

REVIEW

of a foreign scientific consultant on the dissertation work of Bazarbekov Ikram Medeuuly on the topic "Research of artificial intelligence models and methods for diagnosing diseases with impaired cognitive functions," presented for the academic degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the educational program 8D06102 – "Computer and Software Engineering."

The doctoral dissertation submitted by Mr. Ikram Medeuuly Bazarbekov addresses a highly significant and interdisciplinary research problem positioned at the intersection of artificial intelligence, biomedical signal processing, and the computational diagnosis of neurodegenerative disorders. In light of the increasing global prevalence of cognitive impairment and Alzheimer's disease, the development of scalable, non-invasive, and data-driven diagnostic approaches represents an important scientific and clinical priority. Within this context, the dissertation is both timely and scientifically meaningful.

The main objective of the dissertation is to investigate and develop artificial intelligence-based models for the diagnosis of cognitive disorders through the analysis of kinematic time-series data obtained from graphomotor activity. The

study successfully combines methodological rigor in machine learning with clinically motivated interpretation of biomedical signals, demonstrating a well-balanced integration of engineering, computational, and medical perspectives.

A particularly notable contribution of the dissertation is the development and evaluation of a hybrid deep learning architecture based on Convolutional Neural Networks and Bidirectional Long Short-Term Memory networks (CNN-BiLSTM). This model is designed to process raw kinematic time-series signals without relying exclusively on handcrafted or aggregated features. Such an approach enables the automatic extraction of local high-frequency motion patterns, as well as long-term temporal dependencies, thereby preserving the intrinsic temporal structure of graphomotor dynamics. The reported empirical results demonstrate a high level of diagnostic performance, including strong sensitivity and robust ROC-AUC values obtained under a subject-wise validation protocol.

From a methodological standpoint, the dissertation deserves particular recognition for its careful attention to the prevention of data leakage. The use of group-based cross-validation and strict subject-level isolation substantially enhances the credibility, reliability, and reproducibility of the reported findings. The author's awareness of common methodological challenges in biomedical

machine learning research reflects a commendable level of scientific maturity and methodological competence.

The dissertation further provides a systematic comparative analysis of classical machine learning algorithms, including Logistic Regression, Support Vector Machines, Random Forest, and k-Nearest Neighbors, in comparison with the proposed hybrid neural network model. This structured evaluation framework strengthens the validity of the conclusions and clearly demonstrates the advantages of deep learning methods for modeling complex temporal biomedical signals.

Overall, the dissertation is logically organized, technically sound, and supported by appropriate experimental validation. The research findings have been disseminated through peer-reviewed publications and conference presentations, which demonstrates the author's active academic engagement and the international visibility of the work.

Nevertheless, several directions may be considered for further development:

1. Multi-center external validation could be conducted in future studies to further assess the generalizability of the proposed model across different populations, clinical settings, and recording environments.
2. Longitudinal data collection would allow for the modeling of disease progression dynamics and could enhance the prognostic capabilities of the proposed approach.

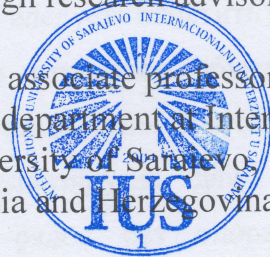
3. Further investigation of model interpretability through explainable artificial intelligence techniques may strengthen clinical trust, transparency, and potential adoption in practical healthcare environments.

These observations do not diminish the scientific value of the dissertation. Rather, they identify constructive directions for future research and continued development.

In conclusion, the doctoral dissertation of Mr. Ikram Medeuuly Bazarbekov represents a substantial, original, and scientifically valuable contribution to the field of AI-based medical diagnostics. The research demonstrates sound theoretical understanding, strong technical competence, methodological rigor, and clear practical relevance. The dissertation meets the international academic standards required for the award of a PhD degree in Computer and Software Engineering. Therefore, I consider Mr. Ikram Medeuuly Bazarbekov fully deserving of being awarded the degree of Doctor of Philosophy (PhD).

Foreign research advisor:

PhD, associate professor of
CSE department at International
University of Sarajevo
Bosnia and Herzegovina



Ali Almisreb

Тел.: 033 957 153

Электронная почта: uco@ius.edu.ba

ОТЗЫВ

зарубежного научного консультанта на диссертационную работу Базарбекова Икрама Медеуулы на тему: «Исследование моделей и методов искусственного интеллекта для диагностики заболеваний с нарушением когнитивных функций», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D06102 – «Компьютерная и программная инженерия».

Докторская диссертация, представленная г-ном Базарбековым Икрамом Медеуулы, посвящена весьма значимой и междисциплинарной научной проблеме, находящейся на стыке искусственного интеллекта, биомедицинской обработки сигналов и вычислительной диагностики нейродегенеративных расстройств. В условиях растущей глобальной распространенности когнитивных нарушений и болезни Альцгеймера разработка масштабируемых, неинвазивных и основанных на данных диагностических подходов представляет собой важный научный и клинический приоритет. В данном контексте диссертация является своевременной и научно значимой.

Основной целью диссертации является исследование и разработка моделей, основанных на искусственном интеллекте, для диагностики когнитивных расстройств посредством анализа кинематических временных рядов, полученных в результате графомоторной активности. Исследование успешно сочетает методологическую точность в области машинного обучения с клинически ориентированной интерпретацией биомедицинских сигналов, демонстрируя хорошо сбалансированную интеграцию инженерных, вычислительных и медицинских подходов.

Особо следует отметить вклад диссертации в разработку и оценку гибридной архитектуры глубокого обучения, основанной на сверточных нейронных сетях и двунаправленных сетях долговременной краткосрочной памяти (CNN-BiLSTM). Данная модель предназначена для обработки необработанных кинематических сигналов временных рядов без опоры исключительно на вручную сформированные или агрегированные признаки. Такой подход обеспечивает автоматическое извлечение локальных высокочастотных паттернов движения, а также долгосрочных временных зависимостей, тем самым сохраняя внутреннюю временную структуру графомоторной

динамики. Представленные эмпирические результаты демонстрируют высокий уровень диагностической эффективности, включая высокую чувствительность и устойчивые значения ROC-AUC, полученные в рамках протокола валидации с разделением по субъектам.

С методологической точки зрения диссертация заслуживает особого признания благодаря тщательному вниманию к предотвращению утечки данных. Использование групповой кросс-валидации и строгой изоляции данных на уровне субъектов существенно повышает достоверность, надежность и воспроизводимость представленных результатов. Осведомленность автора о распространенных методологических проблемах исследований в области биомедицинского машинного обучения свидетельствует о достойном уровне научной зрелости и методологической компетентности.

В диссертации также представлен систематический сравнительный анализ классических алгоритмов машинного обучения, включая логистическую регрессию, метод опорных векторов, случайного леса и метод k-ближайших соседей, в сопоставлении с предложенной гибридной нейросетевой моделью. Такая структурированная система оценки усиливает обоснованность выводов и наглядно демонстрирует преимущества методов глубокого обучения для моделирования сложных временных биомедицинских сигналов.

В целом диссертация логично структурирована, технически обоснована и подтверждена соответствующей экспериментальной валидацией. Результаты исследования были представлены в рецензируемых научных публикациях и на конференциях, что свидетельствует об активной академической деятельности автора и международной известности данной работы.

Тем не менее, можно выделить несколько направлений для дальнейшего развития исследования:

1. В будущих исследованиях может быть проведена внешняя многопрофильная валидация для более детальной оценки обобщающей способности предложенной модели в различных популяциях, клинических условиях и средах регистрации данных.

2. Сбор продольных данных позволил бы моделировать динамику прогрессирования заболевания и мог бы повысить прогностические возможности предложенного подхода.

3. Дальнейшее исследование интерпретируемости модели с использованием методов объяснимого искусственного интеллекта может способствовать укреплению клинического доверия, прозрачности и потенциальному внедрению модели в практическое здравоохранение.

Данные замечания не умаляют научной ценности диссертации. Напротив, они определяют конструктивные направления для будущих исследований и дальнейшего развития работы.

В заключение следует отметить, что докторская диссертация г-на Базарбекова Икрама Медеуулы представляет собой существенный, оригинальный и научно значимый вклад в область медицинской диагностики на основе искусственного интеллекта. Исследование демонстрирует глубокое теоретическое понимание, высокую техническую компетентность, методологическую основательность и очевидную практическую значимость. Диссертация соответствует международным академическим стандартам, предъявляемым к присуждению степени доктора философии (PhD) по направлению «Компьютерная и программная инженерия». Таким образом, я считаю, что г-н Базарбеков Икрам Медеуулы полностью заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD).

Зарубежный научный консультант:

PhD, ассоциированный профессор
кафедры компьютерных наук и инженерии (CSE)
Международного университета Сараево
Босния и Герцеговина

/подпись/ Али Альмисреб

Печать: Международный университет Сараево, IUS, 1