

DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-2-4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВЕРИФИКАЦИИ ЗАДАНИЙ В ТЕКСТОВОМ И ГРАФИЧЕСКОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ И ПОМОЩИ ПРЕПОДАВАТЕЛЮ

Н. О. Бесшапошников^{1,a}, М. С. Дьяченко^{1,b}, А. Г. Леонов^{1,2,3,4,c}, М. А. Матюшин^{1,e},
А. Е. Орловский^{1,d}

¹ Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр
Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»,
г. Москва, Российская Федерация

² Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
г. Москва, Российская Федерация

³ Московский педагогический госуниверситет,
г. Москва, Российская Федерация

⁴ Государственный университет управления, г. Москва, Российская Федерация

^a ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7616-3143>, nbesshaposhnikov@vip.niisi.ru

^b ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5809-4981>, mdyachenko@niisi.ru

^c ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9622-1526>, dr.l@vip.niisi.ru

^e ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1775-6894>, itsaprank@yandex.ru

^d ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3823-0832>, orlovskiy@niisi.ru

Аннотация: процесс цифровизации образования, активно проводимый в нашей стране и по всему миру, позволил более широко применить в учебном процессе современные приемы преподавания, перенося часть педагогической нагрузки с очного формата на дистанционный. Проектируемые и используемые цифровые образовательные платформы уже сейчас включают в себя не только оцифрованный лекционный видеоматериал и электронные формы учебников, но и элементы автоматизации проверки выполненных учащимися заданий. Расширение области применения автоматической проверки решенных учащимися задач и выполненных упражнений является объективной необходимостью, в противном случае при дистанционных формах образовательного процесса резко возрастает нагрузка на педагога, который должен выделять значительное время на проверку увеличившегося самостоятельной работы школьников и студентов. Кроме того, при дистанционном преподавании снижается эффект личного присутствия педагога, когда учитель и ученики разделены экранами компьютеров. Существенной помощью может стать использование интеллектуальных помощников преподавателя и автоматизированных систем проверки, построенных методами машинного обучения и технологии нейронных сетей. В настоящей статье рассмотрены подходы к решению поставленных задач по автоматической проверке графических заданий и выявлению заимствований в текстовом виде. Показаны возможные варианты реализации этих функций с использованием технологий искусственного интеллекта.

Ключевые слова: цифровая образовательная платформа, поиск заимствований, дистанционное образование, автоматическая проверка, интеллектуальный помощник преподавателя.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ научного проекта № 19-29-14057.

Для цитирования: Бесшапошников Н. О., Дьяченко М. С., Леонов А. Г., Матюшин М. А., Орловский А. Е. Использование машинного обучения и нейронных сетей для автоматической верификации заданий в текстовом и графическом представлении и помощи преподавателю. *Успехи кибернетики*. 2020;1(2):35–41. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-2-4.

THE APPLICATION OF MACHINE LEARNING AND NEURAL NETWORKS TO AUTOMATED TEXT AND VISUAL ASSIGNMENT VERIFICATION USED AS ASSISTANCE TO EDUCATORS

Nikita O. Besshaposhnikov^{1,a}, Mikhail S. Diachenko^{1,b}, Alexander G. Leonov^{1,2,3,4,c},
Maxim A. Matyushin^{1,d}, Anton E. Orlovskii^{1,e}

¹ Federal State Institution “Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences”, Moscow, Russian Federation

² *Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

³ *Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russian Federation*

⁴ *State University of Management, Moscow, Russian Federation*

^a *ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7616-3143>, nbesshaposhnikov@vip.niisi.ru*

^b *ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5809-4981>, mdyachenko@niisi.ru*

^c *ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9622-1526>, dr.l@vip.niisi.ru*

^d *ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1775-6894>, itsaprank@yandex.ru*

^e *ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3823-0832>, orlovskiy@niisi.ru*

Abstract: the digitalization of education in Russia and worldwide enables a more extensive introduction of advanced teaching methods through a partial switch from offline to online teaching. The existing and coming e-learning platforms feature not only digital lecture videos and e-textbooks, but some automated assessment/grading tools. There is a need to expand the coverage of such tools to avoid the extreme burden of online teaching as the educator has to allocate significant time for assessing the increased amount of high school/university student assignments. Also, distant learning diminishes the effect of the educator personal presence since the teacher and the student are separated by their computer screens. Smart educator assistants and automated assessment tools based on machine learning and neural networks can significantly alleviate the problem. This study offers some strategies for automated assessment of graphic assignments and checks for plagiarism. Possible AI-based implementations of such features are presented.

Keywords: e-learning platform, checking for plagiarism, distant learning, automated assessment, smart educator assistant.

Acknowledgements: this study is supported by RFBR, project No. 19-29-14057.

Cite this article: Besshaposhnikov N. O., Diachenko M. S., Leonov A. G., Matyushin M. A., Orlovskii A. E. The Application of Machine Learning and Neural Networks to Automated Text and Visual Assignment Verification Used as Assistance to Educators. *Russian Journal of Cybernetics*. 2020;1(2):35–41. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-2-4.

О полностью автоматическом учебном процессе без участия преподавателя-человека начали говорить еще в 70-х при появлении первых интеллектуальных систем обучения [1, 2, 3], однако фактические успехи в этом направлении на сегодняшний день не позволяют полностью заменить традиционное обучение в формате очной школы, университета и учебного класса. В настоящее время происходит поэтапный переход образования в цифровую форму, что позволяет обеспечить широкую доступность и высокую эффективность образовательного процесса [4].

Цифровизация образования позволила перенести часть учебных процессов из очного формата в учебном классе в дистанционный, что открыло возможности автоматизации части функций преподавателя-человека, позволяющих сохранить качество обучения и полностью использовать все возможности цифровой образовательной платформы. К таким функциям, например, относятся проверка графических заданий, оценка вероятности заимствования решения задания, включая текстовые (антиплагиат), и функция помощи в поиске ответа на распространенные вопросы слушателей, возникающие при решении заданий. Несмотря на то, что данные функции не являются традиционными признаками «интеллектуальных систем обучения» [5], для их эффективной реализации оправдано использование технологий искусственного интеллекта. В статье рассмотрены требования к этим функциям и описаны возможные реализации этих функций с использованием технологий искусственного интеллекта.

Автоматизация проверки заданий является типовой задачей цифровой образовательной платформы, особенно востребованной при обучении программированию. Далее в статье мы остановимся на рассмотрении автоматической проверки графических заданий. Графическим заданием будем называть задачу, результат которой оценивается по изображению. Задача проверки графических заданий возникает, например, в таких дисциплинах, как инженерная и компьютерная графика [6]. В случае с компьютерной графикой проверка задания не может ограничиваться попиксельным сравнением с оригиналом и должна позволять засчитывать задания с незначительными допустимыми отклонениями.

Графическое задание признается правильно решенным, если синтезированное программой ученика изображение близко к тому, что требовалось предоставить по условиям задачи. В качестве меры близости предоставленного и ожидаемого решения может быть выбрана одна из predetermined функций, например, попиксельное сравнение или интеллектуальное сравнение с эталоном. При этом

от преподавателя не требуется создавать специализированное программное средство для проверки заданий или описывать результаты задания на каком-либо формальном языке.

Функция проверки может быть реализована как классическими методами сравнения с эталоном, так и с использованием современных интеллектуальных методов, например, основанных на применении ИНС [7]. В случае применения интеллектуальных методов для настройки функции проверки результата достаточно предоставить системе одно или несколько изображений, содержащих допустимые ответы. Поскольку в результате сравнения определяется вероятность близости предоставленного изображения к ожидаемому, в случае низкой вероятности задание передается на финальную ручную проверку преподавателю-человеку. На практике интеллектуальная система проверки графических заданий может быть составлена из эмбеддера, переводящего изображения в вектора низкой размерности, и KNN классификатора, работающего в пространстве этих векторов (рисунок 1).

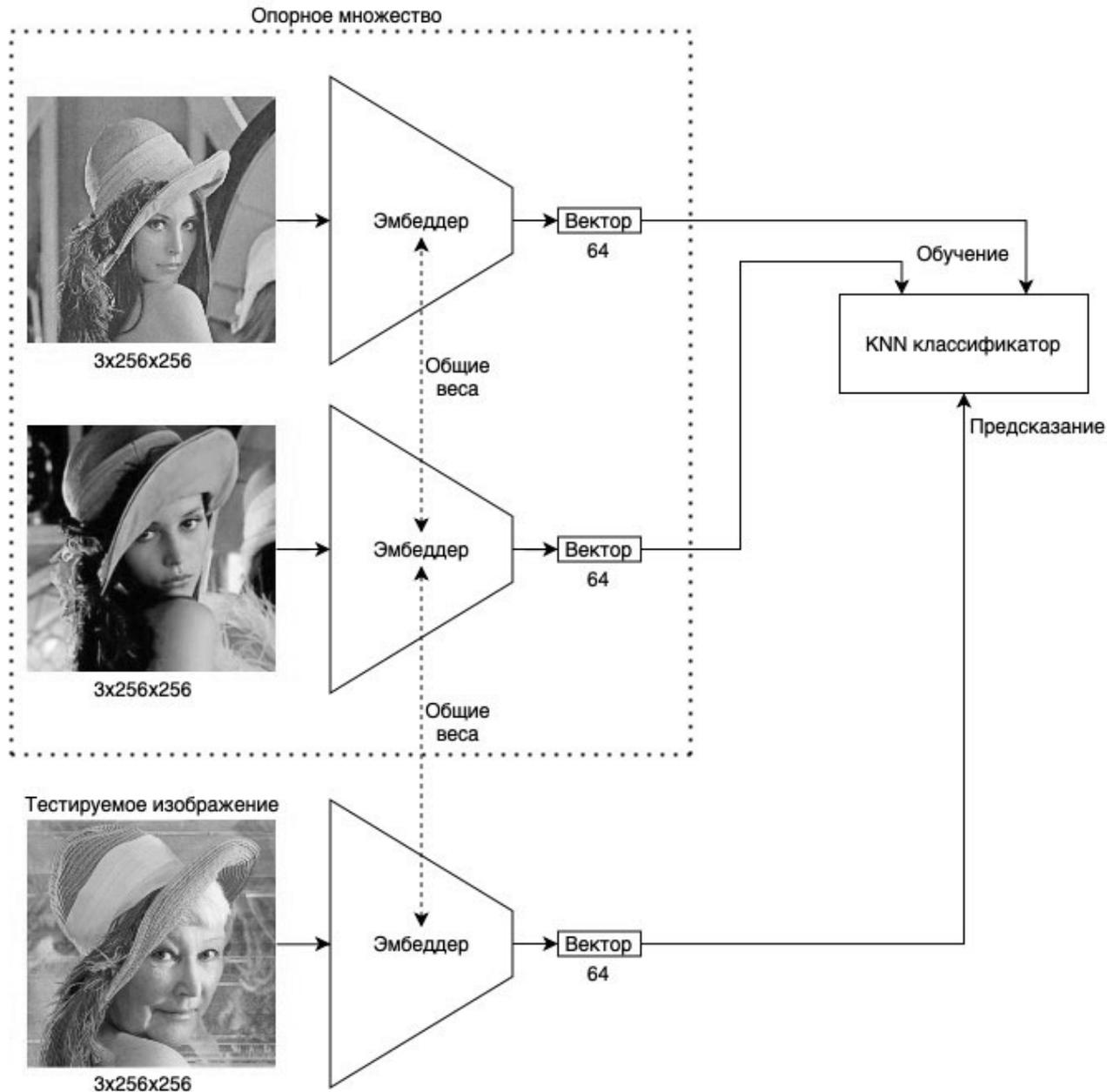


Рис. 1. Архитектура системы сравнения изображений на эмбеддере и KNN классификаторе

Эмбеддер при этом может быть представлен ИНС, которая может быть обучена на любом доступном объемном наборе данных. На время обучения эмбеддер дополняется экстендером до полной ИНС следующего вида: эмбеддер принимает на вход изображение и выдает вектор низкой размерности, экстендер принимает на вход данный вектор и выдает изображение. Во время обучения такая

дополненная экстендером ИНС оптимизирует попиксельное расстояние между входным и выходным изображениями (рисунок 2).

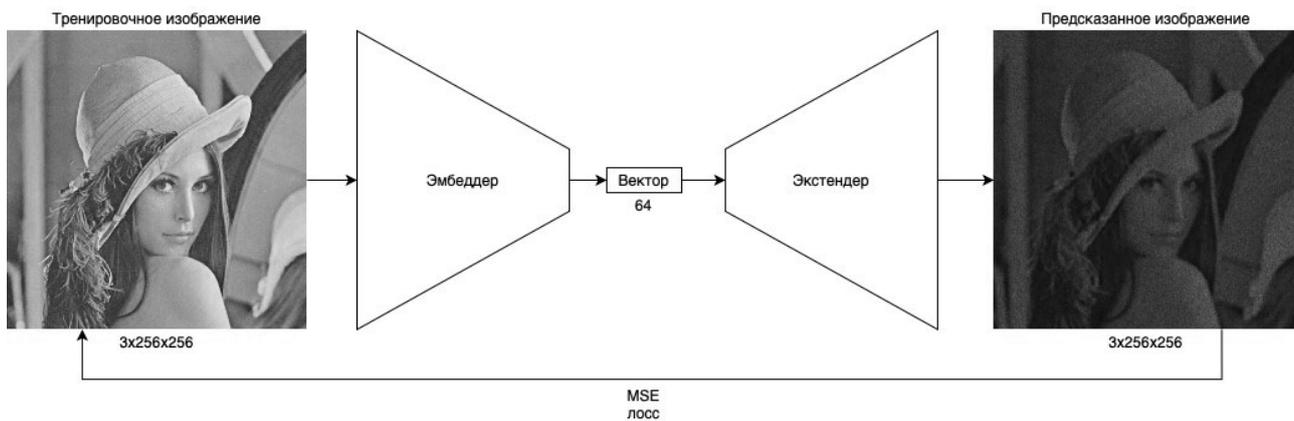


Рис. 2. Схема обучения эмбеддера

Таким образом, эмбеддер обучается кодировать пространственные признаки высокой размерности, заложенные в изображении, в вектор низкой размерности. При этом похожие внешне изображения будут переходить в близкие по евклидовой метрике вектора. Примечательным является тот факт, что для проверки нового типа задач нет необходимости обучать эмбеддер на новых изображениях, достаточно одного изначально качественного обучения на достаточно обширном наборе картинок.

При всей универсальности интеллектуальных методов на практике разработчики систем проверки прибегают к комбинированию интеллектуальных и эвристических методов, например, чтобы исключить возможность успешного прохождения задания при предоставлении пустого, залитого одним тоном или содержащего специальную «маску» (а не решение задания) изображения.

Помимо графических решений, автоматическая проверка может быть внедрена также в широком круге задач. Например, очевидным приложением является автоматическая проверка решений задач по программированию, когда для проверки достаточно протестировать решение на конечном наборе входных данных. Причем здесь искусственный интеллект, как ни странно, тоже может быть с успехом применен, например, для определения так называемого хардкода. Иные случаи, например, автоматизация проверки эссе, без обучения и грамотного внедрения тяжеловесных нейросетевых языковых моделей вообще не представляются осуществимыми.

Не менее актуальной задачей в условиях дистанционного использования является отслеживание и предупреждение заимствований решений.

При работе в учебном классе проблема заимствований решается за счет общения преподавателя с учеником в процессе решения задания, что позволяет оценить уровень его понимания предоставляемой программы и степень его «самостоятельности» при подготовке решения.

В случае с дистанционным режимом выполнения заданий такой возможности нет, поэтому преподавателю для поддержания качества обучения приходится просматривать все решения задач и анализировать возможность их заимствований. За учебный курс количество таких задач для каждого ученика может исчисляться десятками. Рассмотрим данную задачу на примере выполнения задания в рамках курса программирования.

Задача отслеживания заимствований ближе всего к существующему понятию «антиплагиат», то есть речь идет о том, что, например, при решении задачи по программированию решение одного из учеников было полностью или частично использовано одним или несколькими другими учениками. Отличительной особенностью учебных задач по программированию является то, что, во-первых, решение простых (типовых) задач может повторяться с точностью до значений параметров у нескольких учеников, во-вторых, основную часть программы может составлять «шаблон» программы, не изменяемый учащимся. Таким образом, для оценки заимствований остается лишь небольшой фрагмент программы. В связи с этим однозначного решения задачи оценки плагиата в данном случае нет и возможно лишь указать, что несколько сданных решений похожи, что является сигналом для преподавателя, который, обратив внимание на аномалию, проведет действия по предотвращению дальнейшего копирования решений, если это будет подтверждено.

Для реализации этой функции возможно применение нескольких методик: анализ стиля, анализ структуры программы, анализ процесса решения задачи и эвристический анализ.

Анализ стиля, в нашем случае исходного кода [8], является своего рода почерковедческой экспертизой. К ограничению применения этого метода можно отнести то, что у начинающих разработчиков стиль или еще не сформировался, или повторяет отраслевой стандарт, или код может быть автоматически отформатирован используемой средой разработки. К признакам времени можно отнести также активное копирование фрагментов решений с сайтов по программированию или с популярных форумов.

Методы анализа стиля реализуются в том числе с использованием ИНС [8] и хорошо себя зарекомендовали при анализе больших фрагментов исходного кода: выполняется оценка близости стилей кода разных учеников и, если замечена «подозрительная близость», задание отправляется преподавателю на проверку. Для реализации таких методов необходимо сформировать набор метрик кода, на основании которых будет выполняться сопоставление. Примерами метрик являются тип отступов, постановки операторов и элементов блоков, характер именования и длина имен параметров, функций и классов и др.

Сама ИНС представляет собой уже знакомый по распознаванию решений графических задач эмбеддер (рисунок 3). Разница заключается в процессе обучения. Эмбеддер для задачи детектирования плагиата на практике лучше обучать как сиамскую сеть, используя для этого, например, трипплет лосс.

Для обучения могут применяться различные открытые источники данных, например, публичные репозитории с GitHub. Примерами одного класса в данном подходе являются программные коды, принадлежащие одному и тому же автору.

Анализ структуры программы также может применяться для анализа заимствований. В этом случае программа анализируется и трансформируется в представление, которое позволяет сравнить структуры двух программ и их близость [8]. Продвинутое интеллектуальное представление таких методов устойчиво к использованию «обфускации» – добавлению в код избыточных языковых и алгоритмических конструкций с целью снизить «похожесть» двух программ. Для простых заданий такие методы не покажут надежных результатов, так как структура программ у всех учащихся будет одинаковой.

Многообещающим является метод анализа процесса решения задачи. На практике даже простые задачи не сдаются с первой попытки. Таким образом появляется возможность анализировать эволюцию сдаваемого задания, чтобы оценить, как учащийся продвигался к финальному решению. Если цифровая платформа поддерживает онлайн редактирование кода задания, то анализ может быть расширен за счет использования данных о работе ученика в онлайн редакторе. В этом случае при решении задачи собираются метрики о характере работы с кодом, особенности ввода элементов языка (имена параметров, ключевые слова), общие параметры набора и др. Применение ИНС в этом случае потребует подготовки большого объема данных для обучения, что является существенным ограничением для применения этого метода на этапе запуска новой цифровой системы.

Эвристические методы анализа также идут в комбинации с интеллектуальными методами, чтобы исключить простейшие методы заимствования, основанные на сдаче копий без изменений и пр.

Безусловно, любой из приведенных методов может быть обойден учащимися, но основная функция проверки – предотвратить заимствование, а не поймать с поличным. Зная, что задание будет проверяться на предмет заимствований, учащийся может решить потратить больше времени на подготовку самостоятельного решения, чтобы избежать нежелательных для себя последствий. Для решения проблемы заимствований также может применяться технология генерации уникальных заданий для каждого учащегося, но данная тема является предметом отдельного исследования.

В условиях дистанционной работы возникает вопрос донесения до учеников ответов на типовые вопросы. В учебном классе такая информация распространяется естественным образом в процессе занятия, когда преподаватель отвечает на вопрос одного ученика и все остальные ученики невольно слушают ответ. Но в случае дистанционной работы типовые вопросы будут поступать неоднократно. Для снятия этой нагрузки преподавателю может понадобиться интеллектуальный ассистент. Далее будем рассматривать диалоговый ассистент (чат-бот).

Диалоговый ассистент является результатом развития информационных поисковых систем, предоставляющих ответы на вопросы, заданные в форме высказываний на естественном языке. Хотя сама идея диалогового режима общения с учеником появилась еще в 70-х [3], широкое распростра-

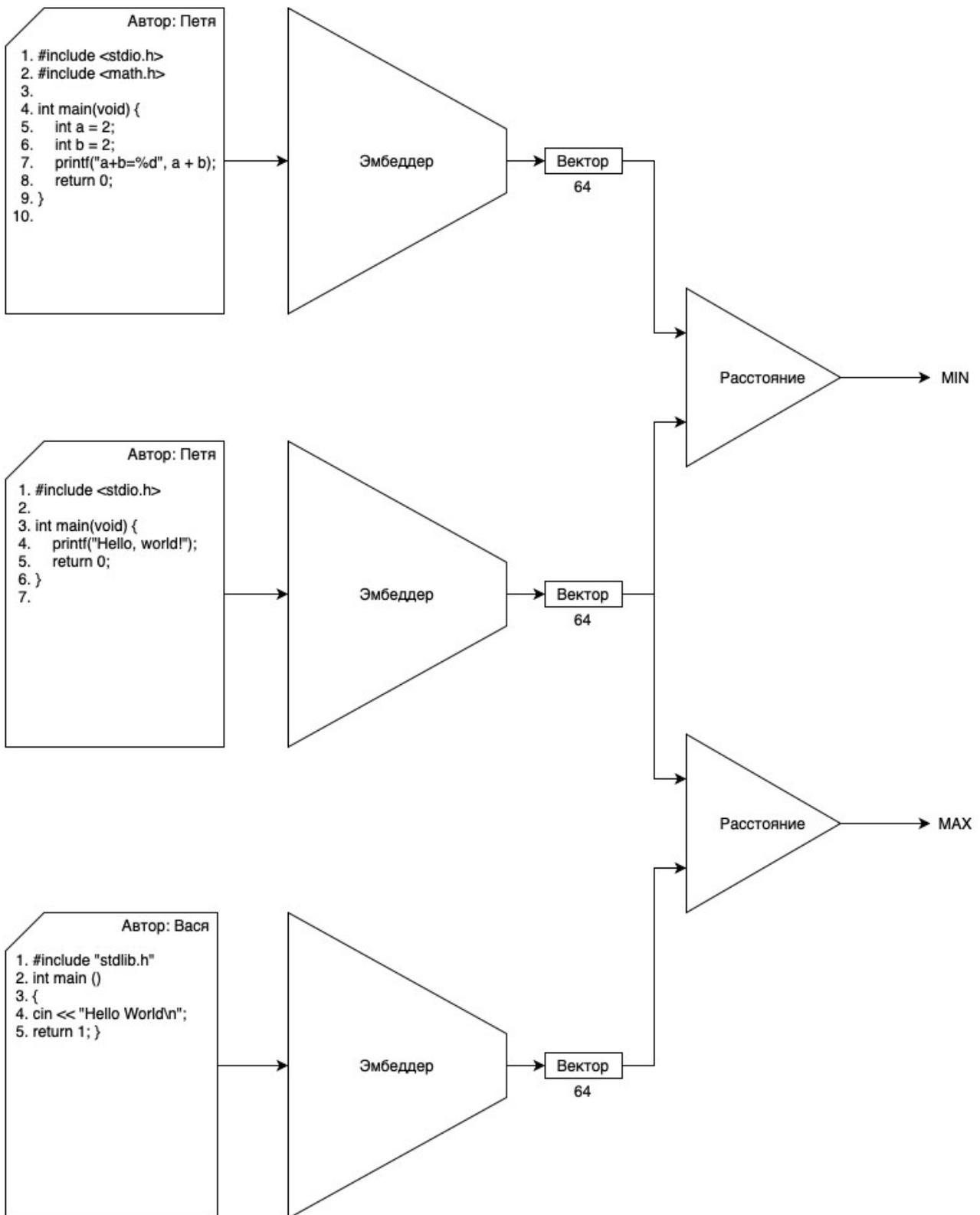


Рис. 3. Архитектура системы сравнения исходных кодов на эмбеддере

нение эта технология получила только последние 10 лет благодаря появлению новых технологий и вычислительных средств для эффективной реализации методик анализа естественного языка.

К требованиям к таким системам можно отнести поддержку лексики обучаемых (сокращений, сленга и пр.), устойчивость к орфографическим и синтаксическим ошибкам, сбор статистики по вопросам для ее дальнейшего анализа, возможность перенаправить вопрос к преподавателю, если ассистент не смог на него ответить.

Анализ естественного языка и диалоговые системы являются высокотехнологичным интеллектуальным решением, требующим специальных знаний, поэтому важно предоставить преподавателю возможность использовать такие решения на высоком уровне, описывая лишь предметную область в виде типовых вопросов и ответов с указанием справочных материалов.

Одним из решений в этой области является библиотека с открытым исходным кодом Rasa [5]. На базе этой библиотеки могут быть построены интеллектуальные решения, не требующие знания специализированных языков описания диалоговых интерфейсов. Таким образом, преподаватель может заранее предусмотреть типовые вопросы учеников и внести их в сценарии ответа диалогового ассистента. Кроме того, становится возможным в случае отсутствия нужного ответа передавать контроль за ходом беседы преподавателю с тем, чтобы в последствие автоматически «дообучать» диалогового ассистента отвечать на большее количество вопросов учеников.

Цифровые образовательные платформы на текущем этапе могут рассматриваться не как замена человека-преподавателя, а как инструмент преподавателя, обеспечивающий автоматизацию ресурсоемких действий. В результате внедрения автоматизации у преподавателя освобождается время для работы с учениками, которые нуждаются в дополнительном внимании, и для непрерывного совершенствования учебных методик. Привычные для преподавателя-человека действия часто оказываются творческими задачами, для решения которых необходимы или специальные знания для их автоматизации, или применение интеллектуальных технологий, берущих на себя всю сложность автоматизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shute V., Towle B. Adaptive E-Learning. *Educational Psychologist*. 2003;38.
2. Paviotti G., Rossi P., Zarka D. *Intelligent Tutoring Systems: an Overview*. 2012.
3. Carbonell J. AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction. *IEEE Transactions on Man-Machine Systems*. 1970;11(4):190–202.
4. Бесшапошников Н. О., Леонов А. Г., Прилипко А. А. Цифровизация образования — новые возможности управления образовательными треками. *Вестник кибернетики*. 2018; 2:154–160.
5. Алешева Л. Н. Интеллектуальные обучающие системы. *Вестник ГУУ*. 2018;1:149–155. DOI: 10.26425/1816-4277-2018-1-149-155.
6. Бойков А. А. Конструктивно-геометрические основы и методика проверки чертежей в обучающих системах. *Вестник Костромского государственного университета*. 2016;22(1):163–167.
7. Koch G. R., Zemel R., Salakhutdinov R. Siamese Neural Networks for One-Shot Image Recognition. *ICML Deep Learning Workshop*. 2015;2.
8. *Machine Learning in Static Analysis of Program Source*. Режим доступа: <https://habr.com/en/company/pvs-studio/blog/484202/>.
9. RASA. Режим доступа: <http://rasa.com>.