

УДК 381.1

Прогнозирование трудоустройства студентов педагогического вуза на основе использования алгоритмов машинного обучения

Роман С. Наговицын

Глазовский государственный педагогический институт¹, г. Глазов, Россия;

Казанский государственный институт культуры, г. Казань, Россия

E-mail: gto18@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4471-0875>

DOI: 10.26907/esd.18.2.10

EDN: YWZVMY

Дата поступления: 3 ноября 2021; Дата принятия в печать: 3 февраля 2022

Аннотация

Работа посвящена анализу проблемы, при которой на педагогические профили поступают, а после окончания обучения трудоустраиваются в систему образования не самые лучшие выпускники. В качестве возможного решения автор представляет прогнозирование профессиональной ориентации студентов. Для этого определена цель исследования – на основе внедрения различных алгоритмов машинного обучения разработать программу прогнозирования трудоустройства студентов педагогического вуза и экспериментально доказать эффективность ее использования. После случайного отбора студентов (2011-2016 годов набора) осуществлены сбор и обработка их анкет ($n=205$). Для создания программы были использованы различные алгоритмы машинного обучения: решающие деревья, логистическая регрессия и catboost. В процессе эксперимента в программу были загружены данные анкет для ее обучения по различным алгоритмам, чтобы в конечном итоге получить готовый интеллектуальный продукт с возможностью прогнозирования трудоустройства выпускников. В итоговом сравнении программа, разработанная на алгоритме «решающие деревья», допустила лишь 2 ошибки из 19 анкет и 7 ошибок из 61 анкеты, что составило самый наилучший результат – 89 % правильности прогноза. Реализация данного алгоритма позволяет наиболее точно, с наименьшим процентом ошибки выявить студентов, которые впоследствии не будут трудоустроены по профилю обучения или вообще не будут трудоустроены. Таким образом, в ходе исследования разработана интеллектуальная программа, которая позволяет моментально обрабатывать данные и получать точный прогноз трудоустройства с незначительной вероятностью ошибки.

Ключевые слова: прогнозирование, трудоустройство, педагогический вуз, машинное обучение, алгоритмы, решающие деревья.

¹ Исследование было выполнено во время работы в Глазовском государственном педагогическом институте им. В. Г. Короленко

Predicting Student Employment in Teacher Education Using Machine Learning Algorithms

Roman Nagovitsyn

Glazov State Pedagogical Institute, Glazov, Russia; Kazan State Institute of Culture, Kazan, Russia

E-mail: gto18@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4471-0875>

DOI: 10.26907/esd.18.2.10

EDN: YWZVMY

Submitted: 3 November 2021; Accepted: 3 February 2022

Abstract

One of the solutions to the problem, when not the best graduates enter the pedagogical profiles and after graduation are employed in the education system, is the prediction of professional orientation even at the stage of the student choosing their further professional trajectory. To solve this problem, the purpose of the study is to develop and experimentally prove the effectiveness of using a program for predicting the employment of students of a pedagogical university based on the introduction of various machine learning algorithms. Using a random selection of students, the collection and processing of their questionnaires (n=205) in 2011-2016 were carried out. Various machine learning algorithms were used to create the program: decision trees, logistic regression, and catboost. In the course of the experiment, the data of the questionnaires were loaded into the program for its training according to various algorithms, in order to ultimately obtain a finished intellectual product with the ability to predict the employment of graduates. In the final comparison, the program developed on the "decision trees" algorithm made only 2 out of 19 questionnaires and 7 out of 61, which was the best result - 89%. The implementation of this algorithm makes it possible to most accurately, with the least percentage of errors, identify students who will not be employed in the future according to their profile of study or not employed at all. Thus, the study developed an intelligent program that allows one to instantly process data and get an accurate forecast of employment with only a small probability of error.

Keywords: forecasting, employment, pedagogical university, machine learning, algorithms, decision trees.

Введение

С прогрессом информационных технологий сфера их воздействия и использования охватила все уровни современной общественной жизни во всех направлениях жизнедеятельности человека, включая образовательно-воспитательный процесс (Qureshi et al., 2021). Благодаря быстрому развитию технологий анализа больших данных и широкому использованию системы машинного обучения появилась возможность накапливать все больше и больше разнообразных данных на всех уровнях учебной и внеучебной деятельности (Renz et al., 2020). С помощью внедрения этих технологий появилась возможность эффективно управлять огромным объемом обучающих данных, выявлять, систематизировать, а затем использовать в практической деятельности полезную информацию (Khan et al., 2021; Wang & Zhan, 2021). На основе реализации машинного обучения через интеллектуальный анализ данных стало возможным выполнять эффективную статистическую деятельность и осуществлять достоверные прогнозы при реализации образовательно-воспитательного процесса школьников и профессиональной подготовки студентов (Hussain S. et al., 2019; Ma, 2021). Данный метод анализа больших данных позволяет находить необходимые для совершенствования взаимосвязи и правила в наблюдаемых данных, описывать общие и частные их характеристики (Miao, 2020; Xu, 2020).

Использование технологии машинного обучения позволяет автоматизировать анализируемые данные за счёт самостоятельного выполнения ею сводных рассуждений и ассоциаций на них (Кнох, 2020; Li & Zhang, 2020). Система может находить внутренние связи между данными и потенциальные закономерности, которые играют очень важную роль в информационном прогнозе и корректировке образовательного процесса при принятии обучающих решений со стороны преподавателей (Hu, 2021). С другой стороны, с позиции студентов внедрение машинного обучения позволяет создавать для них прогнозные стратегии, которые очень помогают при принятии эффективных решений во время образовательно-воспитательной деятельности и на этапе окончания профессиональной подготовки при трудоустройстве (Li, 2020; Yu, 2021).

Процесс трудоустройства выпускников подвержен влиянию многих составляющих и имеет сложное нелинейное динамическое взаимодействие между его этапами (Fang, 2021). Статистические данные о процессе трудоустройства выпускников являются сложной структурой с характеристиками последовательной корреляции, нестационарности и нелинейности (Bin, 2012; Jiang et al., 2019). В связи со сложной ситуацией по трудоустройству выпускников в последнее время прогнозирование данного процесса является необходимостью, важной проблемой интеллектуального анализа больших данных (Li et al., 2019). Построение научной и эффективной модели прогнозирования ситуации с трудоустройством выпускников педагогического института является сложной задачей, имеющей важное теоретическое и практическое значение (Li & Yang, 2021; Sulastri et al., 2015). Данный процесс необходим для рациональной разработки образовательно-воспитательной стратегии муниципалитета или региона по ориентации выпускников в педагогическую систему (Jiang et al., 2019).

На сегодняшний день традиционные технологии трудоустройства выпускников педагогического направления не оправдывают своего назначения, так как проблема по профессиональному трудоустройству выпускников педагогических направлений остается особо актуальной (Nagovitsyn et al., 2017; Sulastri et al., 2015). Как показывают отдельные исследования, на обучение в педагогические институты или университеты поступают абитуриенты с невысокими баллами ЕГЭ и с низкой активностью в олимпиадной, проектной и научно-исследовательской деятельности (Nagovitsyn et al., 2018). А после прохождения полного курса обучения по педагогическим профилям в систему образования трудоустраиваются не самые успешные, активные и способные к педагогической деятельности выпускники (Kasprzhak, 2013). Решение этой ситуации, возможно, кроется именно в прогнозировании профессиональной ориентации еще на этапе выбора выпускником школы, а затем и вуза, и последующей персонализированной воспитательной стратегии со стороны учителей, преподавателей и администрации образовательных организаций (Hussain S. et al., 2019; Sukhbaatar et al., 2019). В связи с этим очевидна необходимость использовать интеллектуальное высокотехнологическое прогнозирование трудоустройства выпускников на основе машинного обучения, включающее реализацию алгоритмических моделей и технологий кластерного анализа и синтеза больших данных (Mia, 2020). Необходим поиск наиболее эффективного алгоритма машинного обучения для сокращения ошибок в прогнозировании, а также экспериментальная проверка того, какая интеллектуальная программа, основанная на конкретном алгоритме машинного обучения через оптимизацию признаков, имеет самую достоверную эффективность, практическую применимость и в конечном итоге высокую точность при анализе трудоустройства выпускников.

На основе представленной выше проблематики была определена следующая гипотеза: процесс трудоустройства студентов педагогического вуза будет более эффективным, если будет разработана программа прогнозирования на основе использования различных алгоритмов машинного обучения. Её практическое внедрение в педагогическом институте позволит наиболее точно, с минимальным уровнем ошибки, заранее выявлять студентов-старшекурсников из «группы риска», которые после обучения, несмотря на свою востребованность в системе образования и гарантированное трудоустройство, могут уйти в другую сферу профессиональной деятельности.

В связи с этим сформулирована цель исследования: на основе использования различных алгоритмов машинного обучения разработать программу прогнозирования трудоустройства студентов педагогического вуза и экспериментально доказать эффективность ее использования.

Обзор литературы

В специальной научной литературе при разработке помощи в трудоустройстве выпускников используются различные алгоритмы машинного обучения в теоретических и практических аспектах совершенствования профессиональной подготовки студентов (Xiaodong et al., 2014; Zhu & Gao, 2017). В отдельных исследованиях выдвинуто и практически обосновано предположение, что разработанная модель прогнозирования данных о занятости выпускников может полностью учитывать сложные характеристики данных на последнем этапе обучения в университете (Li et al., 2019; Murthy et al., 2019). В других научных трудах достоверно доказывается эффективность процесса интеллектуального машинного отражения нелинейного динамического взаимодействия факторов и признаков, влияющих на ситуацию с трудоустройством выпускников (Jiang et al., 2019; Xu, 2020). Машинное обучение, обладающее сильной и устойчивой способностью к обучающим особенностям, способно генерировать важную достоверную информацию о влиянии тех или иных признаков студентов для результативного процесса дальнейшего их трудоустройства (Miao, 2020). Алгоритм машинного обучения «дерево принятия решений», как один из самых признанных методов, позволяет эффективно прогнозировать конкретную ситуацию с трудовой занятостью студента по каждому его признаку, которому соответствует будущий результат в процентном отношении к вероятности его достижения (Xiaodong et al., 2014). Через использование слияния многомасштабных функций в качестве отправной точки на входе в форме древовидной структуры нейронной сети, данный метод позволяет осуществлять точное прогнозирование (Tang & Wang, 2017). Использование алгоритмов по прогнозу надежности в образовании через учет радиальной базисной функции и генетического алгоритма позволяет получить достоверные результаты за счет выбора соответствующих параметров и сетевой архитектуры (Masethe & Masethe, 2014; Murthy et al., 2019).

Исследования по внедрению технологий искусственного интеллекта (Cope et al., 2021; Elshansky, 2021) показывают, что выявление закономерностей и объединение признаков в многокластерной шкале для прогнозирования ситуации с трудовой занятостью студентов сразу после обучения и через несколько лет может быть эффективно реализовано на основе использования различных нейронных сетей (Li & Yang, 2021). Использование машинного обучения на основе алгоритмов логистической регрессии для прогнозирования трудоустройства выпускников имеет значение для приема в высшие учебные заведения и дальнейшего управления профессиональной подготовкой студентов (Hussain M. et al., 2019). Ряд исследований

в психологическом аспекте (Kolyada et al., 2021; Renz et al., 2020) показывают, что психологическое давление на выпускников является одной из основных причин трудностей с трудоустройством (Fang, 2021). Однако раннее достоверное прогнозирование трудоустройства на основе искусственного интеллекта в отдельных случаях позволяет снизить у начинающих студентов обеспокоенность (Tang & Wang, 2017), которая может отрицательно влиять на «взвешенный» и рациональный выбор выпускниками профессиональной деятельности (Jiang et al., 2019).

В экспериментальных исследованиях различных направлений применение машинного обучения обосновывается тем, что надежность классификации трудоустройства выпускников напрямую влияет на эффективность не только от используемого алгоритма, но и от правильного и рационального выбора признаков между входными и выходными данными (Lietal., 2019; Yu, 2021). В сравнительных исследованиях (Sukhbaatar et al., 2019; Wang & Zhan, 2021) предложены гибридные методы машинного обучения, основанные на алгоритмах машинного обучения по технологиям логистической регрессии и catboost (Miao, 2020; Yu, 2021). Представленные алгоритмы сначала выбирают важные признаки исходных данных, а затем моделируют и прогнозируют их по отдельности, а в итоге исследование дает лучшие экспериментальные результаты, чем одна индивидуализированная модель (Lietal., 2019). В этом направлении отдельные практические исследования показали, что использование сразу пяти алгоритмических моделей машинного обучения для проведения разностороннего статистического анализа данных о занятости может быть наиболее эффективным (Jiang et al., 2019; Wang & Zhan, 2021). Построение соответствующих нейронных сетей больше подходит для прогноза текущего уровня безработицы среди выпускников колледжей через внедрение системы раннего предупреждения или профилактики путем сравнения средней ошибки и ошибки в определенный момент времени (Li & Yang, 2021; Xu, 2020).

Однако, несмотря на доказанную эффективность применения машинного обучения в системе трудоустройства выпускников, необходимо объективно понимать текущую ситуацию с профессиональной занятостью студентов педагогических институтов (Akundi et al., 2020; Fang, 2021; Jiang et al., 2019). С одной стороны, сегодня наблюдается значительная востребованность в Удмуртской Республике и в целом в Приволжском федеральном округе молодых специалистов по каждому из педагогических профилей системы общего и дополнительного образования, а с другой – лишь половина выпускников педагогического направления трудоустраиваются в эту область, несмотря на гарантированную профессиональную занятость каждого выпускника (Nagovitsyn et al., 2018). В данной ситуации комиссиям по трудоустройству образовательных учреждений необходимо активизировать индивидуальную работу с выпускниками, тщательно анализировать противоречия и проблемы бакалавров педагогического образования, возникающие у них по окончании вуза (Kasprzhak, 2013), педагогически правильно реагировать на запросы выпускников, улучшая индивидуальную социальную политику (Qureshi et al., 2021), превращая проблемы в возможности, а давление профессиональной занятости в положительную мотивацию к педагогической деятельности, обеспечивая тем самым 100 % или близкое к этому значению трудоустройство выпускников педагогических направлений в систему образования (Nagovitsyn et al., 2018). Внедрение машинного обучения с использованием наиболее эффективного алгоритма призвано максимально точно спрогнозировать профессиональную траекторию будущего выпускника (Miao, 2020; Rajak et al., 2020), что позволит преподавателям и деканатам скорректировать стратегию профессиональной подготовки на последнем курсе обучения

студентов, которые не ориентированы на профессиональную занятость по специальности или вообще не готовы трудоустроиться после окончания университета.

Материалы и методы

Сбор и обработка данных осуществлялись на основе случайного отбора студентов ($n=205$) 2011-2016 годов набора педагогического института (Глазовский государственный педагогический институт им. В. Г. Короленко), на сегодняшний день закончивших обучение по педагогическим профилям «Дошкольное образование», «Начальное образование», «Дополнительное образование», «Физическая культура», «Родной язык», «Безопасность жизнедеятельности», «Русский язык», «Литература» и «Математика». Для систематизации данных был использован архив приемной комиссии и комиссии по трудоустройству на факультетах. Для уточнения или контроля данных выпускников дополнительно был осуществлен телефонный опрос. Данные были собраны на основе случайной выборки, независимо от педагогической профильности, имеющей с точки зрения рынка труда педагогических кадров одинаковый уровень востребованности выпускников.

На основе анализа индивидуальных характеристик обучающихся и особенностей различных направлений образовательно-воспитательного процесса на предварительном этапе была обоснована система признаков сравнения обучающихся педагогических направлений подготовки. В результате были определены 33 основных показателя по следующим аспектам: персональные данные, достижения до института и образовательные показатели студента по среднему баллу в зачетной книжке (Таблица 1):

Таблица 1. Система признаков сравнения обучающихся педагогических направлений подготовки

Персональные данные	Достижения до поступления в институт	Образовательные показатели студента*
Юноша/Девушка	Средний балл аттестата/диплома	По дисциплинам социально-гуманитарного модуля
Возраст на момент поступления	Наличие золотой медали/красного диплома	По дисциплинам педагогического модуля
Знак зодиака	Баллы ЕГЭ в среднем значении при поступлении	По дисциплинам психологического модуля
Наличие значка ГТО / спортивного звания	Баллы ЕГЭ (дополнительные) в среднем значении не для поступления	По дисциплинам коммуникативного модуля
Положение в семье: сирота / полная семья / неполная	Педагогические профили в заявлении абитуриента	По дисциплинам модуля здоровья и безопасности жизнедеятельности
Место проживания студента по постоянной прописке	Дополнительные баллы в портфолио	По дисциплинам предметно-методического модуля 1-го профиля
Фактическое место проживания	Заявления для поступления в другие вузы	По дисциплинам предметно-методического модуля 2-го профиля**
Наличие документа об окончании школы / гимназии / колледжа	Формы поступления: целевое / бюджетное / внебюджетное	По дисциплинам по выбору предметно-методических модулей

Наличие волонтерской книжки	Форма обучения: очное / заочное	По курсовым работам
Наличие портфолио для поступления	Профиль / профили обучения при поступлении	По практикам обязательной части
Наличие диплома Олимпиады	Направление обучения при поступлении	По практикам, формируемым участниками образовательных отношений
<i>*Показатели (средний балл) рассчитывались у студентов, обучающихся по:</i> - однопрофильному бакалавриату на очном обучении после 7 сессии; - однопрофильному бакалавриату на заочном обучении после 9 сессии; - однопрофильному бакалавриату на заочном обучении (сокращенном) после 6 сессии; - двухпрофильному бакалавриату на очном обучении после 9 сессии.		
<i>**По дисциплинам предметно-методического модуля 2-го профиля мониторинг осуществлялся только у студентов, обучающихся на двухпрофильном бакалавриате</i>		

На следующем этапе исследования была разработана авторская программа на основе внедрения трех алгоритмов машинного обучения: решающие деревья, логистическая регрессия и catboost. В процессе исследовательской работы были определены 2 прогноза профессиональной занятости после окончания института: по педагогическому профилю, не по педагогическому профилю, вообще профессионально не занят. Реализация различных алгоритмов машинного обучения позволила выявить наибольшую достоверную эффективность для прогнозирования трудоустройства студентов педагогического вуза. Процесс экспериментальной работы: ее этапы, содержание и результаты – представлен в Таблице 2.

Таблица 2. Содержание и результаты эксперимента по этапам исследования

Этап	Содержание	Результат
Вводный	Анализ специальных исследований по программированию и внедрению различных алгоритмов машинного обучения в систему образования. Подбор подходящих для эксперимента алгоритмов машинного обучения	Подбор материалов и методов экспериментальной работы. Выбор алгоритмов машинного обучения и результатов профессионального трудоустройства: по педагогическому профилю, не по педагогическому профилю, профессионально не занят
Определение признаков сравнения	Анализ теоретической и практической литературы по реализации высшего педагогического образования с целью систематизации признаков сравнения обучающихся	Авторская система: 33 признака ранжированы по следующим аспектам: персональные данные, достижения до института и образовательные показатели
Сбор и обработка материала	Сбор и обработка данных 205 выпускников 2011-2016 годов поступления, из них все выпускники трудоустроены, кроме 2 человек	Классификация данных выпускников: обучающая выборка (n=125), валидационная выборка (n=80) для введения в разработанную программу искусственного интеллекта: 59 % – по педагогическому профилю, 41 % – не по педагогическому профилю
Машинное обучение разными алгоритмами	Процесс машинного обучения на основе различных алгоритмов: решающие деревья, логистическая регрессия и catboost. «Тренировка» каждой программы на основе выборки по обучению (n=125)	Готовая программа, основанная на 3-х экспериментальных моделях (решающие деревья, логистическая регрессия и catboost) по прогнозу профессиональной занятости после выпуска

Оценка достоверности разработанных моделей	Мониторинг разработанной модели прогнозирования с помощью валидации (n=80). Выявление рекомендаций по процессу оптимизации признаков сравнения обучающихся педагогического института, недостоверных для исследования	Доработанная программа по прогнозу профессиональной занятости в процентных соотношениях значимости и системная модель признаков сравнения обучающихся педагогических профилей для последующего исследования
--	--	---

Результаты исследования

В результате проведения эксперимента на всех этапах, где было целостно реализовано определение признаков сравнения, сбор и обработка материала, машинное обучение разными алгоритмами, оценка достоверности разработанных моделей, была разработана интеллектуальная программа прогнозирования. На последнем этапе по мониторингу эффективности программы после введения данных валидационной выборки (n=80) были зафиксированы следующие значения (Таблица 3):

Таблица 3. Результаты достоверности прогноза трудоустройства различных алгоритмов машинного обучения

Алгоритмы	Решающие деревья	Логистическая регрессия	Catboost
Валидационная выборка	N=80, из выборки: n=61 – трудоустроен по профилю, n=19 – трудоустроен не по профилю		
Общий результат достоверности	9 ошибок = 89 % достоверности		12 ошибок = 85 % достоверности
Результат трудоустроенных по профилю	7 ошибок = 89 % достоверности	4 ошибки = 93 % достоверности	8 ошибок = 87 % достоверности
Результат трудоустроенных не по профилю	2 ошибки = 89 % достоверности	5 ошибок = 74 % достоверности	4 ошибки = 79 % достоверности
Средний результат по группам	89 % достоверности	84 % достоверности	83 % достоверности
Не влияющие признаки*	3 признака = 91% достоверности	2 признака = 94 % достоверности	

* Не влияющие признаки – реализация машинного обучения выявила количество признаков сравнения студентов педагогического института, не повлиявших на результаты эксперимента, в дальнейшем рекомендуемых к исключению

Как показали результаты, представленные в Таблице 3, проверка разработанных моделей, созданных на основе машинного обучения с помощью различных алгоритмов (решающие деревья, логистическая регрессия и catboost) показала различные уровни достоверности. После введения данных 80 анкет «валидационной» выборки в разработанные программы по всем признакам, но без результатов на выходе, которые реализуемые алгоритмы должны были получить самостоятельно, было обнаружено различное количество ошибок прогноза. Следует отметить, что «валидационная» выборка включала 61 анкету студентов, трудоустроенных по профилю, и 19 – трудоустроенных не по профилю.

В итоге контрольной проверки по оценке достоверности разработанной интеллектуальной программы алгоритмы машинного обучения «решающие деревья» и «логистическая регрессия» показали по общему результату в целом по всей выборке 89 % достоверности, а именно по 9 ошибок в прогнозе из 80 обрабатыва-

емых анкет. Программа, созданная по алгоритму «решающие деревья» по группе трудоустроенных по профилю, допустила 7 ошибок из 61 анкеты, что составляет 89 % достоверности, а по группе не по педагогическому профилю – лишь 2 ошибки из 19 анкет, что составляет также 89 % достоверности. Итоговый средний результат по группам также составил 89 % (89 % и 89 %).

В свою очередь программа по алгоритму «логистическая регрессия» по группе трудоустроенных по профилю допустила 4 ошибки из 61 анкеты, что составляет 93 % достоверности, а по группе не по педагогическому профилю – 5 ошибок из 19 анкет, что составляет лишь 74 % достоверности. Итоговый средний результат по группам оказался ниже, чем в целом по всей выборке, а именно: 84 % (93 % и 74 %).

Контрольная проверка программы по модели алгоритма машинного обучения «catboost» выявила в целом по всей выборке лишь 85 % достоверности при реализации «валидационной выборки». Было зафиксировано 12 ошибок: 8 ошибок из 61 анкеты, что составляет 87 % достоверности, и 4 ошибки из 19 анкет, что составляет 79 % достоверности соответственно по группам трудоустройства. Итоговый средний результат по группам составил результат ниже, чем в целом по всей выборке, а именно: 83 % (87 % и 79 %).

В итоговом сравнении программа машинного обучения, разработанная на алгоритме «решающие деревья», показала наилучший результат в 89 % достоверности модели. Меньшие уровни достоверности при контрольной проверке получили алгоритмы «логистическая регрессия» – 84 % достоверности и «catboost» – 83 % достоверности. Следует особо подчеркнуть, что для реализации дальнейшей воспитательной стратегии со студентами, которые в будущем могут трудоустроиться не по профилю, очень важно наименьшее значение ошибок, допущенное программой по результату трудоустроенных не по профилю. Особенно важно, чтобы в группе трудоустроенных по профилю не попал ни один студент из группы профессионально занятых не по педагогическому профилю, т. е. достичь 0 % вероятности ошибочного прогноза по группе трудоустроенных не по педагогическому профилю. По данной группе к данному результату приблизилась программа, созданная на основе алгоритма «решающие деревья», с итогом лишь 2 ошибки из 19 анкет, что составило 89 %. Результативность прогноза по группе трудоустроенных не по педагогическому профилю тоже значительна. Тем не менее, ошибки, допущенные программами по данной группе, позволяют добавить студентов, потенциально трудоустроенных по профилю, в «группу риска». Однако дальнейшее активное воспитательное воздействие будет для них профилактическим, чтобы не уменьшить их мотивацию к работе в системе образования.

Для дальнейшего применения в практической деятельности разработанных моделей авторской программы были определены по 2-3 признака сравнения, статистически значимо не повлиявших на результаты прогнозирования. Данные признаки рекомендованы к исключению, что позволит частично оптимизировать будущий процесс по сбору и обработке анализируемого материала.

Таким образом, в результате экспериментальной работы выявлен наиболее точный метод интеллектуального прогнозирования в системе высшего педагогического образования, основанный на машинном обучении по алгоритму «решающие деревья». Разработанная в исследовании интеллектуальная модель, обученная с помощью данного алгоритма, создает благоприятные условия для индивидуализации системы трудоустройства выпускников педагогических профилей подготовки. На основе сравнения минимальных ошибок в прогнозировании с использованием «валидационной» выборки экспериментально доказана эффективность данного подхода, показавшего наивысшую точность в предвидении дальнейших событий

со студентами именно педагогического института. Практическое его внедрение позволило реализовать наиболее точный прогноз трудоустройства студентов-старшекурсников педагогических направлений, что в свою очередь позволит администрации педагогических факультетов более эффективно «отслеживать» студентов, имеющих предрасположенность вообще не быть профессионально занятым или трудоустроиться не по педагогическому профилю, и реализовать активное «точечное» воспитательное воздействие на каждого из них. А в конечном итоге совместно с комиссией по трудоустройству и представителями работодателей найти и выбрать подходящие условия по трудоустройству для данного контингента студентов.

Дискуссионные вопросы

В представленной статье предлагается инновационная технология прогнозирования занятости на системном уровне, основанная на машинном обучении, включая обучение, прогноз и оптимизацию признаков и параметров разработанных моделей. В исследовании предложены теоретические основы и практическое применение машинного обучения для увеличения точности прогноза и возможность прогнозирования будущих тенденций профессиональной занятости. При реализации системы эффективного интеллектуального трудоустройства педагогические институты смогут определять отправную точку для саморазвития и карьеры выпускников (Jiang et al., 2019), активно осуществлять обмены и сотрудничество в различных областях, рекомендовать работу выпускникам, осуществляя персонализированное воздействие, тем самым создавая хорошую платформу для трудоустройства выпускникам из «группы риска» (Fang, 2021; Qureshi et al., 2021). В работе с такими студентами необходимо приложить большие усилия, чтобы отслеживать и классифицировать, создавать банк данных таких выпускников, регистрировать их намерения трудоустройства, постоянно улучшать систему контроля за безработными выпускниками и в любое время помочь им найти работу (Li, 2020; Sulastri et al., 2015). В этом смысле машинное обучение с правильно подобранным алгоритмом обладает сильной и устойчивой способностью к интеллектуальному анализу, таким образом выбирая основные данные, которые влияют на изменение данных о занятости выпускников.

Самообучающиеся модели машинного обучения получили признание в практическом внедрении при прогнозировании значимости различных психологических и когнитивных показателей студентов (Anuar et al., 2020; Cope et al., 2021; Kolyada et al., 2021). Главный подход к проявлению достоверных взаимосвязей в анализируемых данных включает классификацию по соответствию того или иного признака сравнения к достоверному диапазону прогноза (Hussain M. et al., 2019; Khan et al., 2021; Yu, 2021). Правильно классифицированные признаки для процесса прогноза будущего и интеллектуальные алгоритмы для этого позволяют не только выявлять нужные закономерности в больших данных, но и продуктивно прогнозировать будущие процессы (Hu, 2021; Hussain S. et al., 2019; Ma, 2021; Qureshi et al., 2021).

Для составления практических рекомендаций системы трудоустройства после обучения в колледжах предлагается древовидный алгоритм машинного обучения для прогнозирования профессиональной занятости выпускников (Zhu & Gao, 2017). В исследованиях доказывается, что традиционный способ реализации трудоустройства не полностью удовлетворяет профессиональную потребность как студентов, так и работодателей и в целом рынок труда (Li & Zhang, 2020; Sukhbaatar et al., 2019). Необходим усовершенствованный сервисный механизм, способствующий более полному и качественному трудоустройству выпускников (Fang, 2021). Именно этим характеристикам, как показали результаты исследования, может

удовлетворять использование технологий машинного обучения при внедрении различных алгоритмов (Tang & Wang, 2017; Zhu & Gao, 2017), которые классифицируют и анализируют признаки по разным моделям прогнозов (Jiang et al., 2019; Masethe & Masethe, 2014; Xu, 2020). Используя технологию интеллектуального анализа данных, можно использовать закон массивной информации о занятости через быстрый и эффективный расчет для увеличения предсказуемости стремления студентов к трудоустройству (Sukhbaatar et al., 2019).

Большинство колледжей ежегодно выпускают отчеты о качестве занятости, но эти данные не используются в полной мере для улучшения руководства по трудоустройству (Кнох, 2020). Благодаря машинному анализу и интеллектуальным суждениям результаты прогнозирования занятости могут предоставить научную, понятную и доступную информацию, а также справочные материалы для администрации образовательного учреждения и соответствующего персонала для последующего системного решения проблемы трудоустройства выпускников педагогических профилей (Kasprzhak, 2013; Li & Zhang, 2020). Алгоритм машинного обучения с минимальным процентом ошибки позволяет наиболее точно выявлять студентов – будущих выпускников педагогического института, которые в будущем не будут трудоустроены по педагогическому профилю обучения или вообще не будут профессионально заняты.

Несмотря на то что некоторые исследования показывают, что нейронные сети при реализации машинного обучения имеют более высокую точность прогнозирования и могут более эффективно прогнозировать долгосрочные и краткосрочные динамические тенденции данных о занятости выпускников (Li, 2020; Li & Yang, 2021), результаты данного исследования доказали, что применение конкретного алгоритма машинного обучения может показать низкий уровень вероятности ошибки, что доказывает ее применимость и эффективность в прогнозировании данных о трудоустройстве выпускников. Хотя глубокое обучение в нейронных сетях и применение алгоритмов машинного обучения широко используется в мире и здесь фиксируются большие успехи во многих областях искусственного интеллекта (Hu, 2021; Yu, 2021), таких как распознавание речи и автоматическое вождение, его прикладных исследований в области прогнозирования занятости выпускников образовательных учреждений по-прежнему относительно мало (Miao, 2020; Wang & Zhan, 2021). Именно настоящее исследование восполняет данный пробел в педагогической науке и может быть использовано для методических рекомендаций при построении эффективной модели прогнозирования трудоустройства выпускников педагогических направлений на основе технологий искусственного интеллекта.

Выполненное экспериментальное исследование имеет ряд ограничений, связанных с незначительным, но допустимым объемом персонализированных данных выпускников конкретного образовательного учреждения. Для получения более достоверных математико-статистических результатов необходима более масштабная выборка выпускников педагогических профилей подготовки. Также необходимы новые данные по другим признакам, таким как социальный слой, материальный статус семьи и др., что требует дальнейшего сбора данных, а не только архивных материалов. Программа, разработанная в исследовании, может быть достоверно использована только в процессе прогноза профессиональной занятости выпускников регионального педагогического факультета, института или университета. Социальные и персонализированные характеристики студентов педагогических профилей других университетов могут значимо отличаться, что в дальнейшем определит вектор доработки программы через включение новых признаков для сравнения абитуриентов, студентов и выпускников педагогической сферы.

Выводы

Таким образом, в исследовании разработана интеллектуальная программа, которая позволяет обрабатывать данные абитуриентов и студентов педагогического института и получать точный прогноз с незначительной вероятностью ошибки. На основе использования прогнозного моделирования через классификацию будущих данных с помощью машинного обучения после эксперимента определены будущие траектории профессионального трудоустройства выпускников. При реализации эксперимента использован авторский комплекс различных алгоритмов машинного обучения для прогнозирования трудоустройства через интеллектуальную обработку данных. В результате проведения экспериментального сравнительного исследования предложенные алгоритмы машинного обучения показали различные результаты достоверности при реализации прогноза. Алгоритм «решающие деревья» показал наилучший результат – всего 11 % вероятности ошибки по всем исследуемым направлениям. Разработанная программа позволяет реализовать наиболее точный прогноз трудоустройства студентов-старшекурсников: из 80 прогнозов 71 является точным. Чем меньше процент вероятности ошибки по группе выпускников, не трудоустроенных по профилю, тем более значима для практической деятельности разработанная модель машинного обучения. Экспериментальное исследование показало, что для более эффективного раннего определения студентов «группы риска», которые в будущем не трудоустроятся по профилю обучения, необходимо использовать алгоритм машинного обучения «решающие деревья». Внедрение данного алгоритма машинного обучения позволяет наиболее точно, с меньшим процентом вероятности ошибки выявить группы студентов, которые не будут трудоустроены по профилю обучения. В связи с этим внедрение алгоритма машинного обучения «решающие деревья» наиболее подходит для прогнозирования трудоустройства выпускников педагогического профиля. Апробированные в исследовании алгоритмы машинного обучения «логистическая регрессия» и «catboost» показали менее точные результаты и выдали большее количество ошибок при анализе с помощью «валидационной выборки». Для более достоверного определения эффективности того или иного алгоритма необходимы более объемные выборки студентов различных образовательных учреждений высшего образования педагогического профиля.

Комментарии об открытом доступе к данным, этике и конфликте интересов

Доступ к анализируемым данным является открытым, большие данные, указанные в статье, являются результатом собственного эмпирического авторского исследования автора. Экспериментальная работа проводилась в соответствии с этическими нормами и правилами. Работа выполнена автором самостоятельно по статьям и публикациям, расположенным в открытом доступе, все ссылки оформлены. Конфликт интересов отсутствует.

Список литературы

- Елшанский, С. П. Школа будущего: может ли искусственный интеллект обеспечить когнитивную эффективность обучения? // Вестник Томского государственного университета. – 2021. – № 462. – С. 192-201. DOI:10.17223/15617793/462/23
- Каспржак, А. Г. Институциональные тупики российской системы подготовки учителей // Вопросы образования. – 2013. – № 4. – С. 261-282.
- Коляда, М. Г., Белых, С. И., Бугаева, Т. И., Олейник, О. С. Использование метода искусственного интеллекта для выявления психолого-педагогических аномалий в физкультур-

- но-спортивной деятельности // Теория и практика физической культуры. – 2021. – № 9. – С. 66-69.
- Наговицын, Р. С., Максимов, Ю. Г., Мирошниченко, А. А., Сенатор, С. Ю. Реализация дидактической модели подготовки студентов к новаторству в процессе непрерывного образования будущего учителя // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2017. – Т. 7. – № 5. – С. 7-24. – DOI:10.15293/2226-3365.1705.01
- Akundi, S. H., Soujanya, R., Madhuri, P. M. Big Data Analytics in Health care using Machine Learning Algorithms: A Comparative Study // International Journal of Online and Biomedical Engineering. – 2020. – Vol. 16. – No. 13. – P. 19-32. – DOI:10.3991/ijoe.v16i13.18609
- Anuar, N. N., Hafifah, A. H., Zubir, S. M., Noraidatulakma, A., Rosmina, J., Ain, M. Y. N., Akma, H. M., Farawahida, Z. N., Shawani, K. A. A., Syakila, M. A. D. Arman, K. M., Rahman, A. J. Cardiovascular Disease Prediction from Electrocardiogram by Using Machine Learning // International Journal of Online and Biomedical Engineering. – 2020. – Vol. 16. – No. 7. – P. 34-48. – DOI:10.3991/ijoe.v16i07.13569
- Bin, P. Analysis of Influence Factors on Current Employment Ability of Agriculture and Forestry University Students // Journal of Anhui Agricultural Sciences. – 2012. – No. 08. – P. 5056-5058
- Cope, B., Kalantzis, M., Sears, D. Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies // Educational Philosophy and Theory. – 2021. – Vol. 53. – No. 12. – P. 1229-1245. – DOI:10.1080/00131857.2020.1728732
- Fang, F. Research on the Application of Information Data Classification in Employment Guidance for Higher Vocational Students / ed. by Jan M.A., Khan F. // Application of Big Data, Blockchain, and Internet of Things for Education Informatization. BigIoT-EDU 2021. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering. – Springer, Cham, 2021. – DOI:10.1007/978-3-030-87903-7_50
- Hu, J. Teaching Evaluation System by use of Machine Learning and Artificial Intelligence Methods // International Journal of Emerging Technologies in Learning. – 2021. – Vol. 16. – No. 5. – P. 87-101. DOI:10.3991/ijet.v16i05.20299
- Hussain, M., Zhu, W., Zhang, W., Abidi, R., Ali, S. Using machine learning to predict student difficulties from learning session data // Artificial Intelligence Review. – 2019. – Vol. 52. – No. 1. – P. 381-407. DOI:10.1007/s10462-018-9620-8
- Hussain, S., Muhsin, Z., Salal, Y., Theodorou, P., Kurtoglu, F., Hazarika, G. Prediction Model on Student Performance based on Internal Assessment using Deep Learning // International Journal of Emerging Technologies in Learning. – 2019. – Vol. 14. – No. 8. – P. 4-22. – DOI:10.3991/ijet.v14i08.10001
- Jiang, Z. T., Yuan, Z. S., Yan, R. L. College Students Employment Forecasting Model Based on IAFSA-BP Parallel Integrated Learning Algorithm // Value Engineering. – 2019. – Vol. 38. – No. 19. – P. 232-234.
- Khan, I., Ahmad, A. R., Jabeur, N., Mahdi, M. N. A Conceptual Framework to Aid Attribute Selection in Machine Learning Student Performance Prediction Models // International Journal of Interactive Mobile Technologies. – 2021. – Vol. 15. – No. 15. – P. 4-19. –DOI:10.3991/ijim.v15i15.20019
- Knox, J. Artificial intelligence and education in China. Learning, Media and Technology. – 2020. – Vol. 45. – No. 3. – P. 298-311. – DOI:10.1080/17439884.2020.1754236
- Li, H. Y., Zhang, Y. Research on Employment Prediction and Fine Guidance based on Decision Tree Algorithm under the Background of Big Data // Journal of Physics Conference Series. – 2020. – No. 1601. – 032007. – DOI:10.1088/1742-6596/1601/3/032007
- Li, Q., Sun, Y., Jiao, Y. F., Gao, C., Wang, M. J. Graduate employment forecast technique based on HMIGW feature selection and XGBoost // Computer System Applications. – 2019. – Vol. 28. – No. 06. – P. 205-210.
- Li, X., Yang, T. Forecast of the Employment Situation of College Graduates Based on the LSTM Neural Network // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2021. – 5787355. – DOI:10.1155/2021/5787355
- Li, Y. Research on the application of decision tree ID3 algorithm in employment forecast of higher vocational graduates // Information and Computer (Theoretical Edition). – 2020. – Vol. 459. – No. 17. – P. 58-60.

- Ma, J. Intelligent Decision System of Higher Educational Resource Data Under Artificial Intelligence Technology // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2021. – Vol. 16. – No. 5. – P. 130-146. – DOI:10.3991/ijet.v16i05.20305
- Masethe, M. A., Masethe, H. D. Prediction of Work Integrated Learning Placement Using Data Mining Algorithms // *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*. – 2014. – No. I. – P. 353-357.
- Miao, K. Research on graduate employment forecast based on decision tree algorithm // *Computer Programming Skills and Maintenance*. – 2020. – Vol. 418. – No. 4. – P. 66-69.
- Murthy, V. G., SwathiReddy, M., Balakrishna, G. Big Data Analytics for Popularity Prediction // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – No. 1228. – P. 012051. – DOI:10.1088/1742-6596/1228/1/012051
- Nagovitsyn, R. S., Bartosh, D. K., Ratsimor, A. Y., Maksimov, Y. G. Formation of social tolerance among future teachers // *European Journal of Contemporary Education*. – 2018. – Vol. 7. – No. 4. – P. 754-763. – DOI:10.13187/ejced.2018.4.754
- Qureshi, M. I., Khan, N., Raza, H., Imran, A., Ismail, F. Digital Technologies in Education 4.0. Does it Enhance the Effectiveness of Learning? A Systematic Literature Review // *International Journal of Interactive Mobile Technologies*. – 2021. – Vol. 15. – No. 04. – P. 31-47. –DOI:10.3991/ijim.v15i04.20291
- Rajak, A., Shrivastava, A. K., Vidushi. Applying and comparing machine learning classification algorithms for predicting the results of students // *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*. – 2020. – Vol. 23. – No. 2. – P. 419-427. – DOI:10.1080/09720529.2020.1728895
- Renz, A., Krishnaraja, S., Gronau, E. Demystification of Artificial Intelligence in Education – How much AI is really in the Educational Technology? // *International Journal of Learning Analytics and Artificial Intelligence for Education*. – 2020. – Vol. 2. – No. 1. – P. 14-30. –DOI:10.3991/ijai.v2i1.12675
- Sukhbaatar, O., Usagawa, T., Choimaa, L. An Artificial Neural Network Based Early Prediction of Failure-Prone Students in Blended Learning Course // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2019. – Vol. 14. – No. 19. – P. 77-92. – DOI:10.3991/ijet.v14i19.10366
- Sulastri, A., Handoko, M., Janssens, J. M. A. M. Grade point average and biographical data in personal resumes: predictors of finding employment // *International Journal of Adolescence and Youth*. – 2015. – Vol. 20. – No. 3. – P. 306-316. – DOI:10.1080/02673843.2014.996236
- Tang, Y., Wang, P. Study on employment forecasting of graduates of traditional Chinese medicine based on C4.5 and random forest algorithm // *China Medical Herald*. – 2017. – Vol. 14. – No. 24. – P. 166-169.
- Wang, J., Zhan, Q. Visualization Analysis of Artificial Intelligence Technology in Higher Education Based on SSCI and SCI Journals from 2009 to 2019 // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2021. – Vol. 16. – 8. – P. 20-33. –DOI:10.3991/ijet.v16i08.18447
- Xiaodong, M., Ping, J., Jianrong, W., Lingxi, P. Application of decision tree based on multi-scale rough set model in university employment data analysis // *Journal of South China Normal University*. – 2014. – Vol. 46. – No. 4. – P. 31-36.
- Xu, H. Forecast of employment situation of Chinese college graduates based on BP neural network // *Electronic Technology and Software Engineering*. – 2020. – Vol. 185. – No. 15. – P. 203-204.
- Yu, J. Academic Performance Prediction Method of Online Education using Random Forest Algorithm and Artificial Intelligence Methods // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. – 2021. – Vol. 16. – No. 5. – P. 45-57. – DOI:10.3991/ijet.v16i05.20297
- Zhu, Q. S., Gao X. Model of College Students' Emolument Prediction Based on the Classification Algorithm with Natural Neighbor. *Computer Systems & Applications*. – 2017. – Vol. 26. – No. 08. – P. 190-194. – DOI:10.15888/j.cnki.csa.005906

References

- Akundi, S. H., Soujanya, R., & Madhuri, P. M. (2020). Big Data Analytics in Healthcare using Machine Learning Algorithms: A Comparative Study. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 16(13), 19-32. <http://doi.org/10.3991/ijoe.v16i13.18609>
- Anuar, N. N., Hafifah, A. H., Zubir, S. M., Noraidatulakma, A., Rosmina, J., Ain, M. Y. N., Akma, H. M., Farawahida, Z. N., Shawani, K. A. A., Syakila, M. A. D., Arman, K. M., & Rahman, A. J.

- (2020). Cardiovascular Disease Prediction from Electrocardiogram by Using Machine Learning. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 16(7), 34-48. <http://doi.org/10.3991/ijoe.v16i07.13569>
- Bin, P. (2012). Analysis of Influence Factors on Current Employment Ability of Agriculture and Forestry University Students. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 08, 5056-5058.
- Cope, B., Kalantzis, M., & Searsmith, D. (2021). Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. *Educational Philosophy and Theory*, 53(12), 1229-1245. <http://doi.org/10.1080/00131857.2020.1728732>
- Elshansky, S. P. (2021). School of the Future: Can Artificial Intelligence Provide Cognitive Learning Efficiency? *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*, 462, 192-201. <http://doi.org/10.17223/15617793/462/23>
- Fang, F. (2021). Research on the Application of Information Data Classification in Employment Guidance for Higher Vocational Students. In Jan, M.A., Khan, F. (Eds.), *Application of Big Data, Blockchain, and Internet of Things for Education Informatization. BigIoT-EDU 2021. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, vol 392. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87903-7_50
- Hu, J. (2021). Teaching Evaluation System by use of Machine Learning and Artificial Intelligence Methods. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(5), 87-101. <http://doi.org/10.3991/ijet.v16i05.20299>
- Hussain, M., Zhu, W., Zhang, W., Abidi, R., & Ali, S. (2019). Using machine learning to predict student difficulties from learning session data. *Artificial Intelligence Review*, 52(1), 381-407. <http://doi.org/10.1007/s10462-018-9620-8>
- Hussain, S., Muhsin, Z., Salal, Y., Theodorou, P., Kurtoğlu, F., & Hazarika, G. (2019). Prediction Model on Student Performance based on Internal Assessment using Deep Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(8), 4-22. <http://doi.org/10.3991/ijet.v14i08.10001>
- Jiang, Z. T., Yuan, Z. S., & Yan, R. L. (2019). College Students Employment Forecasting Model Based on IAFSA-BP Parallel Integrated Learning Algorithm. *Value Engineering*, 38(19), 232-234.
- Kasprzhak, A. (2013). Institutional Deadlocks of the Russian Teacher Training System. *Voprosy obrazovaniya – Educational Studies Moscow*, 4, 261-282.
- Khan, I., Ahmad, A. R., Jabeur, N., & Mahdi, M. N. (2021). A Conceptual Framework to Aid Attribute Selection in Machine Learning Student Performance Prediction Models. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(15), 4-19. <http://doi.org/10.3991/ijim.v15i15.20019>
- Knox, J. (2020). Artificial intelligence and education in China. *Learning, Media and Technology*, 45(3), 298-311. <http://doi.org/10.1080/17439884.2020.1754236>
- Kolyada, M. G., Belykh, S. I., Bugayova, T. I., & Oleinik, O.S. (2021). Artificial intelligence method to detect psychological and pedagogical anomalies in physical education and sports activities. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury – Theory and Practice of Physical Culture*, 9, 66-69.
- Li, H. Y., & Zhang, Y. (2020). Research on Employment Prediction and Fine Guidance based on Decision Tree Algorithm under the Background of Big Data. *Journal of Physics Conference Series*, 1601, 032007. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1601/3/032007>
- Li, Q., Sun, Y., Jiao, Y. F., Gao, C., & Wang, M. J. (2019). Graduate employment forecast technique based on HMIGW feature selection and XGBoost. *Computer System Applications*, 28(06), 205-210.
- Li, X., & Yang, T. (2021). Forecast of the Employment Situation of College Graduates Based on the LSTM Neural Network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 5787355. <http://doi.org/10.1155/2021/5787355>
- Li, Y. (2020). Research on the application of decision tree ID3 algorithm in employment forecast of higher vocational graduates. *Information and Computer (Theoretical Edition)*, 459(17), 58-60.
- Ma, J. (2021). Intelligent Decision System of Higher Educational Resource Data Under Artificial Intelligence Technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(5), 130-146. <http://doi.org/10.3991/ijet.v16i05.20305>
- Masethe, M. A., & Masethe, H. D. (2014). Prediction of Work Integrated Learning Placement Using Data Mining Algorithms. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, I, WCECS, 353-357.

- Miao, K. (2020). Research on graduate employment forecast based on decision tree algorithm. *Computer Programming Skills and Maintenance*, 418(4), 66-69.
- Murthy, V. G., SwathiReddy, M., & Balakrishna, G. (2019). Big Data Analytics for Popularity Prediction. *Journal of Physics: Conference Series*. 1228, 012051. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1228/1/012051>
- Nagovitsyn, R. S., Bartosh, D. K., Ratsimor, A.Y., & Maksimov, Y. G. (2018). Formation of social tolerance among future teachers. *European Journal of Contemporary Education*, 7(4), 754-763. <http://doi.org/10.13187/ejced.2018.4.754>
- Nagovitsyn, R. S., Maksimov, Y. G., Miroshnichenko, A. A., & Senator, S. J. (2017). Implementation of the didactic model of preparing students for innovative practice within the framework of continuing teacher education. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 7(5), 7-24. <http://doi.org/10.15293/2226-3365.1705.01>
- Qureshi, M. I., Khan, N., Raza, H., Imran, A., & Ismail, F. (2021). Digital Technologies in Education 4.0. Does it Enhance the Effectiveness of Learning? A Systematic Literature Review. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(04), 31-47. <http://doi.org/10.3991/ijim.v15i04.20291>
- Rajak, A., Shrivastava, A. K., & Vidushi (2020). Applying and comparing machine learning classification algorithms for predicting the results of students. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 23(2), 419-427. <http://doi.org/10.1080/09720529.2020.1728895>
- Renz, A., Krishnaraja, S., & Gronau, E. (2020). Demystification of Artificial Intelligence in Education – How much AI is really in the Educational Technology? *International Journal of Learning Analytics and Artificial Intelligence for Education*, 2(1), 14-30. <http://doi.org/10.3991/ijai.v2i1.12675>
- Sukhbaatar, O., Usagawa, T., & Choimaa, L. (2019). An Artificial Neural Network Based Early Prediction of Failure-Prone Students in Blended Learning Course. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(19), 77-92. <http://doi.org/10.3991/ijet.v14i19.10366>
- Sulastri, A., Handoko, M., & Janssens, J. M. A. (2015). Grade point average and biographical data in personal resumes: predictors of finding employment. *International Journal of Adolescence and Youth*, 20(3), 306-316. <http://doi.org/10.1080/02673843.2014.996236>
- Tang, Y., & Wang, P., (2017). Study on employment forecasting of graduates of traditional Chinese medicine based on C4.5 and random forest algorithm. *China Medical Herald*, 14(24), 166-169.
- Wang, J., & Zhan, Q. (2021). Visualization Analysis of Artificial Intelligence Technology in Higher Education Based on SSCI and SCI Journals from 2009 to 2019. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(8), 20-33. <http://doi.org/10.3991/ijet.v16i08.18447>
- Xiaodong, M., Ping, J., Jianrong, W., & Lingxi, P. (2014). Application of decision tree based on multi-scale rough set model in university employment data analysis. *Journal of South China Normal University*, 46(4), 31-36.
- Xu, H. (2020). Forecast of employment situation of Chinese college graduates based on BP neural network. *Electronic Technology and Software Engineering*, 185(15), 203-204.
- Yu, J. (2021). Academic Performance Prediction Method of Online Education using Random Forest Algorithm and Artificial Intelligence Methods. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(5), 45-57. <http://doi.org/10.3991/ijet.v16i05.20297>
- Zhu, Q. S., & Gao, X. (2017). Model of College Students' Emolument Prediction Based on the Classification Algorithm with Natural Neighbor. *Computer Systems & Applications*, 26(08), 190-194. <http://doi.org/10.15888/j.cnki.csa.005906>