Escola Naval
Base Naval de Lisboa - Alfeite 2810 - 001 Almada, Portugal; Email: vitor.viegas@marinha.pt
September 1st, 2026

REVIEW OF THE FOREIGN SCIENTIFIC CONSULTANT

on the dissertation work of Nurdaulet Tasmurzayev on the topic:

"Development of an intelligent system for detecting ischemic heart disease based on the Internet of Medical Things (IoMT) and machine learning"

submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the educational program:

8D07116 – Intelligent Control Systems

The dissertation of Nurdaulet Tasmurzayev is devoted to an intelligent system for detecting ischemic heart disease (IHD) that combines a hierarchical transformer architecture for structured clinical data with a compressed model suitable for local execution on resource-constrained edge devices within an Internet of Medical Things (IoMT) infrastructure. IHD remains a leading cause of morbidity and mortality worldwide, while invasive angiography, population-level risk scores and resting electrocardiography each have well-documented diagnostic limitations. Since transferring clinical records to cloud services also raises confidentiality concerns, an accurate, interpretable and privacy-preserving model that runs entirely on the device is a timely and significant research direction.

Nurdaulet demonstrated a rigorous and comprehensive research approach. The candidate conducted a thorough review of classical machine learning methods for IHD diagnosis, transformer architectures for tabular medical data, learning strategies for small and imbalanced clinical cohorts, optimization methods, and model compression techniques for edge artificial intelligence. The research covers the full development pipeline, from the mathematical formulation of the proposed architecture and the data preprocessing procedure to model training, explainability analysis, compression, and hardware deployment. Standard evaluation approaches were applied throughout, including stratified data splitting, ablation studies, classification performance metrics, and comparison against both classical baselines and optimized ensemble models.

The main scientific contributions achieved in the course of this work are as follows:

1. A hybrid hierarchical transformer architecture, HG-Former, was developed for the classification of ischemic heart disease from structured clinical data. The model organizes 56 clinical features into six clinically grounded groups, covering demographics, risk factors, physical examination, symptoms, electrocardiographic indicators, and laboratory and echocardiographic data, and processes each group through a dedicated intra-group transformer encoder before integrating the resulting group-level representations through an inter-group encoder. This design embeds the domain-organized logic of cardiological reasoning directly into the architecture, which flat tokenization schemes used in standard tabular transformers cannot represent.

2. A robust training methodology for small and imbalanced clinical cohorts was developed, combining adaptive synthetic sampling (ADASYN), applied to the training subset only to avoid leakage, with Adaptive Sharpness-Aware Minimization (ASAM). On the held-out test set of the Z-Alizadeh Sani dataset the full configuration reached an AUC of 0.9755, an accuracy of 0.9672 and an F1-score of 0.9762, exceeding ten classical baselines, including CatBoost, XGBoost, RandomForest and FT-Transformer, and five swarm-optimized stacking ensembles. External validation on an independent cohort of 800 patients from the MIMIC-IV database confirmed generalization beyond the development population, with an AUC of 0.9620 and an accuracy of 0.9038.

3. An edge deployment pipeline was designed and implemented to convert the accurate but computationally demanding teacher model into a form suitable for real-time local inference. The pipeline combines knowledge distillation from HG-Former into a compact ProtoNN student model, SHAP-based feature selection performed on the training subset only, INT8 quantization, and magnitude-based pruning. The input space was reduced from 56 to 16 clinically informative variables. The best overall configuration, distillation combined with SHAP-based feature selection, retained a diagnostically meaningful accuracy of 91.80% with an AUC of 0.9651 and an F1 score of 0.9412, at a TFLite model size of 4.42 KB and an inference latency of 0.0537 ms per prediction, which corresponds to about 12,800 inferences per second on a Raspberry Pi Zero 2 W. The complete diagnostic pipeline was deployed as a standalone web platform on this single-board computer, without any dependence on cloud connectivity.

The practical significance of this work is considerable. The system allows continuous non-invasive screening of cardiovascular risk on low-cost embedded hardware, shortens diagnostic time in resource-limited and remote healthcare facilities, and provides physicians with transparent and clinically interpretable decision support. Because all inference is executed locally, no sensitive clinical information is transmitted to external servers, which addresses the confidentiality requirements that currently restrict the deployment of such systems and is especially relevant for regions with limited access to specialized cardiac care, including many areas of Kazakhstan.

The dissertation is well-structured and logically organized. It consists of an introduction, four main chapters, a conclusion and a list of references, covering the review of the state of the art, the dataset and the HG-Former architecture with the ASAM method, the experimental study with ablation, SHAP analysis and external validation, and the edge deployment model with its comparison against existing compression methods.

In conclusion, I confirm that Nurdaulet Tasmurzayev's dissertation represents a complete, independent scientific study conducted at a high academic level. In my opinion, the work fully meets the requirements for candidate dissertations in the educational program 8D07116 – Intelligent Control Systems in terms of scientific novelty, theoretical contribution, methodological rigor, and practical significance. As a foreign scientific supervisor for this dissertation, I strongly support the admission of the candidate to the public defense of the dissertation and awarding the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the educational program 8D07116 – Intelligent Control Systems to Nurdaulet Tasmurzayev.

Vítor Manuel Rodrigues Viegas
Foreign Scientific Supervisor, PhD
Assistant Professor at the Portuguese Naval Academy
Researcher at the Instituto de Telecomunicações



1/Set/2026

Военно-морская академия
Военно-морская база Лиссабона — Альфейте, 2810-001, Алмада, Португалия
E-mail: vitor.viegas@marinha.pt
1 сентября 2026 г.

ОТЗЫВ ЗАРУБЕЖНОГО НАУЧНОГО КОНСУЛЬТАНТА

на диссертационную работу Нурдәулета Тасмурзаева на тему:
«Разработка интеллектуальной системы для выявления ишемической болезни сердца на основе Интернета медицинских вещей (IoMT) и машинного обучения»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе:
8D07116 – Интеллектуальные системы управления

Диссертация Нурдәулета Тасмурзаева посвящена интеллектуальной системе выявления ишемической болезни сердца (ИБС), в которой иерархическая трансформерная архитектура для структурированных клинических данных сочетается со сжатой моделью, пригодной для локального выполнения на устройствах с ограниченными ресурсами в инфраструктуре Интернета медицинских вещей (IoMT). ИБС остаётся одной из ведущих причин заболеваемости и смертности во всём мире, тогда как инвазивная ангиография, популяционные шкалы риска и электрокардиография в покое имеют хорошо известные диагностические ограничения. Поскольку передача клинических записей в облачные сервисы также вызывает опасения в отношении конфиденциальности, точная, интерпретируемая и сохраняющая приватность модель, работающая полностью на устройстве, представляет собой своевременное и значимое направление исследований.

Нурдәулет продемонстрировал строгий и всесторонний исследовательский подход. Соискатель провёл тщательный обзор классических методов машинного обучения для диагностики ИБС, трансформерных архитектур для табличных медицинских данных, стратегий обучения на малых и несбалансированных клинических выборках, методов оптимизации и методов сжатия моделей для периферийного искусственного интеллекта (edge AI). Исследование охватывает весь конвейер разработки: от математической формулировки предлагаемой архитектуры и процедуры предобработки данных до обучения модели, анализа объяснимости, сжатия и аппаратного развёртывания. На всех этапах применялись стандартные подходы к оценке, включая стратифицированное разбиение данных, абляционные исследования, метрики качества классификации, а также сравнение как с классическими базовыми моделями, так и с оптимизированными ансамблевыми моделями.

Основные научные результаты, достигнутые в ходе данной работы, заключаются в следующем:

1. Разработана гибридная иерархическая трансформерная архитектура HG-Former для классификации ишемической болезни сердца по структурированным клиническим данным. Модель организует 56 клинических признаков в шесть клинически обоснованных групп, охватывающих демографические данные, факторы риска, физикальное обследование, симптомы, электрокардиографические показатели, а также лабораторные и эхокардиографические данные, и обрабатывает каждую группу с помощью выделенного внутригруппового трансформерного энкодера, после чего объединяет полученные групповые представления посредством межгруппового энкодера. Такой дизайн встраивает в архитектуру доменно-организованную логику кардиологического мышления, которую не могут отразить схемы плоской токенизации, используемые в стандартных табличных трансформерах.
2. Разработана устойчивая методология обучения на малых и несбалансированных клинических выборках, сочетающая адаптивную синтетическую передискретизацию (ADASYN), применяемую только к обучающей подвыборке во избежание утечки данных, с адаптивной минимизацией с учётом остроты (Adaptive Sharpness-Aware Minimization, ASAM). На отложенной тестовой выборке набора данных Z-Alizadeh Sani полная конфигурация

достигла AUC 0,9755, точности 0,9672 и F1-меры 0,9762, превзойдя десять классических базовых моделей, включая CatBoost, XGBoost, RandomForest и FT-Transformer, а также пять стекинговых ансамблей, оптимизированных роевыми алгоритмами. Внешняя валидация на независимой когорте из 800 пациентов из базы данных MIMIC-IV подтвердила обобщающую способность модели за пределами обучающей популяции: AUC составил 0,9620, точность — 0,9038.

3. Спроектирован и реализован конвейер развёртывания на периферийных устройствах, предназначенный для преобразования точной, но вычислительно затратной модели-учителя в форму, пригодную для локального вывода в реальном времени. Конвейер объединяет дистилляцию знаний из HG-Former в компактную модель-ученик ProtoNN, отбор признаков на основе SHAP, выполняемый только на обучающей подвыборке, INT8-квантизацию и прунинг по величине весов. Пространство входных признаков было сокращено с 56 до 16 клинически информативных переменных. Наилучшая общая конфигурация — дистилляция в сочетании с отбором признаков на основе SHAP — сохранила диагностически значимую точность 91,80 % при AUC 0,9651 и F1-мере 0,9412, при размере модели TFLite 4,42 КБ и задержке вывода 0,0537 мс на одно предсказание, что соответствует примерно 12 800 выводов в секунду на Raspberry Pi Zero 2 W. Полный диагностический конвейер был развёрнут в виде автономной веб-платформы на этом одноплатном компьютере без какой-либо зависимости от облачного подключения.

Практическая значимость работы весьма велика. Система позволяет осуществлять непрерывный неинвазивный скрининг сердечно-сосудистого риска на недорогом встраиваемом оборудовании, сокращает время постановки диагноза в медицинских учреждениях с ограниченными ресурсами и в отдалённых районах, а также обеспечивает врачей прозрачной и клинически интерпретируемой поддержкой принятия решений. Поскольку весь вывод выполняется локально, конфиденциальная клиническая информация не передаётся на внешние серверы, что отвечает требованиям к конфиденциальности, в настоящее время ограничивающим внедрение подобных систем, и особенно актуально для регионов с ограниченным доступом к специализированной кардиологической помощи, включая многие районы Казахстана.

Диссертация хорошо структурирована и логично выстроена. Она состоит из введения, четырёх основных глав, заключения и списка литературы и охватывает обзор современного состояния исследований, набор данных и архитектуру HG-Former с методом ASAM, экспериментальное исследование с абляцией, SHAP-анализом и внешней валидацией, а также модель развёртывания на периферийных устройствах с её сравнением с существующими методами сжатия.

В заключение подтверждаю, что диссертация Нурдәулета Тасмурзаева представляет собой законченное, самостоятельное научное исследование, выполненное на высоком академическом уровне. По моему мнению, работа в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по образовательной программе 8D07116 – Интеллектуальные системы управления, с точки зрения научной новизны, теоретического вклада, методологической строгости и практической значимости. Как зарубежный научный руководитель данной диссертации, я настоятельно поддерживаю допуск соискателя к публичной защите диссертации и присуждение Нурдәулету Тасмурзаеву степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07116 – Интеллектуальные системы управления.

Витор Мануэл Родригеш Виегаш
Зарубежный научный руководитель, PhD
Ассистент-профессор Португальской военно-морской академии
Научный сотрудник Института телекоммуникаций (Instituto de Telecomunicações)
/подпись имеется/ 01.09.2026