

Михайленко Виктор Мефодиевич

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий проектирования и прикладной математики, *orcid.org/0000-0002-9573-9873*

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Терейковская Людмила Алексеевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий проектирования и прикладной математики, *orcid.org/0000-0002-8830-0790*

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЛУШАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. Одной из наиболее существенных тенденций развития систем дистанционного обучения является внедрение автоматических средств обучения, результат восприятия которых в значительной степени зависит от функционального состояния слушателей. Как следствие, возникает необходимость диагностирования текущего функционального состояния слушателей. Определено, что диагностировать состояние слушателей возможно за счет использования нейросетевых средств распознавания эмоционального состояния человека. Установлено, что в современной научно-прикладной литературе недостаточно полно очерчены направления исследований по созданию нейросетевых средств распознавания эмоций, предназначенных для использования в условиях системы дистанционного обучения. В результате проведенных исследований разработана концептуальная модель нейросетевого распознавания эмоционального состояния слушателей системы дистанционного обучения, которая за счет конкретизации операций, влияющих на нейросетевое распознавание эмоций, а также за счет обоснования перечня параметров оценки эффективности позволяет детализировать направления исследований по проектированию соответствующих средств распознавания. Определено, что направления дальнейших исследований связаны с усовершенствованием методологической базы разработки и использования нейросетевых средств распознавания эмоций слушателей системы дистанционного обучения.

Ключевые слова: эмоциональное состояние; распознавание эмоций; дистанционное обучение; нейросетевые средства распознавания; концептуальная модель

Введение

Мировой опыт свидетельствует о том, что одним из основных направлений развития систем дистанционного обучения (СДО) является внедрение автоматических средств обучения, результат восприятия которых в значительной степени зависит от функционального состояния слушателей [11 – 13]. Отметим, что под термином функциональное состояние (ФС) человека обычно понимают интегральную характеристику тех функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают эффективность жизнедеятельности и/или деятельности (трудовой или учебной). ФС включает объективную и субъективную стороны; объективная сторона отражает процессы физиологического уровня, а субъективная является личностным образованием, при этом ей отводится ведущая роль в регуляции состояний. Интегральным

показателем функционального состояния организма, его изменений является работоспособность. Именно она отражает рациональность организации учебного процесса, его соответствие возможностям слушателя. Динамика работоспособности позволяет увидеть, какой ценой достигается тот или иной педагогический результат. При этом утомление, монотония, разные формы физиологического и психологического стресса, эмоциональный подъем могут в значительной степени как снизить, так и повысить эффективность обучения [4; 6]. Как следствие, возникает необходимость оценки текущего ФС слушателей, которая непосредственно влияет на эффективность современных СДО.

Постановка проблемы исследований

Современные исследования в области психологии позволяют утверждать о системном

характере психических состояний, который включает в себя реагирование разных уровней: психического (переживание, изменение протекания психических процессов), физиологического (гуморальная регуляция со стороны эндокринной и вегетативной нервной системы) и поведенческого (психомоторное реагирование). Качественное своеобразие изменений на этих уровнях создает специфическую качественную характеристику определенного состояния. Это позволяет использовать для диагностики ФС человека параметры, которые описывают его эмоциональное состояние, что представляет собой особый вид психических процессов или состояний человека, которые проявляются в переживании каких-либо значимых ситуаций (радость, страх, удовольствие), явлений и событий в течение жизни. Вместе с тем, эмоции – это чувства, выражаемые для предъявления окружающим. Поскольку теория и практика определения выражения эмоций за счет использования теории нейронных сетей (НС) достаточно отработаны, это предопределяет возможность их использования для инструментальной (автоматической) оценки ФС. Этот постулат подтверждается большим количеством соответствующих научно-прикладных разработок [1 – 3, 5, 9]. При этом в известных СДО средства автоматического распознавания эмоционального состояния (САРЭС) отсутствуют, хотя возможность их внедрения подтверждается широким применением программных приложений, базирующихся на нейросетевых моделях. Вместе с тем, внедрение известных нейросетевых САРЭС в отечественные СДО вызывает необходимость их сложной адаптации к вариативности условий применения, связанных со сроком разработки, допустимой величиной погрешности распознавания, имеющимся аппаратным обеспечением, ресурсоемкостью создания и функционирования. Также недостатками распространенных САРЭС является полное или частичное отсутствие описания математического аппарата, на котором они базируются. Этим объясняется актуальность научно-прикладной проблемы разработки нейросетевых САРЭС, адаптированных к условиям отечественных СДО.

Анализ современных исследований и публикаций

Результаты работ [7; 10; 14] указывают на то, что большинство современных нейросетевых САРЭС, используемых в информационных системах общего назначения, можно разделить на два основных вида. К первому виду принадлежат САРЭС, использующие в качестве сенсоров

универсальные средства компьютерной регистрации информации. К таким средствам относятся прежде всего веб-камера и микрофон компьютера. Веб-камеру используют наиболее распространенные САРЭС на основе анализа геометрии и цвета лица. Микрофон используется в САРЭС, анализирующих голосовые сигналы (ГС) пользователя. Как правило, такие САРЭС распознают эмоциональное состояние на основании спектральных составляющих ГС. Также возможно определение эмоций по динамике ГС. Кроме этого, для определения эмоционального состояния пользователя на основании динамики вводимой им информации в качестве универсального сенсора возможно использовать клавиатуру и координатные устройства ввода информации (мышь, трекбол, тачпад, световое перо, графический планшет, тачскрин).

Достоинствами САРЭС первого вида являются низкая стоимость и распространенность аппаратного обеспечения. К недостаткам относятся зашумленность входной информации, что влечет за собой трудноисправляемые ошибки в распознавании. Зашумленность связана с разнородностью характеристик аппаратного обеспечения, используемого разными пользователями, а также влиянием окружающей обстановки на процесс регистрации видео- и аудиоданных. Наиболее известными САРЭС данного вида являются Affectiva Affdex, Pupeteer, CLMtrackr, Oxford, FaceReader, Emovu, eMotion Software, MMER_FEASy, FaceSecurity. Большая часть из них распознает эмоциональное состояние человека, анализируя геометрию его лица.

Достаточно подробный анализ перечисленных средств проведен в работах [8; 15; 16], где кроме прочего обоснован перечень основных характеристик таких САРЭС. Использование этих характеристик позволяет оценить эффективность использования САРЭС в различных условиях эксплуатации. Также заслуживают пристального внимания САРЭС на основе голосовых технологий, разрабатываемых израильской компанией Beyond Verbal Communications. База данных компании состоит из более чем 2300000 уникальных образцов голоса на 40 языках мира. Научные изыскания, проведенные этой компанией, позволяют утверждать, что как минимум 35 – 40% эмоциональной информации, передаваемой в человеческой речи, содержится в вокальных интонациях голосового сигнала. Используя это утверждение, разработан программный продукт, который анализирует десятисекундные записи голоса и позволяет извлечь из них данные, свидетельствующие об эмоциях, настроении, речевых привычках, стрессе, а также самочувствии человека.

САРЭС второго вида используют в качестве средств ввода специализированные датчики,

считывающие биометрические параметры (БП) пользователей – температуру тела, пульс, давление крови, а также электрические колебания (ритмы) головного мозга. Примером такого САРЭС является браслет-аксессуар Feel компании Sentio Solutions, который позволяет круглосуточно распознавать и фиксировать эмоции человека. Еще одним примером являются китайские САРЭС, используемые для распознавания признаков гнева, тревоги и депрессии сотрудников. На основании этой информации владельцы предприятий составляют планы работы и распределяют задачи более эффективно. В некоторых случаях сотрудников отправляют домой или поручают им менее ответственные задачи. Наиболее известная китайская САРЭС под названием Neuro Cap разработана университетом Нинбо. В ней средства регистрации ритмов головного мозга встраиваются в головные уборы сотрудников. Также следует упомянуть шанхайскую компанию Deauea, которая производит САРЭС, датчики которой встроены в фуражки машинистов скоростных поездов. Основной задачей этой САРЭС является предотвращение сонного состояния машиниста. Также подобные САРЭС применяются в некоторых китайских школах для определения учеников, которые отвлекаются от выполнения учебных заданий. Ритмы головного мозга регистрируются датчиками, встроенными в специальные обручи, носимые каждым школьником. Хотя декларируемая точность перечисленных средств достаточно высокая, использование дополнительных специализированных средств регистрации влечет за собой повышение сложности и стоимости информационной системы. При этом в некоторых случаях (обруч на голове школьника) снижается эргономичность системы. Также вызывает вопросы юридическая подоплека использования таких средств регистрации.

В заключении проведенного анализа следует отметить, что при создании САРЭС необходимо учитывать целый ряд разнообразных факторов, зависящих от условий использования. При этом формализованного описания задачи разработки нейросетевых САРЭС, адаптированных к использованию в СДО, в проанализированной литературе [1 – 3; 7 – 15] не найдено.

Цель статьи

Основной целью публикации является разработка концептуальной модели нейросетевого распознавания эмоционального состояния слушателей системы дистанционного обучения, использование которой позволит детализировать направления исследований по проектированию соответствующих средств распознавания.

Изложение основного материала

В общем случае концептуальная модель представляет собой модель предметной области, состоящую из перечня взаимосвязанных понятий, которые используются для описания этой области вместе со свойствами и характеристиками, классификации этих понятий по типам, ситуациям, признакам в данной области, и законами протекающих в ней процессов [7]. Концептуальная модель является отражением концепции, под которой понимают определенный способ суждения, трактовки некоторых явлений, основную точку зрения, руководящую идею для их систематического освещения. Поскольку практический результат разработки САРЭС предусматривает создание программно-аппаратного обеспечения для распознавания эмоций, то для определения эффективности процесса распознавания целесообразно использовать определения из области компьютерной и программной инженерии. Кроме этого целесообразно использовать определения из области теории распознавания образов, которая лежит в основе проектируемой САРЭС.

В соответствии с международными стандартами этой области, эффективность – это множество атрибутов, которые определяют взаимосвязь уровней выполнения программной системы, использование ресурсов (средства, аппаратура, материалы) и услуг, выполняемых штатным обслуживающим персоналом и др. К основным характеристикам эффективности программно-аппаратной системы относят:

- оперативность – атрибут, указывающий на время отклика, обработки и выполнения функций;
- ресурсоемкость – атрибут, который определяет количество и продолжительность используемых ресурсов при выполнении функций программной системы;
- согласованность – атрибут, указывающий на его соответствие заданным стандартам, правилам и предписаниям.

Согласно приведенным определениям, на первом этапе создания концептуальной модели было проведено гармонизацию терминологии, используемой в области применения НС для распознавания эмоций. Гармонизация проведена с позиций отражения современного состояния науки и практики и поддержки решения задач разработки САРЭС, адаптированных к использованию в СДО. В результате определены следующие термины:

- эмоции – это психическое отражение в форме непосредственного, пристрастного переживания жизненного смысла явлений и ситуаций, обусловленного отношением их объективных свойств к потребностям субъекта;
- базовые эмоции – гнев, отвращение, печаль, страх, удивление, презрение;

– биометрические параметры – параметры, определяющие физиологические и/или поведенческие характеристики человека. К биометрическим параметрам, широко используемым в современных САРЭС, относятся геометрические параметры, а также цвет лица и глаз человека, акустические параметры ГС, артериальное давление, пульс, ритмы головного мозга;

– лицо – передняя часть головы человека, сверху ограниченная границей волосистого покрова головы, внизу – углами и нижним краем нижней челюсти, с боков – краями ветвей нижней челюсти и основанием ушных раковин;

– ГС – сложный акустический сигнал, источником которого является голос человека;

– НС – сеть искусственных нейронов, соединенных между собой синаптическими (взвешенными) связями;

– НСМ – модель НС, характеризующаяся методом обучения, способом распространения сигнала, структурой связей и типом искусственного нейрона.

Также определено, что с позиции решения проблематики данной статьи концептуальная модель предназначена для формализации причинно-следственных связей, присущих процессу распознавания эмоций, определенных необходимостью повышения эффективности СДО. Кроме того, в концептуальной модели следует учесть:

– условия функционирования нейросетевой САРЭС, определенные характером взаимодействия ее отдельных частей с компонентами СДО;

– необходимость реализации эффективного применения НСМ для распознавания эмоций;

– возможности управления нейросетевой САРЭС и определения ее управляемых переменных.

Учитывая общепринятую технологию применения НСМ, построена показанная на рис. 1 диаграмма декомпозиции нейросетевого распознавания эмоций. Назначение составных частей этой диаграммы следующее:

– формирование параметров учебных примеров – определение для каждой из распознаваемых эмоций множества входных и выходных параметров и способа их приведение к виду, пригодному для использования в НСМ;

– формирование обучающей выборки – определение множества учебных примеров, которые соответствуют эталонам распознаваемых эмоций. Количество, качество и номенклатура примеров должны быть достаточными для обучения НСМ;

– определение вида НСМ – выбор такой нейросетевой архитектуры, которая наиболее полно отвечает условиям задачи распознавания эмоций на основании заданных БП для конкретной СДО;

– определение параметров НСМ –

обоснование величин структурных параметров НСМ и расчет значений весовых коэффициентов;

– применение НСМ – распознавание эмоций на основании множества предопределенных зарегистрированных БП.

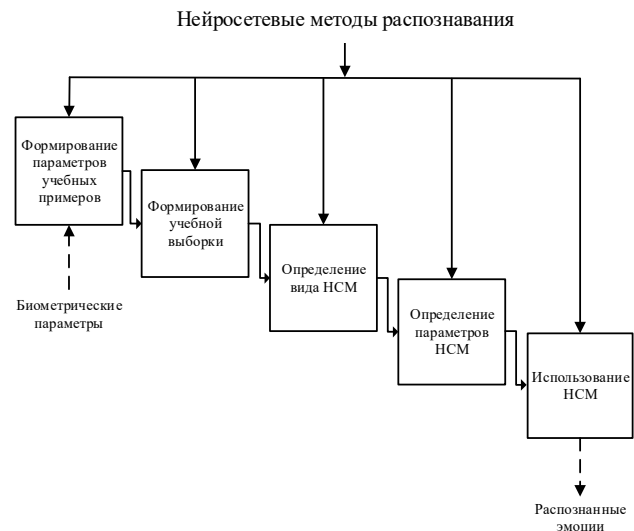


Рисунок 1 – Диаграмма декомпозиции нейросетевого распознавания эмоций

Следующим этапом создания концептуальной модели стала разработка, показанной на рис. 2 схемы компонентов нейросетевой САРЭС.

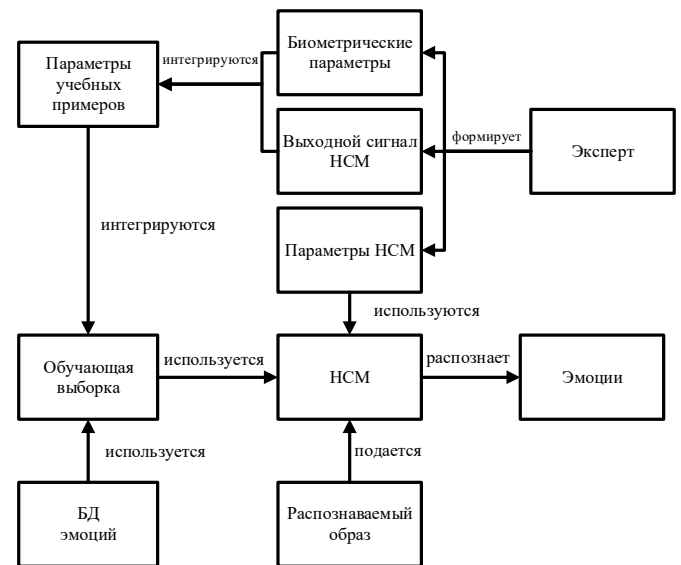


Рисунок 2 – Схема взаимодействия компонентов нейросетевой САРЭС в СДО

В схеме учтены особенности реализации нейросетевой САРЭС, приспособленной к СДО:

– обоснование выбора БП, используемых для распознавания эмоций;

– сложность определения оптимального вида и оптимальных параметров НСМ;

– несовершенство способов формирования параметров учебных примеров для НСМ, предназначенных для распознавания эмоций.

Поэтому в схеме предусмотрена возможность

формирования параметров учебных примеров и обоснования конструктивных параметров НСМ с помощью экспертов. Анализ рис. 1 и рис. 2 позволил определить, что эффективность процесса нейросетевого распознавания эмоций в СДО в основном зависит от эффективности ряда операций, структура которых показана на рис. 3.

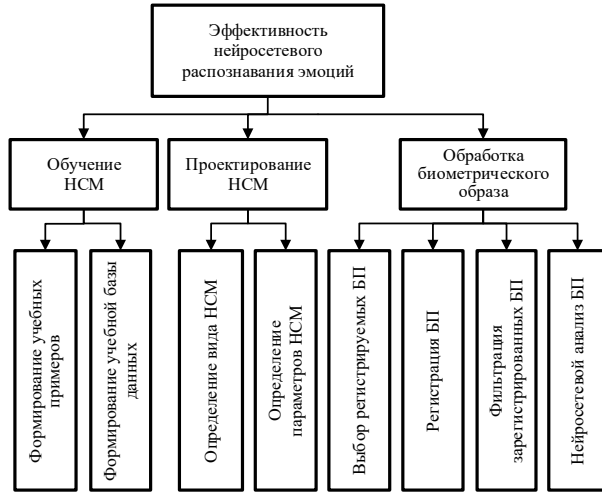


Рисунок 3 – Основные операции, влияющие на эффективность распознавания эмоций

Следует отметить, что согласно авторитетных источников [7; 11] основным направлением повышения эффективности современных нейросетевых средств анализа изображений является фильтрация типовых помех, возникающих при регистрации БП.

В итоге установлено, что в аналитическом виде концептуальную модель обеспечения эффективности нейросетевого распознавания эмоций в условиях СДО возможно записать с помощью выражения:

$$E_{\Sigma} = f(E_D, E_A, E_R), \quad (1)$$

где E_{Σ} – интегральная эффективность САРЭС; E_D , E_A – эффективность разработки и использования НСМ; E_R – эффективность регистрации БП.

Путем детализирования компоненты (1) получены следующие выражения:

$$E_D = f(e_1, e_2); \quad (2)$$

$$E_A = f(e_3, e_4); \quad (3)$$

$$E_R = f(e_5, e_6, e_7), \quad (4)$$

где e_1 – определение вида НСМ; e_2 – определение параметров НСМ; e_3 – формирование параметров учебных примеров; e_4 – формирование учебной БД (учебной выборки); e_5 – определение множества регистрируемых БП; e_6 – фильтрация зарегистрированных БП; e_7 – нейросетевой анализ БП с целью определения эмоций слушателя СДО.

Компоненты выражений (1) – (4) соответствуют процедурам, реализация которых влияет на эффективность нейросетевых САРЭС в СДО. Кроме того, можно утверждать, что эффективность нейросетевого распознавания целесообразно

оценивать с точки зрения эффективности процесса применения нейросетевой САРЭС и с точки зрения обучения НСМ. Показатели эффективности должны отражать длительность, ресурсоемкость и точность указанных процессов. Таким образом, обоснованы показанные на рис. 4 показатели оценки эффективности нейросетевого распознавания эмоций.

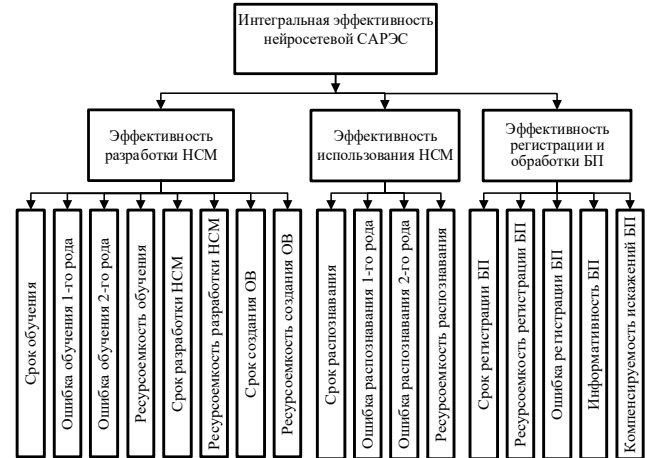


Рисунок 4 – Показатели оценки эффективности нейросетевого распознавания эмоций

Следует отметить, что при использовании данной концептуальной модели для создания эффективных нейросетевых САРЭС необходимо учитывать уровень развития нейросетевых средств распознавания эмоций, а также материальные ресурсы, выделяемые на разработку и внедрение таких средств. Так, например, используя разработанную концептуальную модель, определено, что для внедрения в СДО САРЭС по геометрии лица необходимо усовершенствовать существующую методологическую базу нейросетевого распознавания эмоций в направлении повышения точности распознавания сложных эмоций на повернутом изображении лица и/или на изображении лица, частично закрытом типовыми преградами (очки, головной убор).

Выводы

В результате проведенных исследований впервые разработана концептуальная модель нейросетевого распознавания эмоционального состояния слушателей системы дистанционного обучения, которая за счет конкретизации операций, влияющих на нейросетевое распознавание эмоций, а также за счет обоснования перечня параметров оценки эффективности, позволяет детализировать направления исследований по проектированию соответствующих средств распознавания.

Определено, что направления дальнейших исследований связаны с усовершенствованием методологической базы разработки и использования нейросетевых средств распознавания эмоций слушателей системы дистанционного обучения.

Список літератури

1. Bojorges, E.R. (2007). *Scaling patterns of heart rate variability data. Physiol. Meas.*, 28(6), 721.
2. Carew, T.J, Magsamen, S.H. (2010). *Neuroscience and education: an ideal partnership for producing evidence-based solutions to Guide 21(st) Century Learning. Neuron*, 9; 67(5), 685-8.
3. Chandrani, S., Washef, A., Soma, M., Debasis, M. (2015). *Facial Expressions: A Cross-Cultural Study. Emotion Recognition: A Pattern Analysis Approach. Wiley Publ.*, 69–86.
4. Dawson, M., Schell, A. (2000). *Handbook of Psychophysiology, Cambridge University Press, New York.*
5. Hu, Z., Tereykovskiy, I., Zorin, Y., Tereykovska, L., Zhibek, A. (2018). *Optimization of convolutional neural network structure for biometric authentication by face geometry. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 754, 567-577.
6. Jung, N, Wranke, C, Hamburge,r K, Knauff, M. (2014). *How emotions affect logical reasoning: evidence from experiments with mood-manipulated participants, spider phobics, and people with exam anxiety. Front Psychol.*, 5, 570.
7. Konar, A., Chakraborty, A. (2015). *Emotion recognition: a pattern analysis approach. Wiley*, 583.
8. Littlewort, G., Whitehill, J., Wu, T., Fasel, I., Frank, M., Movellan, J. and Bartlett, M. (2011). *The Computer Expression Recognition Toolbox (CERT). Proceedings of the IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, 298 – 305.
9. Tereikovska, L., Tereikovskiy, I., Mussiraliyeva, S., Akhmed, G., Beketova, A., Sambetbayeva, A. (2019). *Recognition of emotions by facial Geometry using a capsule neural network. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET)*, 10, 04, 270-279.
10. Milborrow, S., Nicolls, F. (2014). *Active Shape Models with SIFT Descriptors and MARS, VISAPP (2) Publ.*, 380–387.
11. Russell, J.A, Bachorowski, J.A, Fernandez-Dols, J.M. (2003). *Facial and vocal expressions of emotion. Annu Rev Psychol.*, 54, 329-49.
12. Schupp, H.T, Stockburger, J, Codispoti, M, Junghöfer, M, Weike, A.I, Hamm, A.O. (2007). *Selective visual attention to emotion. J Neurosci.*, 27(5), 1082-9.
13. Schmidt, S.J. (2017). *What Does Emotion Have to Do with Learning? Journal of Food Science Education*, 16, 64-66.
14. Shanshan, L. (2009). *Facial expression recognition algorithm based on local Gabor wavelet automatic segmentation. Journal of Computer Applications*, 11, 29-37.
15. Um, E., Plass, J.L., Hayward, E.O., Homer, B.D. (2012). *Emotional design in multimedia learning. Educ. Psychol.*, 104, 485 – 498.
16. Yu, Y., Acton, S.T. (2002). *Speckle Reducing Anisotropic Diffusion. IEEE Transactions on Image Processing*, 11, 1260– 1270.

Статья поступила в редколлегию 06.03.2019

Міхайленко Віктор Мефодійович

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики, orcid.org/0000-0002-9573-9873

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Терейковська Людмила Олексіївна

Кандидат технічних наук, доцент інформаційних технологій проектування та прикладної математики, orcid.org/0000-0002-8830-0790

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ
СЛУХАЧІВ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

Анотація. Однією з найбільш істотних тенденцій розвитку систем дистанційного навчання є впровадження автоматичних засобів навчання, результат сприйняття яких значною мірою залежить від функціонального стану слухачів. Як наслідок, виникає необхідність діагностування поточного функціонального стану слухачів. Визначено, що діагностувати стан слухачів можна за рахунок використання нейромережових засобів розпізнавання емоційного стану людини. Встановлено, що в сучасній науково-прикладній літературі недостатньо повно окреслені напрямки досліджень по створенню нейромережових засобів розпізнавання емоцій, призначених для використання в умовах системи дистанційного навчання. В результаті проведених досліджень розроблена концептуальна модель нейромережового розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання, яка за рахунок конкретизації операцій, що впливають на нейромережове розпізнавання емоцій, а також за рахунок обґрунтування переліку параметрів оцінки ефективності, дозволяє деталізувати напрями досліджень по проектуванню відповідних засобів розпізнавання. Визначено, що напрямки подальших досліджень пов'язані з удосконаленням методологічної бази розробки та використання нейромережових засобів розпізнавання емоцій слухачів системи дистанційного навчання.

Ключові слова: емоційний стан; розпізнавання емоцій; дистанційне навчання; нейромережові засоби розпізнавання; концептуальна модель

Mihaylenko Victor

DSc, Professor, Head of the Department of Information Technologies of Design and Applied Mathematics, orcid.org/0000-0002-9573-9873

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Tereikovska Liudmyla

PhD (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies of Design and Applied Mathematics, orcid.org/0000-0002-8830-0790

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

CONCEPTUAL MODEL OF NEURAL NETWORK RECOGNITION OF EMOTIONAL CONDITION OF LISTENERS OF THE DISTANCE LEARNING SYSTEM

Abstract. *One of the most significant trends in the development of distance learning systems is the introduction of automatic learning tools, the result of perception of which largely depends on the functional state of the students. As a result, there is a need to diagnose the current functional state of the listeners. It was determined that it is possible to diagnose the state of the listeners through the use of neural network means of recognizing the emotional state of a person. It has been established that in the modern scientific and applied literature the directions of research on the creation of neural network emotion recognition tools intended for use in a distance learning system are not fully outlined. As a result of the research, a conceptual model of neural network recognition of the emotional state of distance learning students has been developed, which by specifying operations affecting neural network recognition of emotions, as well as justifying the list of performance measurement parameters, allows for detailed directions of research on designing appropriate recognition tools. It was determined that the directions of further research are connected with the improvement of the methodological base for the development and use of neural network means of recognizing emotions of distance learning students.*

Keywords: *emotional condition; recognition of emotions; distance learning; neural network recognition tools; conceptual model*

Ссылка на публикацию

- APA *Mihaylenko, Victor, Tereikovska, Liudmyla. (2019). Conceptual model of neural network recognition of emotional condition of listeners of the distance learning system. Management of Development of Complex Systems, 38, 193 – 199, dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788720.*
- ГОСТ *Михайленко, В.М. Концептуальная модель нейросетевого распознавания эмоционального состояния слушателей системы дистанционного обучения [Текст] / В.М. Михайленко, Л.А. Терейковская // Управление развитием сложных систем. – 2019. – № 38. – С. 193 – 199, dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788720.*