

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
ZHYTOMYR STATE TECHNICAL UNIVERSITY
FACULTY OF COMPUTER ENGINEERING AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER TECHNOLOGIES IN MEDICINE AND
TELECOMMUNICATIONS**

Address: 103 Chudnivska St., Zhytomyr, 10005, Ukraine
Phone: +380 (412) 241-500, Fax: +380 (412) 241-501
E-mail: info@ztu.edu.ua

REVIEW

**of Overseas Research Supervisor on the dissertation work of Sabibolda Akezhan Muratuly
"Investigation and Development of Spectral-Correlation Methods for Delay and Direction Finding of
Radio Signals" presented for application of scientific degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.) in
specialty no. 8D06201 – "Telecommunication"**

The dissertation by Sabibolda Akezhan Muratuly is dedicated to the research and development of spectral-correlation methods for evaluating the delay and direction-finding of radio signals, which is a highly relevant and important topic in the context of modern radar and radiomonitoring. Given the rapid increase in the number of electronic devices and the complexity of the electromagnetic environment, there is an acute need for highly accurate and interference-resistant methods for determining radionavigation parameters. The choice of this topic is driven by the need to enhance the efficiency of radiomonitoring systems, which is especially crucial for semi-active and passive systems that must provide accurate measurements even in environments with high levels of interference. Addressing these challenges is strategically significant for the development of modern communication and radar technologies, making this research both valuable and promising.

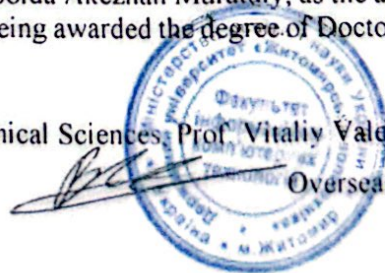
Sabibolda Akezhan's work is distinguished by a comprehensive approach and the use of advanced signal processing methods. He has developed a digital spectral-correlation method that significantly improves the accuracy and speed of radiolocation. Through his research, he has proposed original methods that ensure minimal hardware costs while simultaneously increasing accuracy to within 0.1 degrees, meeting the strict requirements of modern radiomonitoring systems. The work is based on digital spectrum analysis and correlation processing, enabling a high computation speed through single-iteration processing for the first time. This opens up new possibilities for increasing the efficiency and reliability of surveillance systems.

Akezhan has also proposed and tested a software model adapted for complex electromagnetic environments with low signal-to-noise ratios. During laboratory and semi-industrial tests, the model demonstrated high resistance to frequency interference and confirmed the accuracy of radionavigation parameter estimation. Based on the obtained data, practical recommendations for applying the method in real-world radiomonitoring systems were formulated. Experimental research showed that the developed methods enhance the interference immunity of systems using digital antenna arrays, which is a significant achievement in the context of modern radar systems.

The author's work has also undergone thorough validation. The research results were presented at international scientific conferences and published in scientific journals indexed in Scopus and Web of Science databases. A total of five articles have been published on the dissertation topic, attesting to the high level of recognition of the research results within the scientific community.

The author demonstrates deep knowledge and skills in telecommunications and radar, as well as the ability to apply advanced methods to solve complex problems. His work contributes to the advancement of radar technologies and opens up new avenues for future research in this field. I believe that the dissertation on the topic "Research and Development of Spectral-Correlation Methods for Estimating Delay and Direction-Finding of Radio Signals" has been conducted at a high scientific level, meets all the requirements for doctoral dissertations, and deserves a positive assessment. Sabibolda Akezhan Muratuly, as the author, has shown high professionalism and expertise, making him worthy of being awarded the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty 8D06201 – "Telecommunications."

Candidate of Technical Sciences, Prof. Vitaliy Valentinovich Tsyporenko
Overseas Research Supervisor



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ЖИТОМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ И
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ**

Адрес: 103, ул. Чудновская, Житомир, 10005, Украина
Телефон: +380 (412) 241-500; Факс: +380 (412) 241-501
E-mail: info@ztu.edu.ua

ОТЗЫВ

зарубежного научного консультанта на диссертационную работу Сэбиболда Экежана Мұратұлы «Исследование и разработка спектрально-корреляционных методов оценки задержки и пеленгования радиосигналов», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D06201 – «Телекоммуникации»

Диссертационная работа Сэбиболда Экежан Мұратұлы посвящена исследованию и разработке спектрально-корреляционных методов оценки задержки и пеленгования радиосигналов, что является актуальной и важной темой в условиях современной радиолокации и радиомониторинга. С учетом быстрого роста количества радиоэлектронных средств и усложнения электромагнитной обстановки, возникает острая необходимость в высокоточных и устойчивых к помехам методах определения радионавигационных параметров. Выбор темы обусловлен потребностью в повышении эффективности систем радиомониторинга, что особенно актуально для полуактивных и пассивных систем, которые должны обеспечивать точные измерения даже в условиях высокой помеховой нагрузки. Решение этих задач имеет стратегическое значение для развития современных средств связи и радиолокации, что делает данную работу востребованной и перспективной.

Работа автора выделяется комплексным подходом и использованием новейших методов обработки сигналов. Сэбиболда Экежан разработал цифровой спектрально-корреляционный метод, позволяющий существенно повысить точность и быстродействие радиопеленгации. В рамках исследований были предложены оригинальные методы, которые обеспечивают минимальные аппаратные затраты при одновременном повышении точности до 0,1 градуса, что удовлетворяет строгим требованиям современных радиомониторинговых систем. Работа основывается на цифровом анализе спектра и корреляционной обработке, что впервые позволяет достичь столь высокой скорости вычислений за счет однократной итерации. Это открывает новые возможности для повышения эффективности и надежности систем радионаблюдения.

Сэбиболда Экежан также предложил и протестировал программную модель, адаптированную для работы в условиях сложной электромагнитной обстановки с низким отношением сигнал/шум. В ходе лабораторных и полупромышленных испытаний модель показала высокую устойчивость к частотным помехам и подтвердила точность оценки радионавигационных параметров. На основе полученных данных были сформулированы рекомендации по практическому применению метода в реальных системах радиомониторинга. Экспериментальные исследования продемонстрировали, что разработанные методы позволяют улучшить помехозащищенность систем, использующих цифровую антенную решетку, что является важным достижением в условиях современной радиолокации.

Работа автора также прошла необходимую апробацию. Результаты исследования были представлены на международных научных конференциях, а также опубликованы в научных журналах, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science. Всего по теме диссертации опубликовано 5 статей, что свидетельствует о высоком уровне признания результатов исследования в научном сообществе.

Автор демонстрирует глубокие знания и навыки в области телекоммуникаций и радиолокации, а также умение применять передовые методы для решения сложных задач. Его работа является вкладом в развитие радиолокационных технологий и открывает новые перспективы для дальнейших исследований в этой области. Считаю, что диссертация на тему «Исследование и разработка спектрально-корреляционных методов оценки задержки и пеленгования радиосигналов» выполнена на высоком научном уровне, соответствует всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, и заслуживает положительной оценки. Сэбиболда Экежан Мұратұлы, как автор, демонстрирует высокий профессионализм и знания, что делает его достойным присуждения степени доктора PhD по специальности 8D06201 – «Телекоммуникации».

к.т.н., доцент Ципоренко Виталий Валентинович

зарубежный научный консультант



Республика Казахстан, город Алматы.

Шестое ноября две тысячи двадцать четвертого года.

Текст перевода документа с английского языка на русский язык, выполнен переводчиком Курносовой Евгенией Викторовной, 07.09.1983 года рождения, место рождения Алматы, ИИН 830907400317, проживающей по адресу: город Алматы, Ауэзовский район, микрорайон Жетысу-1, дом 17, квартира 18.

Курносова Евгения Викторовна

Нотариус не удостоверяет фактов, изложенных в документе, а лишь свидетельствует подлинность подписи переводчика.

Республика Казахстан, город Алматы.

Шестое ноября две тысячи двадцать четвертого года.

Я, Муратова Асем Елубаевна, нотариус нотариального округа города Алматы, действующая на основании государственной лицензии № 13008633 от 31 мая 2013 года, выданной Комитетом регистрационной службы и оказания правовой помощи Министерства юстиции Республики Казахстан, свидетельствую подлинность подписи переводчика Курносовой Евгенией Викторовны. Личность переводчика установлена, дееспособность и полномочия проверены.

Зарегистрировано в реестре за №2383

Взыскано: согласно статье 30-1 Закона

Республики Казахстан «О нотариате».

Нотариус:

А. Муратова



НОТАРИУС

А. Муратова

бет/листах

Немірленіп тігілген барлығы
Прошито и пронумеровано на



ES8006950241106143631P315110

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия