечественных исследователей нет четкого представления о возможностях применения указанных методов на практике. Вместе с тем все исследователи указывают на то, что именно за методами Deep Learning будущее в области распознавания эмоций. Так, считается, что проблемы принятия решений смогут обезопасить руководство различных предприятий от множества экономических рисков, а военную сферу – от ошибок в подготовке и выборе ответственных лиц.

Поэтому можно предположить, что в дальнейшем ключевыми темами для обсуждения технологического развития самых различных сфер, в которых имеет определённое значение процесс принятия решений, могут служить следующие:

- разработка единого алгоритма распознавания эмоций и вероятности принятия решений, основанного на высоких процентах точности и объективности проведенного анализа;
- организация технологического сопровождения проводимых аналитических исследований, что предполагает разработку удобного и мобильного оборудования, которое может быть доступно для среднестатистических пользователей;
- создание соответствующего методологического сопровождения, предполагающего соответствующее обучение и распространение простых систем организации проверок и выявления эмоциональных изменений.

Кроме того, считается необходимым обобщить мнение исследователей и отметить, что в ближайшей перспективе стоит задача расширения баз данных, что напрямую связано с оптимизацией ранее разработанных методов и, возможно, разработкой новых, более совершенных и эффективных методов.

Все это указывает на то, что на данном этапе вопрос реализации методов Deep Learning в самых различных сферах жизни общества актуальный, но требующий доработки и дальнейшего развития не только в области новых методов, но и в плане оптимизации соответствующего оборудования и методологического сопровождения. Все это возможно только при условии роста интереса у общественности, что говорит о необходимости популяризации рассматриваемой темы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный обзор не может быть исчерпывающим, так как каждый год разрабатываются новые методы, дорабатываются и совершенствуются старые подходы и методики обработки данных. Кроме того, на сегодняшний день различные методы Deep Learning

постепенно внедряются в самые различные сферы, так как на уровне психологического тестирования они позволяют не только распознавать эмоции человека, но и прогнозировать возможности принятия решений в различных ситуациях, прогнозировать рискованные ситуации и выявлять сильные и слабые стороны участников исследования. Это говорит о том, что и в отечественных условиях необходимо развивать и внедрять данное направление в социально-экономические и политико-правовые сферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- [Cui20] Cui H., Liu A., Zhang X., Chen X., Wang K., Chen X. EEG-based emotion recognition using an end-to-end regional-asymmetric convolutional neural network // Knowledge-Based Systems. 2020. V. 20. 106243. DOI [10.1016/j.knsys.2020.106243](https://doi.org/10.1016/j.knsys.2020.106243).
- [Dom20] Doma V., Piruz M. Comparative analysis of machine learning methods for emotion recognition using EEG and peripheral physiological signals // Big Data. 2020. No. 7 (18). Pp. 289–307. DOI [10.1186/s40537-020-00289-7](https://doi.org/10.1186/s40537-020-00289-7). EDN AKLZMI.
- [Don21] Dong S., Wang P., Abbas K. A survey on deep learning and its applications // Computer Science Review. 2021. V. 40. Pp. 10037–10039. DOI [10.1016/j.cosrev.2021.100379](https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100379). EDN NEFEQG.
- [Fio20] Fiorini L., Mancioffi G., et al. Unsupervised emotional state classification through physiological parameters for social robotics applications // Knowledge-Based Systems. 2020. Vol. 190. Pp. 105217. DOI [10.1016/j.knsys.2019.105217](https://doi.org/10.1016/j.knsys.2019.105217). EDN WINWSU.
- [Gar19] Garg A., Badi A. K., Sunkar R. K. A combined LSTM model for classifying emotions using EEG signals // 2019 Int. Conf. on Data Science and Engineering (ICDSE). IEEE. 2019. No. 19. Pp. 139–143. DOI [10.1109/ICDSE47409.2019.8971484](https://doi.org/10.1109/ICDSE47409.2019.8971484).
- [Gre20] Greche L., Akil M., Kachouri R., Es-Sbai N. A new pipeline for the recognition of universal expressions of multiple faces in a video sequence // Journal of Real-Time Image Processing. 2020. V. 17. No. 5. Pp. 1389–1402. DOI [10.1007/s11554-019-00896-5](https://doi.org/10.1007/s11554-019-00896-5). EDN QDYIYP.
- [Gua21] Guanghui C., Xiaoping Z. Multimodal emotion recognition by merging correlative features of speech and vision // IEEE Signal Process. Lett. 2021. No. 28. Pp. 533–537. DOI [10.1109/LSP.2021.3055755](https://doi.org/10.1109/LSP.2021.3055755).
- [Has20] Hassouneh A. M., Mutawa M. M. Development of a real-time emotion recognition system using facial expressions and EEG based on machine learning methods and deep neural networks // Computer Science in Medicine Unlocked. 2020. No. 20. Pp. 100372. DOI [10.1016/j.imu.2020.100372](https://doi.org/10.1016/j.imu.2020.100372).
- [Hos19] Hossein M. S., Muhammad G. An audio-visual emotion recognition system using deep learning for a cognitive wireless environment // IEEE Wireless. Common. 2019. No. 26. Pp. 62–68. DOI [10.1109/MWC.2019.1800419](https://doi.org/10.1109/MWC.2019.1800419).
- [Hua21] Huang D., Chen S., Liu C., Zheng L., Tian Z., Jiang D. Differences primarily in the asymmetric brain a convolutional neural network with two-hemisphere divergence for EEG emotion recognition // Neurocomputing. 2021. No. 448. Pp.140–151. DOI [10.1016/j.neucom.2021.03.105](https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.03.105). EDN AQVZPG.
- [Hus22] Hussein E. H., Hammad A., Ali A. A. Recognition of human emotions using an EEG-based brain-computer interface using machine learning a comprehensive review // Neural Computing and Applications. 2022. No. 34. Pp. 12527–12557. DOI [10.1007/s00521-022-07292-4](https://doi.org/10.1007/s00521-022-07292-4). EDN RBIHHD.
- [Iqb21] Iqbal H. Sarker. Deep Learning: A comprehensive overview of methods, taxonomy, applications, and research directions // SN Computer Science. 2021. No. 2(6). Pp.1–20. DOI [10.1007/s42979-021-00815-1](https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1).
- [Jos20] Joshi V. M., Ghongaid R. B. Idea: An intelligence database for emotion analysis using an EEG signa // King Saud Univ-Comput Inform Science. 2020. V. 20. P. 59.
- [Kha20] Khare S. K., Bajaj V. Evolutionarily optimized variational mode decomposition for emotion recognition // IEEE Sens. J. 2020. No. 21. Pp. 2035–2042. DOI [10.1109/jsen.2020.3020915](https://doi.org/10.1109/jsen.2020.3020915). EDN YGCUXC.
- [Kul21] Kulke L., Bmmmer L., Pooresmaeili A., Schacht A. Overt and covert attention shifts to emotional faces Combining EEG, eye tracking, and a go/no-go paradigm // Psychophysiology. 2021. V. 58. No. 8. Pp. e13838. DOI [10.1111/psyp.13838](https://doi.org/10.1111/psyp.13838). EDN HZBOIZ.
- [Li20] Li I., Zhao J., Lv Z., Li J. A method of merging medical images using deep learning // Int. J. Kohn. Comput. Eng. 2021. No. 2. Pp. 21–29. DOI [10.1016/j.ijcce.2020.12.004](https://doi.org/10.1016/j.ijcce.2020.12.004).
- [Li22] Li C., Wang B., Zhang S., Liu Y., Song R., Cheng J., Chen X. Emotion recognition from EEG based on multi-task learning with capsule network and attention mechanism // Computers in Biology and Medicine. 2022. V. 143. Pp.105303. DOI [10.1016/j.combiomed.2022.105303](https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2022.105303). EDN CUAQCH.
- [Liu20] Liu S., Wang H., Zhao L., Zhao J., Xin K., Wang S. Subject-independent emotion recognition of EEG signals based on a dynamic empirical convolutional neural network // IEEE/ACM Trans Computer Bel Bioinform. 2020. No. 20. P. 26.
- [Lu22] Lu X. Emotion recognition based on deep learning and visualization of imaginative representation // Front. Psychol. 2022. No. 12. Pp. 818–833. DOI [10.3389/fpsyg.2021.818833](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.818833).
- [Már19] Mário W. L. Moreira, Joel J. P. C. Rodrigues, Neeraj Kumar, Kashif Saleem, Igor V. Illin. Postpartum depression prediction through pregnancy data analysis for emotion-aware smart systems // Information Fusion. 2019. V. 4. Pp. 23–31. DOI [10.1016/j.inffus.2018.07.001](https://doi.org/10.1016/j.inffus.2018.07.001). EDN VBRIAK.
- [Mel20] Meluk V., Khandouzi V. Facial emotion recognition using deep learning an overview and ideas // Procedia Computer. Sci. 2020. No. 175. Pp. 689–694. DOI [10.1016/j.procs.2020.07.101](https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.07.101). EDN EEXIAF.

- [Nta21] Ntalampiras S. Speech emotion recognition through learning analogies // Pattern Resin. Lett. 2021. No. 144. Pp. 21–26. DOI [10.1016/j.patrec.2021.01.018](https://doi.org/10.1016/j.patrec.2021.01.018). EDN [IWUCPA](#).
- [Pat20] Patel P., Thakkar A. The growth of deep learning for computer vision applications // Int. J. Electro. Comput. Eng. 2020. No. 10. P. 538. DOI [10.11591/ijece.v10i1.pp538-548](https://doi.org/10.11591/ijece.v10i1.pp538-548). EDN [HOUXSI](#).
- [Sak21] Sakale A., Tamar P., et al. STM-based deep learning networks for emotion recognition using a wireless brainwave-controlled system // Expert Systems Appl. 2021. No. 173. P. 114516. DOI [10.1016/j.eswa.2020.114516](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114516). EDN [PGFYHX](#).
- [Sha20] Sharma R., Pachori R.B., Sircar P. Automated emotion recognition based on higher order statistics and deep learning algorithm // Biomedical Signal Processing and Control. 2020. V. 58. Pp. 1018–1067. DOI [10.1016/j.bspc.2020.101867](https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.101867). EDN [QQKTHF](#).
- [Son21] Sonal Singh A., Kant C. Face and age recognition using a three-dimensional discrete wavelet transform and a rotational local binary template using the radial basis function support vector machine // Int. J. Electro. Eng. Educ. 2021. No. 209. Pp. 84–89. DOI [10.1177/0020720920988489](https://doi.org/10.1177/0020720920988489). EDN [SMRFOY](#).
- [Var20] Varma S., Shinde M., Chavan S. S. Analysis of PCA and LDA features for facial expression recognition using SVM and HMM classifiers // Techno-Societal 2018 Proc. of the 2nd International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications. 2020. V. 1. Pp. 109119. DOI [10.1007/978-3-030-16848-3_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16848-3_11). EDN [VYMQPM](#).
- [Wu21] Wu Y., Fu S., Zhao J., Bryan C. Powering visualization with deep learning // IEEE Comput. Graph. Appl. 2021. No. 4.1. Pp. 16–17. DOI [10.1109/mcg.2021.3102711](https://doi.org/10.1109/mcg.2021.3102711). EDN [LUMMHN](#).
- [Yan20] Yang J., Huang X., Hongkai W., Yang X. EEG-based emotion classification based on a bidirectional network of long-term short-term memory // Procedia Comput Sci. 2020. No. 174. Pp. 491–504. DOI [10.1016/j.procs.2020.06.117](https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.117). EDN [NXDLPE](#).
- [Zha20] Zhang J., Yin Z., Chen P., Nichele S. Emotion recognition using multi-modal data and machine learning techniques: A tutorial and review // Information Fusion. 2020. V. 59. Pp. 103–126. DOI [10.1016/j.inffus.2020.01.011](https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.01.011). EDN [KYOKJA](#).
- [Бог21] Богданова Д. Р. Оценка степени удовлетворенности клиентов сферы услуг на основе учета их эмоционально окрашенной информации // СИИТ. 2021. Т. 3. № 3(7). С. 72–81. DOI [10.54708/26585014_2021_33772](https://doi.org/10.54708/26585014_2021_33772). EDN [NBWLUH](#). [[Bogdanova D. R. “Assessing the degree of satisfaction of customers in the service sphere based on their emotionally colored information” // SIIT. 2021. Vol. 3, No. 3(7), pp. 72–81. DOI [10.54708/26585014_2021_33772](https://doi.org/10.54708/26585014_2021_33772). EDN [NBWLUH](#). (In Russian).]]
- [Жум23] Жумажанова С. С., Сулавко А. Е., Ложников П. С. Распознавание психофизиологического состояния субъектов-операторов на основе анализа термографических изображений лица с применением сверточных нейронных сетей // СИИТ. 2023. Т. 5. № 2(11). С. 41–55. EDN [NNZWLV](#). [[Zhuzhazhanova S. S., Sulavko A. E., Lozhnikov P. S. “Recognition of the psychophysiological state of operator subjects based on the analysis of thermographic facial images using convolutional neural networks” // SIIT. 2023. Vol. 5, No. 2(11), pp. 41–55. EDN [NNZWLV](#). (In Russian).]]
- [Лат24] Латкин И. С., Богданова Д. Р., Ахметвалеев Р. Р. Разработка программного обеспечения для построения карт эмоций: методологии моделирования и сценарии использования // СИИТ. 2024. Т. 6. № 2(17). С. 39–49. EDN [JHOJSU](#). [[Latkin I. S., Bogdanova D. R., Akhmetvaleev R. R. “Development of software for constructing emotion maps: modeling methodologies and usage scenarios” // SIIT. 2024. Vol. 6, No. 2(17), pp. 39–49. EDN [JHOJSU](#). (In Russian).]]
- [Мав23] Мавлютова Р. Р., Богданова Д. Р. Анализ эффективности рекламной кампании на основе учета эмоционального отклика аудитории с применением аффективных вычислений // СИИТ. 2023. Т. 5. № 2(11). С. 11–17. EDN [BBXINF](#). [[Mavlyutova R. R., Bogdanova D. R. “Analysis of the effectiveness of an advertising campaign based on the emotional response of the audience using affective computing” // SIIT. 2023. Vol. 5, No. 2(11), pp. 11–17. EDN [BBXINF](#). (In Russian).]]
- [Саз23] Сазонова Е. Ю., Сметанина О. Н., Журавлева К. И., Юлаев Р. С. Интеллектуальная СППР при управлении психофизическим состоянием человека // СИИТ. 2023. Т. 5. № 6(15). С. 38–49. EDN [JFLRCX](#). [[Sazonova E. Yu., Smetanina O. N., Zhuravleva K. I., Yulaev R. S. “Intelligent decision support system for managing the psychophysical state of a person” // SIIT. 2023. Vol. 5, No. 6(15), pp. 38–49. EDN [JFLRCX](#). (In Russian).]]

Поступила в редакцию 2 января 2025 г.

МЕТАДАННЫЕ / METADATA

Title: Brief analysis of Deep Learning methods for emotional state recognition of a human for decision-making.

Abstract: The modern world is changing in accordance with changes in information technology. The latter are gradually becoming part of a wide variety of spheres of human life, which indicates the importance of regularly updating data on the development of certain methods of deep learning and working with big data. Deep Learning within the framework of various data processing algorithms, as well as selected computer systems, allows you to identify a number of methods that provide a high percentage of the accuracy of emotion analysis. It is considered necessary to analyze modern methods of deep learning, which are used to recognize emotions. The focus is on the work of foreign researchers who, at the present stage, are actively exploring the possibilities of recognizing human emotions using big data, machine learning and deep learning. In conclusion, it is noted that Deep Learning methods, at the level of psychological testing, allow not only to recognize human emotions, but also to predict decision-making opportunities in various situations, predict risky situations and identify the strengths and weaknesses of the study participants. Which suggests that in modern Russia this direction needs to be developed and implemented in the socio-economic, as well as political and legal spheres.

Key words: Deep Learning; big data; emotional state; emotion recognition; decision-making.

Язык статьи / Language: Русский / Russian.

Об авторах / About the authors:**ШИРИНОВ Ройал Абиль оглы**

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Азербайджан.

Асп. каф. компьютерной инженерии. Дипл. магистр комп. наук (Бакинск. гос. ун-т, 2022). Иссл. в обл. эмоционального интеллекта, нечёткой логики и принятия решения.

E-mail: royal.shirinov@asoiu.edu.az

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9211-8721>

ГАРДАШОВА Латафат Аббас гызы

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Азербайджан.

Проректор по науч. работе. Проф. каф. компьютерной инженерии. Дипл. прикл. математик (Азерб. гос. ун-т, 1990). Д-р техн. наук по сист. анализу, управлению и обработке информации (Азерб. гос. академия нефти, 2013). Иссл. в обл. нечеткой математики, мягких вычислений, нечетких систем и систем управления.

E-mail: l.qardashova@asoiu.edu.az

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3227-2521>

БОГДАНОВА Диана Радиковна

Уфимский университет науки и технологий, Россия.

Доц. каф. вычислительной математики и кибернетики. Дипл. экономист-математик. (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2005). Канд. тех. наук (УГАТУ, 2008). Иссл. в обл. искусств. интеллекта, социоэкономики, выч. технологий.

E-mail: dianochka7bog@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9887-2875>

SHIRINOV Royal Habil ogly

Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.

PhD student. Dept. of Computer Engineering. Master's degree of Computer Science (Baku State Uni., 2022). Research in the field of emotional intelligence, fuzzy logic and decision-making.

E-mail: royal.shirinov@asoiu.edu.az

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9211-8721>

GARDASHOVA Latafat Abbas gizi

Azerbaijan State Oil and Industry University, Azerbaijan.

Vice-Rector for Scientific Affairs. Prof., Dept. of Computer Engineering. Dipl. applied mathematics (Azerbaijan State Uni., 1990). Dr. of Technical Sciences in system analysis, control and information processing (Azerbaijan State Oil Academy, 2013). Research in the field of fuzzy mathematics, soft computing, fuzzy systems and control systems.

E-mail: l.qardashova@asoiu.edu.az

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3227-2521>

BOGDANOVA Diana Radikovna

Ufa University of Science and Technology, Russia.

Assoc. Prof. of Computational Mathematics and Cybernetics dept. Dipl. economist mathematician (Ufa State Aviat. Tech. Univ., 2005). Cand. in Tech. Sciences (USATU, 2008). Research in the field of AI, Socioeconomics, Computing Technologies.

E-mail: dianochka7bog@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9887-2875>