



REVIEW
of the scientific consultant for the dissertation work of
Bakirova Gulnaz Sailauovna
"Development of models and methods using
Federated Machine Learning",
submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) on educational program:
8D06102 - Computer and Software Engineering

Relevance of the Research Topic

This research is particularly valuable in the context of modern machine learning techniques, such as federated learning. Federated learning is an essential approach for analyzing sensitive and distributed data, making it especially useful for applications in educational and medical institutions. Unlike traditional machine learning models that require centralized data collection, federated learning ensures data privacy by allowing decentralized model training while preserving confidentiality. Moreover, it addresses challenges related to non-IID data (non-independent and identically distributed), accommodating the diversity of individual students and enhancing the accuracy of predictions and decision-making processes.

The modern educational process is associated with high mental and emotional stress on students, significantly increasing the risk of emotional burnout syndrome. This condition negatively impacts academic performance, motivation, and overall quality of life, making it a critical issue in both education and healthcare. Given these challenges, research focused on developing solutions to mitigate emotional burnout is highly relevant.

The rapid advancement of technology and the digitalization of education have created new opportunities for analyzing factors influencing students' psychological well-being. Among these factors are nutrition, physical activity, sleep patterns, and learning intensity. A comprehensive analysis of such data allows for identifying key correlations that affect student well-being, enabling the development of personalized recommendations to improve mental and emotional health.

Thus, the relevance of this research is twofold:

1. It addresses the urgent need for solutions to prevent emotional burnout among students.
2. It leverages advanced data analysis techniques, such as federated learning, to enhance psychological and emotional well-being.

By integrating innovative methodologies with real-world challenges, this study contributes to both the educational and healthcare sectors, offering a potential pathway for more personalized and effective interventions.

Purpose of the Dissertation Research and Scientific Results

The research is of particular importance in the context of applying modern machine learning techniques such as federated learning. This approach is relevant for analyzing sensitive and distributed data, which makes it especially useful in educational and medical institutions. The application of federated learning allows taking into account the heterogeneity of data (non-IID) and the characteristics of each participant, increasing the accuracy of predictions and the quality of decision-making.

The results of the study have practical significance for educational institutions, providing an opportunity to develop measures to support students based on predictions of their psychoemotional state. This allows timely identification of students at risk of emotional burnout and taking measures to reduce negative consequences, such as psychological support or adjustment of study load. Predicting students' psycho-emotional state based on data on nutrition, sleep, physical activity and study load contributes to the creation of personalized recommendations, improving students' well-being and learning efficiency. The use of federated learning algorithms ensures the security of

sensitive data processing, eliminating the transfer of raw data between nodes and complying with the requirements of legislation on the protection of personal information.

As an example of this study we use to develop approaches and methodologies for predicting students' psycho-emotional states based on the analysis of heterogeneous data, including nutrition, physical activity, sleep patterns, and academic workload intensity, using federated learning algorithms. The research focuses on identifying key factors influencing emotional burnout and creating personalized solutions for its prevention.

Scientific Results

During the course of the dissertation research, several significant results were achieved:

Development of a Methodology for Analyzing Heterogeneous Student Data: Key data categories were identified, including nutrition (meals such as breakfast, lunch, and dinner), physical activity (intensity and duration), sleep patterns (measured in wellbeing hours), and academic workload. The collected data underwent pre-processing and visualization, which enabled a comprehensive assessment of how each factor contributes to students' emotional states.

Application and Analysis of Federated Learning Algorithms: The study adapted and evaluated the effectiveness of several federated learning algorithms, including FedAvg, FedOpt, and FedProx, for processing heterogeneous data. The comparative analysis revealed: FedProx demonstrated the highest initial accuracy and stability when handling heterogeneous data. FedOpt achieved faster convergence compared to the other models. FedAvg exhibited a stable increase in accuracy throughout the training process.

Development of a Predictive Model for Students' Psycho-Emotional Well-Being: A federated machine learning model was developed to integrate diet, sleep, physical activity, and study load data for predicting emotional burnout levels. Using evaluation metrics such as Mean Squared Error (MSE), R^2 , accuracy, recall, and F1-score, the model achieved high predictive accuracy, reaching up to 99% by the 10th round of training.

Creation of a Data Visualization System: A comprehensive data visualization system was developed, incorporating graphical reports (histograms, boxplots, etc.). This system enables comparative analysis of various factors influencing emotional burnout, allowing educators and decision-makers to derive meaningful insights from the data.

Practical Significance of the Results

The findings of this study hold significant practical value for educational institutions, offering a framework for developing targeted student support measures based on predictive insights into their psycho-emotional states. This approach enables the early identification of students at risk of emotional burnout, allowing timely interventions such as psychological support services or academic workload adjustments to mitigate negative consequences.

By leveraging data on nutrition, sleep patterns, physical activity, and academic workload, the predictive model facilitates the development of personalized recommendations aimed at enhancing student well-being and improving learning outcomes. The integration of federated learning algorithms ensures the secure processing of sensitive data, eliminating the need for raw data transfer between nodes and ensuring compliance with data protection regulations and privacy laws. The developed system is highly adaptable and can be customized for various educational institutions, providing scalable solutions and efficient data processing, even in environments with limited computational resources. Additionally, the methodology and predictive model can be seamlessly integrated with existing Learning Management Systems (LMS) to automate data collection and generate real-time recommendations for student support.

Furthermore, the data analysis and visualization tools developed in this research provide valuable insights for long-term strategic planning and the implementation of programs focused on improving student mental health and well-being. Beyond the education sector, this approach has

broader applicability in corporate environments, healthcare, and sports organizations, where personalized recommendations can enhance mental health monitoring, performance optimization, and overall well-being.

Novelty and Contribution

The results obtained in this study are novel in both theoretical and practical terms. The research not only advances the application of federated learning in psycho-emotional state prediction but also provides a framework for personalized, data-driven interventions aimed at improving students' well-being while maintaining high standards of privacy and security.

Degree of Reliability and Validity of Scientific Results

The validity and reliability of the scientific results in this research are ensured by multiple factors, including comprehensive data analysis, the use of heterogeneous data sources, and the application of modern data processing techniques. The study incorporates diverse factors such as nutrition, physical activity, sleep patterns, and study load, with data subjected to rigorous cleaning, normalization, and visualization processes to enhance its accuracy and interpretability.

The application of scientifically recognized algorithms such as FedAvg, FedOpt, and FedProx ensures the correctness of the federated learning methodology. These algorithms, widely validated in the field, were used for heterogeneous data analysis, demonstrating high accuracy and stable model convergence. The study employed an integrated evaluation framework, utilizing metrics such as accuracy, recall, F1-score, MSE, and R^2 , to objectively assess the performance of different models. A comparative analysis of the algorithms further highlighted their strengths and weaknesses across various heterogeneous data scenarios, allowing for an in-depth understanding of their applicability.

The practical validation of the research findings was achieved through extensive testing across multiple datasets and repeated experimental runs, reinforcing the reproducibility of results. The research methodology aligns with modern analytical techniques, ensuring that the obtained results are scientifically sound, reproducible, and applicable to real-world scenarios.

Scientific and Practical Significance

The dissertation addresses a highly relevant and timely research topic—the use of federated learning algorithms for privacy-aware data analysis in education, healthcare, and related fields. The findings of this study have substantial scientific and practical significance, as the proposed approach can serve as a reference model for implementation in educational institutions, medical organizations, and other sectors. By leveraging this approach, institutions can enhance data-driven decision-making, support mental well-being, and develop targeted strategies to prevent emotional burnout. The results of this study hold significant scientific and practical value, as the developed approach can serve as a reference model for implementation in educational institutions, medical organizations, and other sectors to help prevent emotional burnout and improve well-being.

The author has successfully achieved the stated research objectives, demonstrating a high level of professionalism, a strong scientific approach, and the ability to address pressing research problems. The dissertation structure, research methods, and obtained results are cohesive and fully aligned with the research purpose and objectives, reflecting internal consistency and scientific rigor.

Academic Contributions and Doctoral Qualification


Throughout the dissertation process, the doctoral candidate Bakirova G.S. has demonstrated remarkable growth as a researcher, evolving into a mature specialist capable of independently identifying and solving complex scientific problems. The candidate has exhibited high

professionalism, responsibility, and autonomy, reflecting her ability to contribute meaningfully to the field.

Furthermore, the doctoral student has successfully published the required number of scientific papers, and the research results have been presented and validated at international conferences, further strengthening the credibility and impact of the study.

Thus, this dissertation is recommended for the awarding of the Doctor of Philosophy (PhD) degree in the educational program 8D06102 - Computer and Software Engineering.

Associate Professor,
College of Computing and Informatics,
Universiti Tenaga Nasional,
Kajang, Selangor, Malaysia.

 Nor'ashikin Binti Ali

COLLEGE OF GRADUATE STUDIES
UNIVERSITI TENAGA NASIONAL
Putrajaya Campus
Jalan IKRAM - UNITEN
43000 Kajang,
Selangor, Malaysia
Tel : (603) 8921 2020
Fax : (603) 8921 2065
E-mail : postgrad@uniten.edu.my

ОТЗЫВ

научного консультанта по диссертационной работе
Бакировой Гульназ Сайлауовны
"Разработка моделей и методов с применением
федеративного машинного обучения",
представленной на соискание ученой степени доктора философских наук (PhD)
по образовательной программе: 8D06102 - Компьютерная и программная инженерия

Актуальность темы исследования

Это исследование особенно ценно в контексте современных методов машинного обучения, таких как федеративное обучение. Федеративное обучение - важный подход к анализу конфиденциальных и распределенных данных, что делает его особенно полезным для применения в образовательных и медицинских учреждениях. В отличие от традиционных моделей машинного обучения, требующих централизованного сбора данных, федеративное обучение обеспечивает конфиденциальность данных, позволяя децентрализованно обучать модели, сохраняя при этом конфиденциальность. Кроме того, оно решает проблемы, связанные с неидентичными данными (независимыми и идентично распределенными), учитывает разнообразие индивидуальных особенностей учащихся и повышает точность прогнозов и процессов принятия решений.

Современный образовательный процесс связан с высокими психическими и эмоциональными нагрузками на студентов, что значительно повышает риск развития синдрома эмоционального выгорания. Это состояние негативно сказывается на успеваемости, мотивации и общем качестве жизни, что делает его критически важной проблемой как в образовании, так и в здравоохранении. Учитывая эти проблемы, исследования, направленные на разработку решений по смягчению эмоционального выгорания, являются весьма актуальными.

Стремительное развитие технологий и цифровизация образования создали новые возможности для анализа факторов, влияющих на психологическое благополучие учащихся. Среди этих факторов - питание, физическая активность, режим сна и интенсивность обучения. Комплексный анализ таких данных позволяет выявить ключевые взаимосвязи, влияющие на самочувствие учащихся, и разработать индивидуальные рекомендации по улучшению психического и эмоционального здоровья.

Таким образом, Актуальность данного исследования проявляется в двух аспектах:

1. В ней рассматривается насущная потребность в решениях по предотвращению эмоционального выгорания среди студентов.
2. Она использует передовые методы анализа данных, такие как объединенное обучение, для повышения психологического и эмоционального благополучия.

Благодаря интеграции инновационных методик с реальными задачами, данное исследование вносит вклад как в сферу образования, так и в сферу здравоохранения, предлагая потенциальный путь к более персонализированным и эффективным вмешательствам.

Цель диссертационного исследования и научные результаты

Исследование имеет особое значение в контексте применения современных методов машинного обучения, таких как федеративное обучение. Этот подход актуален для анализа конфиденциальных и распределенных данных, что делает его особенно полезным в образовательных и медицинских учреждениях. Применение федеративного обучения

позволяет учитывать неоднородность данных (pop-PPD) и особенности каждого участника, повышая точность прогнозов и качество принимаемых решений.

Результаты исследования имеют практическую значимость для образовательных учреждений, предоставляя возможность разрабатывать меры поддержки студентов на основе прогноза их психоэмоционального состояния. Это позволяет своевременно выявлять студентов с риском эмоционального выгорания и принимать меры по снижению негативных последствий, такие как психологическая поддержка или корректировка учебной нагрузки. Прогнозирование психоэмоционального состояния студентов на основе данных о питании, сне, физической активности и учебной нагрузке способствует созданию персонализированных рекомендаций, улучшению самочувствия студентов и повышению эффективности обучения. Использование алгоритмов федеративного обучения обеспечивает безопасность обработки конфиденциальных данных, исключая передачу исходных данных между узлами и соблюдая требования законодательства о защите персональных данных.

В качестве примера данного исследования мы используем разработку подходов и методик прогнозирования психоэмоционального состояния студентов на основе анализа разнородных данных, включая питание, физическую активность, режим сна и интенсивность академической нагрузки, с использованием алгоритмов федеративного обучения. Исследование направлено на выявление ключевых факторов, влияющих на эмоциональное выгорание, и создание персонализированных решений для его профилактики.

Научные результаты

В ходе диссертационного исследования было достигнуто несколько значимых результатов:

Разработка методологии анализа разнородных данных о студентах: Были определены ключевые категории данных, включая питание (приемы пищи, такие как завтрак, обед и ужин), физическую активность (интенсивность и продолжительность), режим сна (измеряется в часах хорошего самочувствия) и академическую нагрузку. Собранные данные подверглись предварительной обработке и визуализации, что позволило всесторонне оценить, как каждый фактор влияет на эмоциональное состояние студентов.

Применение и анализ алгоритмов федеративного обучения: В ходе исследования была проведена адаптация и оценка эффективности нескольких алгоритмов федеративного обучения, включая FedAvg, FedOpt и FedProx, для обработки гетерогенных данных. Сравнительный анализ показал, что: FedProx продемонстрировала самую высокую начальную точность и стабильность при работе с разнородными данными. FedOpt достигла более быстрой сходимости по сравнению с другими моделями. FedAvg продемонстрировала стабильное увеличение точности на протяжении всего процесса обучения..

Разработка предиктивной модели психоэмоционального благополучия студентов: Была разработана федеративная модель машинного обучения, объединяющая данные о питании, сне, физической активности и учебной нагрузке для прогнозирования уровня эмоционального выгорания: Используя такие показатели оценки, как средняя квадратичная ошибка (MSE), R^2 , точность, отзыв и F1-score, модель достигла высокой точности прогнозирования, достигающей до 99 % к 10-му раунду обучения.

Создание системы визуализации данных: Была разработана комплексная система визуализации данных, включающая в себя графические отчеты (гистограммы, боксплоты и т.д.). Эта система позволяет проводить сравнительный анализ различных факторов, влияющих на эмоциональное выгорание, что позволяет педагогам и лицам, принимающим решения, извлекать значимые выводы из полученных данных.

Практическая значимость результатов

Результаты данного исследования имеют важное практическое значение для образовательных учреждений, предлагая основу для разработки мер адресной поддержки

студентов, основанных на прогностическом понимании их психоэмоционального состояния. Такой подход позволяет выявлять студентов, подверженных риску эмоционального выгорания, на ранней стадии, что дает возможность своевременно принять такие меры, как оказание психологической поддержки или корректировка учебной нагрузки для смягчения негативных последствий.

Используя данные о питании, режиме сна, физической активности и академической нагрузке, прогностическая модель позволяет разрабатывать индивидуальные рекомендации, направленные на улучшение самочувствия студентов и повышение результатов обучения. Интеграция алгоритмов федеративного обучения обеспечивает безопасную обработку конфиденциальных данных, устраняя необходимость передачи необработанных данных между узлами и обеспечивая соответствие нормам защиты данных и законам о конфиденциальности.

Разработанная система обладает высокой адаптивностью и может быть адаптирована для различных учебных заведений, обеспечивая масштабируемые решения и эффективную обработку данных даже в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Кроме того, методология и прогностическая модель могут быть легко интегрированы с существующими системами управления обучением (LMS) для автоматизации сбора данных и генерации рекомендаций по поддержке студентов в режиме реального времени.

Кроме того, инструменты анализа и визуализации данных, разработанные в этом исследовании, позволяют получить ценные сведения для долгосрочного стратегического планирования и реализации программ, направленных на улучшение психического здоровья и благополучия учащихся. Помимо сферы образования, данный подход имеет более широкое применение в корпоративной среде, здравоохранении и спортивных организациях, где персонализированные рекомендации могут улучшить мониторинг психического здоровья, оптимизировать производительность и общее благополучие.

Новизна и вклад

Результаты, полученные в данном исследовании, являются новыми как с теоретической, так и с практической точки зрения. Исследование не только продвигает применение объединенного обучения в прогнозировании психоэмоционального состояния, но и обеспечивает основу для персонализированных, управляемых данными вмешательств, направленных на улучшение самочувствия учащихся при соблюдении высоких стандартов конфиденциальности и безопасности.

Степень достоверности и обоснованности научных результатов

Обоснованность и достоверность научных результатов исследования обеспечивается множеством факторов, включая комплексный анализ данных, использование разнородных источников информации и применение современных методов обработки данных. В исследовании учитываются различные факторы, такие как питание, физическая активность, режим сна и учебная нагрузка, а данные подвергаются тщательной очистке, нормализации и визуализации для повышения их точности и интерпретируемости.

Применение научно признанных алгоритмов, таких как FedAvg, FedOpt и FedProx, обеспечивает корректность методологии федеративного обучения. Эти алгоритмы, широко апробированные в данной области, были использованы для анализа разнородных данных, продемонстрировав высокую точность и стабильную сходимость моделей. Для объективной оценки эффективности различных моделей в исследовании использовалась комплексная система оценки, в которой применялись такие метрики, как точность, отзыв, F1-score, MSE и R^2 . Сравнительный анализ алгоритмов позволил выявить их сильные и слабые стороны в различных сценариях работы с гетерогенными данными, что дало возможность глубже понять их применимость.

Практическое подтверждение результатов исследования было достигнуто путем обширного тестирования на нескольких наборах данных и многократного проведения

экспериментов, что усилило воспроизводимость результатов. Методология исследования соответствует современным аналитическим методам, что обеспечивает научную обоснованность, воспроизводимость и применимость полученных результатов к реальным условиям.

Научное и практическое значение

Диссертация посвящена актуальной и своевременной теме исследования - использованию объединенных алгоритмов обучения для анализа данных с учетом конфиденциальности в образовании, здравоохранении и смежных областях. Результаты данного исследования имеют существенное научное и практическое значение, поскольку предложенный подход может служить эталонной моделью для внедрения в образовательных учреждениях, медицинских организациях и других отраслях. Используя этот подход, учреждения смогут улучшить процесс принятия решений на основе данных, поддержать психическое благополучие и разработать целенаправленные стратегии по предотвращению эмоционального выгорания. Результаты данного исследования имеют важное научное и практическое значение, поскольку разработанный подход может служить эталонной моделью для внедрения в образовательных учреждениях, медицинских организациях и других отраслях с целью профилактики эмоционального выгорания и улучшения благополучия.

Автор успешно справился с поставленными задачами исследования, продемонстрировав высокий уровень профессионализма, сильный научный подход и способность решать актуальные исследовательские проблемы. Структура диссертации, методы исследования и полученные результаты целостны и полностью соответствуют цели и задачам исследования, отражают внутреннюю согласованность и научную строгость.

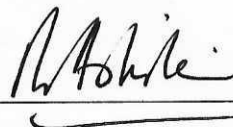
Академический вклад и докторская квалификация

В процессе работы над диссертацией докторант Бакирова Г.С. продемонстрировала значительный рост как исследователь, превратившись в зрелого специалиста, способного самостоятельно выявлять и решать сложные научные проблемы. Соискательница продемонстрировала высокий профессионализм, ответственность и самостоятельность, отражающие ее способность внести значимый вклад в развитие области.

Кроме того, докторант успешно опубликовал необходимое количество научных работ, а результаты исследования были представлены и подтверждены на международных конференциях, что еще больше повышает авторитет и влияние исследования.

Таким образом, данная диссертация рекомендована к присуждению степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D06102 - Компьютерная и программная инженерия.

Асс. профессор в Колледж вычислительной
техники и информатики,
Университет Тенага Насиональ,
Каджанг, Селангор, Малайзия



Нур'ашикин Бинти Али

**COLLEGE OF GRADUATE STUDIES
UNIVERSITI TENAGA NASIONAL**

Putrajaya Campus
Jalan IKRAM - UNITEN
43000 Kajang,

Selangor, Malaysia
Tel : (603) 8921 2020
Fax : (603) 8921 2005

E-mail : postgrad@uniten.edu.my