

Терейковская Людмила Алексеевна

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

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

АРХИТЕКТУРА НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗАТОРА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЛУШАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

***Аннотация.** Обоснована актуальность задачи разработки инструментальных средств нейросетевого анализа биометрических параметров для распознавания личности и эмоций слушателей системы дистанционного обучения. Показана необходимость формализации архитектурных решений, используемых при создании программных средств, предназначенных для нейросетевого анализа биометрических параметров. В результате проведенных исследований в терминах языка моделирования UML разработана архитектура нейросетевого анализатора биометрических параметров. Разработаны диаграммы вариантов использования нейросетевого анализатора как при распознавании личности студента при входе в систему, так и при распознавании личности и эмоций студента в процессе его взаимодействия с системой дистанционного обучения. Также, базирясь на разработанных диаграммах вариантов использования, построена структурная схема анализатора. Обоснована необходимость включения в состав анализатора подсистем определения функциональных параметров анализатора, регистрации биометрических параметров, нейросетевого анализа зарегистрированных биометрических параметров, распознавания личности и распознавания эмоций. Оригинальной особенностью предложенных архитектурных решений является внедрение в подсистему нейросетевого анализа модуля интегрированного анализа, предназначенного для обобщения результатов нейросетевого анализа отдельно каждого из биометрических параметров. Разработано правило принятия интегрированного решения, учитывающее результаты нейросетевого анализа каждого из регистрируемых биометрических параметров и соответствующие им весовые коэффициенты, определенные путем экспертного оценивания. Внедрение модуля интегрированного анализа позволяет повысить точность распознавания эмоций и личности студента, поскольку окончательная классификация реализуется за счет обобщенной оценки нескольких гарантированно значимых биометрических параметров. Кроме этого, использование данного модуля позволяет повысить надежность нейросетевого анализатора в случае трудностей, связанных с регистрацией того или иного биометрического параметра. Установлено, что правило принятия решения возможно усовершенствовать за счет использования в модуле интегрированного анализа одной или нескольких нейронных сетей, предназначенных для обобщения результатов нейросетевого анализа всех регистрируемых биометрических параметров. Предложено соотнести направления дальнейших исследований с разработкой соответствующих нейросетевых решений.*

***Ключевые слова:** нейронные сети; распознавание эмоций; распознавание личности; дистанционное обучение; защита информации*

Введение

На протяжении последних 10 – 15 лет одной из основных тенденций развития системы высшего образования является повсеместное внедрение дистанционных форм обучения. В современных условиях указанная тенденция только усиливается из-за необходимости соблюдения карантина, вызванного пандемией коронавирусной инфекции COVID-19. При этом использование в качестве основной дистанционной формы обучения вызывает

проблему повышения эффективности механизмов ее реализации. Проблема связана с тем, что проведение онлайн трансляций дистанционных лекций и практических занятий значительно увеличивает нагрузку на преподавателя, а при подаче учебных материалов в виде иллюстрированного текста или мультимедийной презентации существенно ухудшается качество их восприятия [4; 16]. По мнению ряда источников [4; 16; 23; 24], ухудшение качества восприятия учебных материалов во многом связано с отсутствием мониторинга эмоциональной

составляющей учебного процесса. Поэтому решение сформулированной проблемы может лежать в плоскости разработки электронных учебных материалов, контент которых будет адаптирован к эмоциональному состоянию каждого конкретного слушателя системы дистанционного обучения (СДО). Осуществить такой мониторинг возможно с помощью инструментальных средств нейросетевого анализа биометрических параметров слушателей СДО. Отметим, что в распространенных СДО типа Moodle (<https://moodle.org>), ATutor (<https://atutor.ca>), Blackboard (www.blackboard.com), Lotus LearningSpace (ibm.com/developerworks/lotus/library/ls-quickcourse_LVC), Canvas (<https://www.canvas.net>), Sakai LMS (<https://www.sakailms.org>) указанные средства отсутствуют. Этим объясняется актуальность научно-прикладной проблемы разработки инструментальных средств нейросетевого анализа биометрических параметров слушателей СДО.

Анализ современных исследований и публикаций

Согласно [1; 3; 5; 18], для распознавания личности и эмоций слушателей СДО целесообразно использовать биометрические параметры, регистрацию которых возможно реализовать с помощью распространенного компьютерного обеспечения. В первую очередь к таким параметрам относятся изображение лица, радужная оболочка глаза, голос, сетчатка глаза, клавиатурный почерк, изображение ушной раковины и отпечатки пальцев [2; 17]. Первые пять биометрических параметров возможно использовать для распознавания личности и эмоций слушателей СДО. Последние два параметра используются только для распознавания личности пользователя [6]. В работах [12; 13; 20; 26] рассмотрена нейросетевая технология распознавания личности и эмоций пользователя на основании биометрических параметров, характеризующихся геометрическими показателями. Анализ этих работ позволяет утверждать, что к указанным параметрам относятся изображение лица, радужная оболочка глаза, отпечатки пальцев, сетчатка глаза и изображение ушной раковины. При этом наиболее эффективные нейросетевые решения базируются на использовании различных вариантов сверточной нейронной сети. Также определено, что характерными помехами нейросетевого анализа указанных геометрических показателей являются неравномерность освещения, поворот регистрируемых изображений, использование различных средств видеорегистрации. Нивелирование указанных помех предполагается за счет адаптации параметров нейросетевой модели, а

также за счет разработанных процедур предварительной обработки изображений. Технология нейросетевого анализа голоса для определения личности и эмоций диктора представлена в работах [7; 11]. Входные параметры нейросетевой модели соотносятся с параметрами, характеризующими фрагмент голосового сигнала длительностью от 10 мс до 30 мс. Как правило, в качестве указанных параметров используются мел-кепстральные коэффициенты (MFCC) [8; 21]. При этом для распознавания используются глубокие нейронные сети с прямым распространением сигнала, сверточные нейронные сети, а также рекуррентные сети типа LSTM и Transformer [8; 10]. Технология нейросетевого анализа клавиатурного почерка представлена в работах [10; 14; 16]. Показано, что в качестве входных параметров нейросетевой модели целесообразно использовать показатели, характеризующие динамику ввода символов с клавиатуры. К этим показателям в первую очередь относятся время удержания клавиши и время между нажатиями двух клавиш. Определено, что наиболее эффективным видом нейросетевой модели является сверточная нейронная сеть. Предложена процедура кодирования параметров клавиатурного почерка, предусматривающая представление этих параметров в виде цветного прямоугольного изображения. Разработан и апробирован метод определения параметров сверточной нейронной сети, предназначенной для анализа клавиатурного почерка. Показана перспективность нейросетевого анализатора клавиатурного почерка, базирующегося на совместном использовании сверточной и рекуррентной нейронной сети. Отметим, что в проанализированных работах с высокой степенью детализации представлены нейросетевые модели и методы анализа каждого из биометрических параметров, точность которых варьируется в пределах 87–97%, что достаточно для качественного распознавания личности и эмоций слушателя СДО в случае применения многофакторной аутентификации.

Таким образом, методологический базис разработки нейросетевых средств анализа биометрических параметров для распознавания личности и эмоций слушателей СДО проработан в достаточной степени. При этом в доступной литературе решение задачи разработки архитектуры соответствующих программных средств нейросетевого анализа освещено недостаточно полно.

Цель статьи

Основной целью публикации является разработка архитектуры нейросетевого анализатора биометрических параметров слушателей системы дистанционного обучения.

Изложение основного материала

В соответствии с общепринятой технологией разработки информационной системы для описания архитектуры нейросетевого анализатора использован язык моделирования Unified Modeling Language. При этом первоочередной задачей является построение диаграмм вариантов использования, которые необходимы для выявления общих особенностей поведения проектируемой системы. Основные элементы диаграммы – актеры и варианты использования. Актером может быть как человек, взаимодействующий с проектируемой системой, так и внешняя система, устройство, программа, которая производит обмен информацией с проектируемой системой. Каждый вариант использования соответствует отдельному сервису, который предоставляется по запросу актера. Когда система заканчивает обработку запроса от актера, она возвращается в исходное состояние и готова к следующим запросам. Актер всегда находится вне разрабатываемой системы и взаимодействует с ней посредством вариантов использования. Один актер может выполнять несколько вариантов использования. В свою очередь у варианта использования может быть несколько актеров, которые его выполняют. Предполагаемыми задачами разрабатываемого нейросетевого анализатора являются распознавание личности студента при входе в систему, а также распознавание личности и эмоций студента в процессе его взаимодействия с СДО при обучении. Ориентируясь на указанные задачи, построена диаграмма вариантов использования нейросетевого анализатора при аутентификации студента, а также диаграмма, соответствующая распознаванию личности и эмоций студента при обучении. В построенных диаграммах отображены связи (отношения) между вариантами использования и актерами, а также связи между несколькими вариантами использования. Используются отношения ассоциации, включения и обобщения. Отношение включения ("include") применялось на диаграммах, когда поведение одного варианта использования включается как составной компонент в последовательность поведения другого. Отношение обобщения использовано для указания факта, что некоторый вариант использования А может быть обобщен до варианта использования В. Таким образом, это отношение указывает, что дочерние варианты использования обладают атрибутами и особенностями поведения родительских вариантов использования. При этом дочерние варианты использования могут иметь новые свойства поведения. Первая из разработанных диаграмм показана на рис. 1. В состав диаграммы входят 3 актера (Student, Defender, Admin) и 16

вариантов использования. Актер Student – слушатель СДО, чьи биометрические параметры (изображение лица, голос, клавиатурный почерк, радужная оболочка глаза, изображение ушной раковины, отпечатки пальцев, сетчатка глаза) подлежат нейросетевому анализу с целью определения личности студента. Актер Defender соотносится с блоком защиты СДО, т. е. по его запросу проектируемый анализатор предоставляет сервис – нейросетевой анализ личности студента по его биометрическим параметрам, по результатам которого Defender далее принимает решение и реализует защитные действия. Актер Admin представляет собой администратора, разрабатываемого нейросетевого анализатора. Данный актер отвечает за настройку параметров при нейросетевом распознавании личности студента при входе в СДО. Соответствие вариантов использования функциям анализатора приведены в таблице.

Таблица – Описание вариантов использования

Вариант использования	Функции анализатора
Register in DLS	Регистрация студента при входе в СДО
Register biometric parameters	Регистрация биометрических параметров студента
Register ear parameters	Регистрация изображения ушной раковины
Register fingerprint parameters	Регистрация отпечатков пальцев
Register retina parameters	Регистрация сетчатки глаза
Register face image parameters	Регистрация изображения лица
Register iris parameters	Регистрация радужной оболочки глаза
Register keyboard handwriting parameters	Регистрация параметров клавиатурного почерка
Register voice parameters	Регистрация параметров голосового сигнала
Save	Сохранение зарегистрированных биометрических параметров
Define parameter registration options	Определение опций регистрации параметров
Define options NN	Определение параметров архитектуры нейронной сети
Train NN	Обучение нейронной сети
Analyze biometric parameters with NN	Анализ биометрических параметров с помощью нейронной сети
Recognize student identity	Распознавание личности студента
Determinate parameters of personality recognition	Определение параметров распознавания личности студента

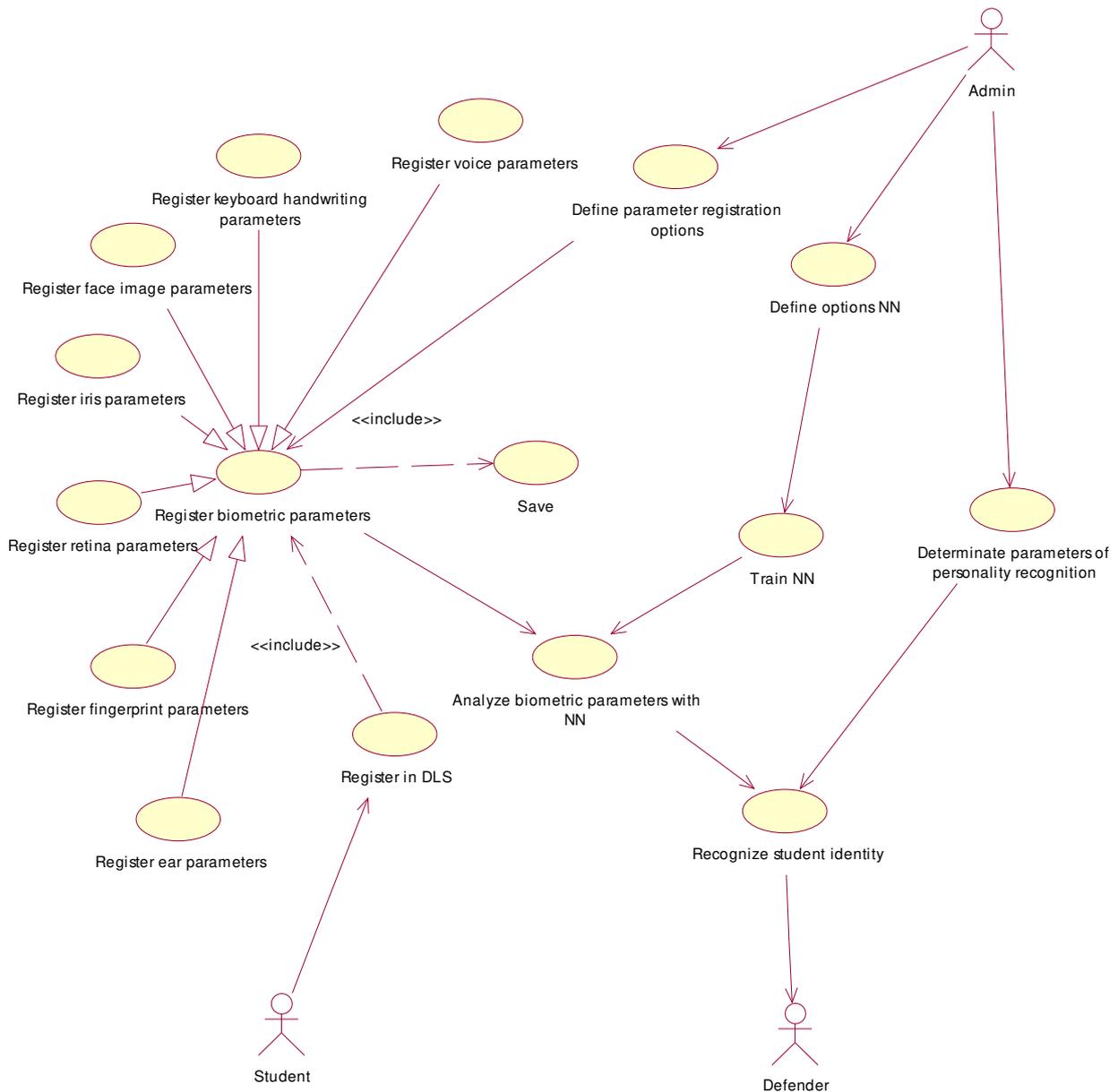


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования нейросетевого анализатора при аутентификации студента

Следует отметить, что перечисленные в табл.1 варианты использования соответствуют максимальным возможностям нейросетевого анализатора, которые касаются аутентификации студента при входе в систему СДО. На практике часть функций может не использоваться.

Также заметим, что вариант использования *Register biometric parameters* является родительским относительно вариантов использования, описывающих функции нейросетевого анализатора, которые касаются регистрации таких биометрических параметров, как изображение лица, клавиатурный почерк, изображение ушной раковины, голос, сетчатка глаза, отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза.

Диаграмма вариантов использования нейросетевого анализатора при распознавании

личности и эмоций студента в процессе обучения показана на рис. 2. Отличительные особенности данной диаграммы определяются отличиями задачи распознавания личности и эмоций студента в процессе обучения от задачи распознавания личности студента при входе в СДО.

Предусмотрено, что в процессе обучения распознавание личности и эмоций студента осуществляется на основании нейросетевого анализа всего трех биометрических параметров: клавиатурного почерка, изображения лица и голоса студента. Это продиктовано стремлением уменьшить ресурсоемкость нейросетевого анализатора путем уменьшения объема анализируемых параметров. Принято во внимание, что, согласно [9; 19], наиболее ответственный этап аутентификации реализуется при входе студента в СДО.

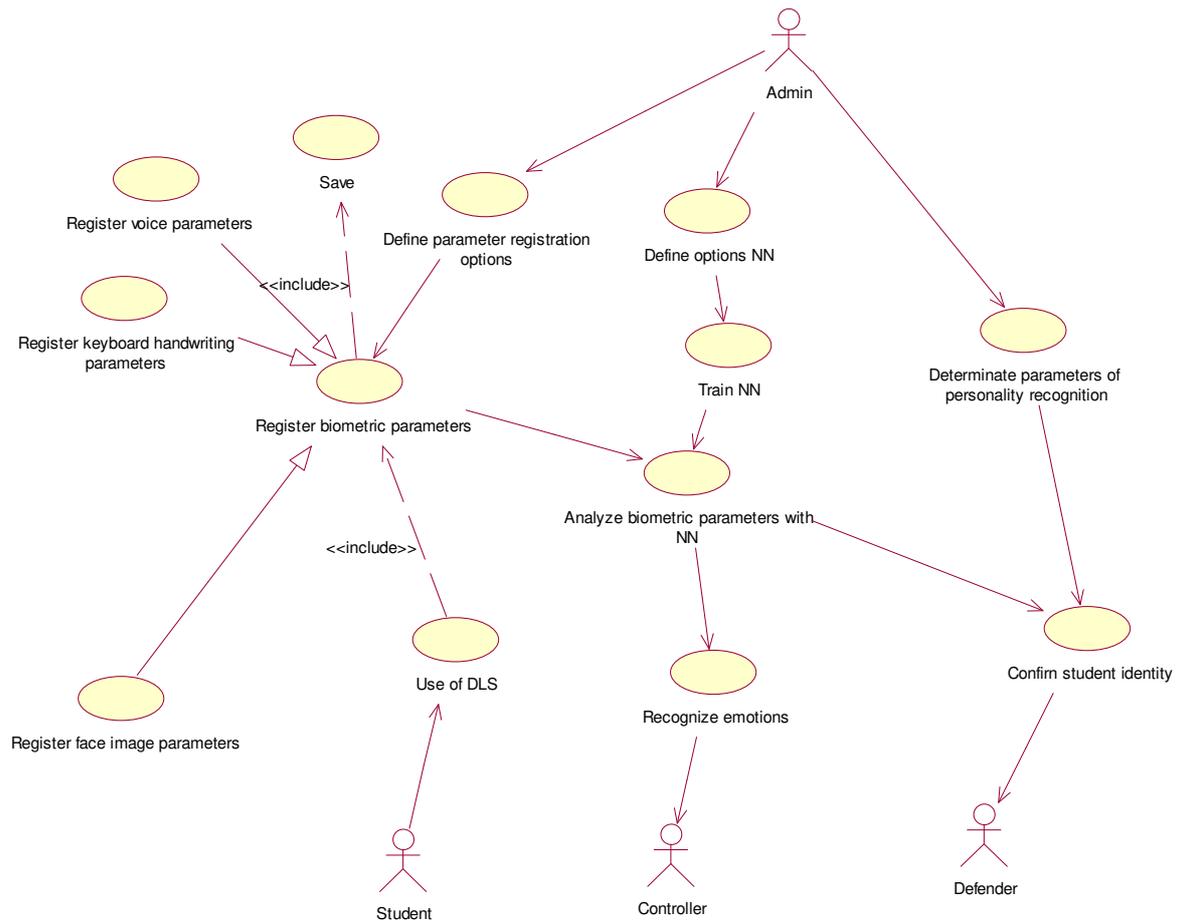


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования нейросетевого анализатора при распознавании личности и эмоций студента в процессе обучения

Поэтому в процессе обучения задачей нейросетевого анализатора является только подтверждение личности студента. Как следствие, для аутентификации в процессе обучения используются только те биометрические параметры, которые одновременно используются и для распознавания эмоций. Таким образом, представленная на рис. 2 диаграмма включает в себя 13 вариантов использования. Вместе с тем, необходимость распознавания эмоций студента предопределила включение в диаграмму актера Controller. Предполагается, что актер Controller представляет собой модуль СДО, корректирующий вид и объём подаваемых учебных материалов в зависимости от текущего эмоционального состояния студента.

Базируясь на разработанных диаграммах вариантов использования (рис. 1, 2), построена, показанная на рис. 3, структурная схема нейросетевого анализатора распознавания личности и эмоций студента. В соответствии с описанием актеров диаграмм вариантов использования нейросетевого анализатора, предусмотрено, что входная информация включает в себя:

- УЭ – множество параметров, которые характеризуют условия эксплуатации;
 - БП – множество регистрируемых биометрических параметров;
 - УПР – множество параметров, характеризующих условия переключения режимов функционирования анализатора.
- Выходная информация нейросетевого анализатора состоит из:

- *I* – множество параметров, описывающих результаты распознавания личности студента.
- *E* – множество параметров, описывающих результаты распознавания эмоций студента.

В соответствии с указанными в табл. 1 вариантами использования, в состав нейросетевого анализатора входит:

- ПОФПА – подсистема определения функциональных параметров анализатора.
- ПРБП – подсистема регистрации биометрических параметров.
- ПНА – подсистема нейросетевого анализа.
- ПРЛ – подсистема распознавания личности.
- ПРЭ – подсистема распознавания эмоций.

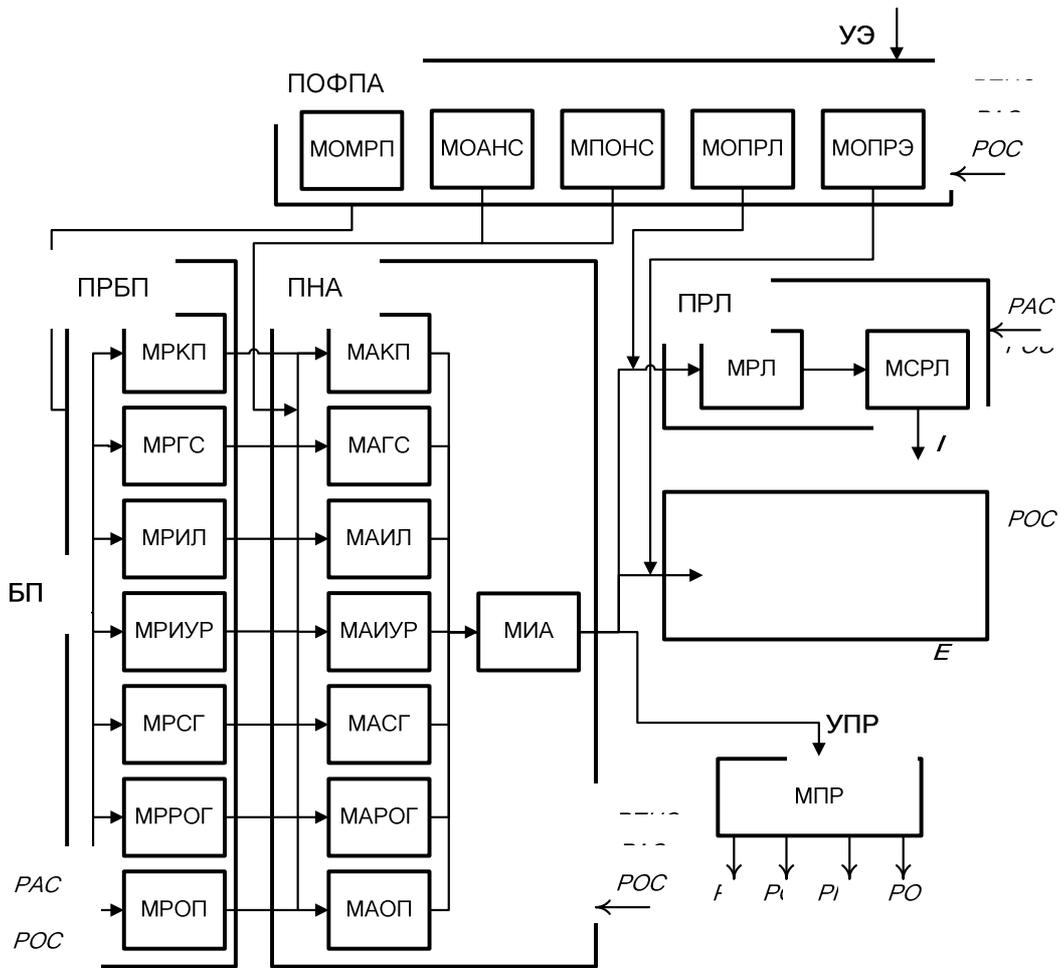


Рисунок 3 – Структура нейросетевого анализатора распознавания личности и эмоций студента

Кроме этого, в нейросетевом анализаторе для переключения режимов функционирования используется отдельный модуль переключения режимов (МПР). Предусмотрены следующие режимы функционирования анализатора: аутентификации студента (РАС), обучения студента (РОС), установки параметров нейронной сети (РПНС), остановка (РО).

Как показано на рис. 3, в ПОФПА входят модули: определения множества регистрируемых параметров (МОМРР), определения архитектуры НС (МОАНС), определения параметров обучения НС (МПОНС), определения параметров распознавания личности (МОПРЛ), определения параметров распознавания эмоций (МОПРЭ). В состав ПРБП входят модули МКРП, МРГС, МРИЛ, МРИУР, МРСГ, МРРОГ, МРОП, функциональность которых связана с регистрацией и первичной обработкой биометрических параметров – клавиатурного почерка, голосового сигнала, изображения лица, изображения ушной раковины, сетчатки глаза, радужной оболочки глаза, отпечатков пальцев. Нейросетевой анализ перечисленных биометрических параметров реализуется в модулях ПНА – МАКП, МАГС, МАИЛ, МАИУР, МАСГ, МАРОГ, МАОП соответственно.

Кроме этого, в состав ПНА входит модуль интегрированного анализа (МИА), предназначенный для интеграции результатов нейросетевого анализа отдельно каждого из перечисленных биометрических параметров. Отметим, что с позиций теории технической диагностики внедрение в ПНА модуля МИА позволяет повысить точность распознавания эмоций и личности студента, поскольку окончательная классификация реализуется за счет обобщенной оценки нескольких гарантированно значимых диагностических параметров [25; 28]. Также использование модуля МИА позволяет повысить надежность нейросетевого анализатора в случае трудностей, связанных с регистрацией того или иного биометрического параметра. В базовом варианте предполагается, что правило принятия окончательного (интегрированного) решения о результатах нейросетевого анализа может быть сформулировано в виде:

$$Y_R = \max(Y_1, Y_2, \dots, Y_N); \quad (1)$$

$$Y_n = \sum_j^j (\alpha_j \times y_j), \quad (2)$$

где Y_R – выходной сигнал МИА, свидетельствующий о результатах интегрированного нейросетевого

анализа всех регистрируемых биометрических параметров; Y_n – оценка n -го альтернативного решения; N – количество возможных альтернативных решений; α_j – весовой коэффициент j -го параметра; J – количество учитываемых параметров; y_j – результат нейросетевого анализа j -го параметра.

Значения весовых коэффициентов, используемые в (2), определяются путем экспертного оценивания. В дальнейшем правило принятия решения вида (1), (2) возможно усовершенствовать за счет использования в МИА одной или нескольких нейронных сетей, предназначенных для обобщения результатов нейросетевого анализа перечисленных выше биометрических параметров. На вход этой сети подаются выходные сигналы МАКП, МАГС, МАИЛ, МАИУР, МАСГ, МАРОГ, МАОП. Выход сети ассоциируется с кортежем вида:

$$Y_R = \langle \{K_I\}, \{K_E\} \rangle, \quad (3)$$

где $\{K_I\}, \{K_E\}$ – множества выходных сигналов МИА, свидетельствующих о принадлежности личности и эмоций студента к одному из заранее определенных классов. Функциональность подсистем ПРЛ и ПРЭ заключается в интерпретации результатов нейросетевого анализа биометрических параметров в виде оценок распознанных эмоций и личности студента. В состав этих подсистем входят модули распознавания личности (МРЛ), распознавания эмоций (МРЭ), сигнализации о распознанной

личности студента (МСРЛ) и сигнализации о распознанных эмоциях (МСРЭ).

Отметим, что в соответствии с [25; 27], представленные на рис. 1 и рис. 2 диаграммы и показанная на рис. 3 структурная схема могут служить базовым вариантом описания нейросетевого анализатора биометрических параметров для распознавания личности и эмоций слушателей СДО.

Выводы

Обоснована актуальность усовершенствования инструментальных средств распознавания личности и эмоций слушателей системы дистанционного обучения на основании нейросетевого анализа биометрических параметров, регистрируемых с помощью распространенного аппаратного обеспечения компьютерных систем общего назначения. Показано, что создание указанных инструментальных средств усложняется существующей неопределенностью в формализованном описании архитектурных решений. В результате проведенных исследований в терминах языка моделирования UML разработана архитектура нейросетевого анализатора биометрических параметров. Показано, что направления дальнейших исследований связаны с разработкой математического обеспечения модуля обобщения результатов нейросетевого анализа всех регистрируемых биометрических параметров.

Список літератури

1. Alghamdi, S.J., Elrefaei, L.A. (2015). Dynamic user verification using touch keystroke based on medians vector proximity. *Procc. Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN)*, pp. 121–126. IEEE, 2015.
2. Ali, M.L., Thakur, K., & Tappert, C. (2015). User authentication and identification using neural network. *I-manager's Journal on Pattern Recognition*, 2(2), 28–39.
3. Al-Raisi, A.N., Al-Khoury, A.M. (2008). Iris recognition and challenge of homeland and border control security in UEA. *Telematics and Informatics*, 25, 117–132.
4. Barmak, O., Krak, I., Mazurets, O., Pavlov, S., Smolarz, A. (2020). Research of efficiency of information technology for creation of semantic structure of educational materials. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1020, 554–569.
5. Drugman, T., Dutoit, T. (2010). On the Potential of Glottal Signatures for Speaker Recognition. *Interspeech*, 2106–2109.
6. Dua, M., Gupta, R., Khari, M. et al. (2019). Biometric iris recognition using radial basis function neural network. *Soft Comput.*, 23, 11801–11815.
7. Variani, Ehsan, Lei, Xin, McDermott, Erik, Lopez Moreno, Ignacio and Gonzalez-Dominguez, Javier. (2014). Deep neural networks for small footprint text-dependent speaker verification. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference*, pp. 4052–4056.
8. Ganchev, T., Fakotakis, N., Kokkinakis, G. (2005). Comparative evaluation of various MFCC implementations on the speaker verification task. *Procc. 10th International Conference on Speech and Computer*, Patras, Greece.
9. Hajaria, K., Ujwalla, Gawandeb, Golharc, Y. (2015). Neural Network Approach to Iris Recognition in Noisy Environment. *Procc. International Conference on Information Security & Privacy (ICISP2015)*, 11-12 December 2015, Nagpur, INDIA, 78 (2016), pp. 675–682.
10. Hayreddin, Ç., Shambhu, U. (2017). Sensitivity analysis in keystroke dynamics using convolutional neural networks. *Procc. 2017 IEEE Workshop on Information Forensics and Security (WIFS)*, 4–7 Dec, Pp. 1–6.
11. Hu, Z., Tereikovskiy, I., Korystin, O., Mihaylenko, V., Tereikovska, L. (2021) Two-Layer Perceptron for Voice Recognition of Speaker's Identity. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1247, 508–517.
12. Hu, Z., Tereikovskiy, I., Zorin, Y., Tereikovska, L., Zhibek, A. (2019). Optimization of Convolutional Neural Network Structure for Biometric Authentication by Face Geometry. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 754.

13. Malik, Jyoti, Girdhar, Dhiraj, Dahiya, Ratna, Sainarayanan, G. (2014). Reference Threshold Calculation for Biometric Authentication *IJIGSP*, 6, 2, 46–53.
14. Kanimozhi, M., Puvirajasingam, K. & Avitha, M.S. (2014). Survey on keystroke dynamics for a better biometric authentication system. *International Journal of Emerging Technologies and Engineering (IJETE)*, 1(9), 116–139.
15. Krak, I., Barmak, O., Mazurets, O. (2018). The practice implementation of the information technology for automated definition of semantic terms sets in the content of educational materials. *CEUR Workshop Proceedings*, 2139, Pp. 245–254.
16. Liu, M., Guan, J. (2019). User keystroke authentication based on convolutional neural network. *Communications in Computer and Information Science*, 971, 157–168.
17. Lin, C.-H., Liu, J.-C., Lee, K.-Y. (2018). On neural networks for biometric authentication based on keystroke dynamics. *Sensors and Materials*, 30(3), 385–396.
18. Muhammad, A., Rizwan, Ali Naqvi, Dong, Seop Kim, Phong, Ha Nguyen, Muhammad, Owais and Kang, P. (2018). IrisDenseNet: Robust Iris Segmentation Using Densely Connected Fully Convolutional Networks in the Images by Visible Light and Near-Infrared Light Camera Sensors. *Sensors*, 18, 1501, 1–30.
19. Saket, M., Soumyajit, G., Vikram, P. (2017). Deep Secure: A Fast and Simple Neural Network based approach for User Authentication and Identification via Keystroke Dynamics. *Procc. IWAISe, International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pp. 34–40.
20. Sanjay, R., Mirza, S. (2013). Iris Recognition System And Analysis Using Neural Networks. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2, 7, 1051–1054.
21. Sorokin, V.N., Tsyplikhin, A.I. (2010). Speaker verification using the spectral and time parameters of voice signal. *Journal of Communications Technology and Electronics*, 55, 12, 1561–1574.
22. Tereikovska, L., Tereikovskiy, I., Mussiraliyeva, S., Akhmed, G. (2019). Recognition of emotions by facial Geometry using a capsule neural network. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 10, 04, 270–279. Article ID: IJCIET_10_04_029.
23. Tereikovskiy, I., Mussiraliyeva, S., Kosyuk, Y., Bolatbek, M., Tereikovska, L. (2018). An experimental investigation of infrasound influence hard drives of a computer system. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9, 6, 1558–1566.
24. Tereikovskiy, I., Parkhomenko, I., Toliupa, S., Tereikovska, L. (2018). Markov model of normal conduct template of computer systems network objects. *Procc. 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2018*.
25. Toliupa, S., Tereikovskiy, I., Tereikovskiy, O., Tereikovska, L., Nakonechnyi, V. and Kulakov, Y. (2020). Keyboard Dynamic Analysis by Alexnet Type Neural Network. *Procc. 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*, Lviv-Slavske, Ukraine, 2020, pp. 416–420.
26. Dias, Usham, Frietas, Vinita, Sandeep, P.S. and Fernandes, Amanda. (2010). A neural network based iris recognition system for personal identification. *Ictact Journal on Soft Computing*, 2, 78–83.
27. Xiaofeng, L., Shengfei, Z., Shengwei, Y. (2019). Continuous authentication by free-text keystroke based on CNN plus RNN. *Procedia Computer Science*, 147, 314–318.
28. Yunbin, D., Yu, Z. (2015). Keystroke Dynamics Advances for Mobile Devices Using Deep Neural Network. *GCSR*, 2, 59–70.

Статья поступила в редколлегию 02.11.2020

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

АРХИТЕКТУРА НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗАТОРА БІОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СЛУХАЧІВ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Анотація. Обґрунтовано актуальність завдання розроблення інструментальних засобів нейросіткового аналізу біометричних параметрів для розпізнавання особистості й емоцій слухачів системи дистанційного навчання. Показано необхідність формалізації архітектурних рішень, які використовуються при створенні програмних засобів, призначених для нейросіткового аналізу біометричних параметрів. В результаті проведених досліджень в термінах мови моделювання UML розроблена архітектура нейросіткового аналізатора біометричних параметрів. Розроблено діаграми варіантів використання нейромережевого аналізатора як при розпізнаванні особистості студента при вході в систему, так і при розпізнаванні особистості й емоцій студента в процесі його взаємодії із системою дистанційного навчання. Також, базуючись на розроблених діаграмах варіантів використання, побудована структурна схема аналізатора. Обґрунтовано необхідність включення до складу аналізатора підсистем визначення функціональних параметрів аналізатора, реєстрації біометричних параметрів, нейросіткового аналізу зареєстрованих біометричних параметрів, розпізнавання особистості і розпізнавання емоцій. Оригінальною особливістю запропонованих архітектурних рішень є

впровадження в підсистему нейросіткового аналізу модуля інтегрованого аналізу, призначеного для узагальнення результатів нейросіткового аналізу окремо кожного з біометричних параметрів. Розроблено правило прийняття інтегрованого рішення, що враховує результати нейросіткового аналізу кожного з реєстрованих біометричних параметрів і відповідні їм вагові коефіцієнти, визначені шляхом експертного оцінювання. Впровадження модуля інтегрованого аналізу дозволяє підвищити точність розпізнавання емоцій і особистості студента, оскільки остаточно класифікація реалізується за рахунок узагальненої оцінки декількох гарантовано значущих біометричних параметрів. Крім цього використання даного модуля дозволяє підвищити надійність нейросетевого аналізатора в разі труднощів, пов'язаних з реєстрацією того чи іншого біометричного параметра. Встановлено, що правило прийняття рішення можливо вдосконалити за рахунок використання в модулі інтегрованого аналізу однієї або декількох нейронних мереж, призначених для узагальнення результатів нейросетевого аналізу всіх реєстрованих біометричних параметрів. Запропоновано співвіднести напрямки подальших досліджень з розробкою відповідних нейромережових рішень.

Ключові слова: нейронні мережі; розпізнавання емоцій; розпізнавання особи; дистанційне навчання; захист інформації

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

ARCHITECTURE OF A NEURAL NETWORK ANALYZER OF BIOMETRIC PARAMETERS OF LISTENERS OF THE DISTANCE LEARNING SYSTEM

Abstract. The urgency of the task of developing tools for neural network analysis of biometric parameters for recognizing the personality and emotions of students of the distance learning system has been substantiated. The necessity of formalizing the architectural solutions used in the creation of software for neural network analysis of biometric parameters is shown. As a result of the research carried out in terms of the UML modeling language, the architecture of the neural network analyzer of biometric parameters has been developed. Diagrams of options for using the neural network analyzer have been developed both for recognizing the personality of a student when entering the system, and for recognizing the personality and emotions of a student in the process of his interaction with the distance learning system. Also, based on the developed use case diagrams, a structural diagram of the analyzer is built. The necessity of including subsystems for determining the functional parameters of the analyzer, registration of biometric parameters, neural network analysis of registered biometric parameters, personality recognition and emotion recognition is substantiated. An original feature of the proposed architectural solutions is the introduction into the neural network analysis subsystem of an integrated analysis module designed to summarize the results of neural network analysis separately for each of the biometric parameters. A rule for making an integrated decision has been developed, taking into account the results of a neural network analysis of each of the registered biometric parameters and the corresponding weight coefficients determined by expert evaluation. The introduction of the integrated analysis module makes it possible to increase the accuracy of recognition of emotions and personality of a student, since the final classification is realized through a generalized assessment of several guaranteed significant biometric parameters. In addition, the use of this module makes it possible to increase the reliability of the neural network analyzer in case of difficulties associated with the registration of a particular biometric parameter. It has been established that the decision-making rule can be improved by using one or more neural networks in the integrated analysis module, designed to generalize the results of the neural network analysis of all registered biometric parameters. It is proposed to correlate the directions of further research with the development of appropriate neural network solutions.

Keywords: neural networks; recognition of emotions; personality recognition; distance learning; data protection

Посилання на публікацію

- APA Tereikovska, Liudmyla. (2020). Architecture of a neural network analyzer of biometric parameters of listeners of the distance learning system. *Management of Development of Complex Systems*, 44, 91–99, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.91-99.
- ГОСТ Терейковская Л.А. Архитектура нейросетевого анализатора биометрических параметров слушателей системы дистанционного обучения. *Управление развитием сложных систем*. Киев, 2020. № 44. С. 91 – 99, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.91-99.