

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (24) 4

қазан- желтоқсан

ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)

БАС РЕДАКТОР:

Исахов Асылбек Абдишимович — есептеу теориясы саласында математика бойынша PhD доктор, "Компьютерлік ғылымдар және информатика" бағыты бойынша қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Басқарма Төрағасы – Ректор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Колесникова Катерина Викторовна — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі проректор (Қазақстан)

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

Ипалакова Мадина Түлегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі департамент директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Лучино Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

Өтелбаев Мұхтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Дузаев Нуржан Токсужаевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нургуль Абдуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)

Мұхамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)

Абдикаликова Замира Тұрсынбаевна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Дамелия Максумовна Ескендірова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Бахтиярова Елена Азизбековна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Канибек Сансызбай — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Тынымбаев Сахиябай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Алимереб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)

Талеуш Валдас — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры

Мамырбаев Оркен Жұмажанович — PhD, КР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

Бушув Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (Украина)

Белощицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Astana IT University есептеу және деректер ғылымы кафедрасының профессоры (Қазақстан)

РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің редакторы (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Меншік иесі: АҚ «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігіне мерзімді баспасөз басылымын есепке қою туралы куәлік № KZ82VPY00020475, 20.02.2020 ж. берілген

Тақырып бағыты: ақпараттық технологиялар, ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологиялар, әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технология.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

Редакция мекенжайы: 050040 Алматы қ., Манас к., 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz>

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz> © Авторлар ұжымы, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Исахов Асылбек Абдиашимович — доктор PhD по математике в области теории вычислимости, ассоциированный профессор по направлению "Компьютерные науки и информатика", Председатель Правления – Ректор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Колесникова Катерина Викторовна — доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, директор департамента по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Разак Абдул — PhD, профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Лучио Томмазо де Паолис — директор отдела исследований и разработок лаборатории AVR департамента инноваций и технологического инжиниринга Университета Саленто (Италия)

Лиз Бэкон — профессор, заместитель вице-канцлера Университета Абертей (Великобритания)

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбайұлы — доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Рысбайұлы Болатбек — доктор физико-математических наук, профессор, профессор Astana IT University (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, профессор-исследователь кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дузбаев Нуржан Токкужаевич — PhD, ассоциированный профессор, проректор по цифровизации и инновациям Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — кандидат технических наук, декан факультета компьютерных технологий и кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — кандидат экономических наук, декан факультета бизнеса медиа и управления Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой экономики и бизнеса Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дамеля Максусовна Ескендирова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — кандидат филологических наук, доцент, профессор, заведующая кафедрой медиакоммуникации и истории Казахстана Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Айтмагамбетов Алтай Зуфарович — кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Бахтиярова Елена Ажибековна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Канибек Сансызбай — PhD, ассоциированный профессор, профессор-исследователь кафедры кибербезопасности, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Тынымбаев Сахиябай — кандидат технических наук, профессор, профессор-исследователь кафедры компьютерной инженерии, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, ассоциированный профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Янг Им Чу — PhD, профессор университета Гачон (Южная Корея)

Талеуш Валлас — PhD, проректор университета имен Адама Мицкевича (Польша)

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, заместитель директора по науке РГП Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки МНВО РК (Казахстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — доктор технических наук, профессор, директор Украинской ассоциации управления проектами «УКРНЕТ», заведующий кафедрой управления проектами Киевского национального университета строительства и архитектуры (Украина)

Белошницкая Светлана Васильевна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры вычислений и науки о данных Astana IT University (Казахстан)

РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, редактор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет информационных технологий» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ82VPY00020475, выданное от 20.02.2020 г.

Тематическая направленность: информационные технологии, информационная безопасность и коммуникационные технологии, цифровые технологии в развитии социально-экономических систем.

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

Адрес редакции: 050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Сайт журнала: <https://journal.iitu.edu.kz>

© АО Международный университет информационных технологий, 2025

© Коллектив авторов, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

Assylbek Issakhov — PhD in Mathematics in Computability Theory, associate professor in “Computer Science and Informatics,” Chairman of the Board – Rector of the International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Kateryna Kolesnikova — Doctor of Technical Sciences, professor, Vice-Rector for Research, International Information Technology University (Kazakhstan)

ACADEMIC SECRETARY

Madina Ipalakova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Director of the Research Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD

Abdul Razak — PhD, professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Lucio Tommaso De Paolis — Director of the R&D Department of the AVR Laboratory, Department of Engineering for Innovation, University of Salento (Italy)

Liz Bacon — Professor, Deputy Vice-Chancellor, Abertay University (United Kingdom)

Michele Pagano — PhD, Professor, University of Pisa (Italy)

Mukhtarbay Otelbayev — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bolatbek Rysbauly — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

Yevgeniya Daineko — PhD, research professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Nurzhhan Duzbayev — PhD, associate professor, Vice-Rector for Digitalization and Innovation, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bakhtgerai Sinchev — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Nurgul Seilova — Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ardak Mukhamediyeva — Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Business, Media and Management, International Information Technology University (Kazakhstan)

Zamira Abdikalikova — PhD, associate professor, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yerlan Shildibekov — PhD, associate professor, Head of the Department of Economics and Business, International Information Technology University (Kazakhstan)

Damilya Yeskendirova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Aigul Niyazgulova — Candidate of Philological Sciences, Professor, Head of the Department of Media Communications and History of Kazakhstan, International Information Technology University (Kazakhstan)

Altai Aitmagambetov — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yelena Bakhtiyarova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Kanibek Sansyzbay — PhD, research professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sakhybay Tynymbayev — Candidate of Technical Sciences, Professor, Research Professor, Department of Computer Engineering, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ali Abd Almisreb — PhD, associate professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, associate professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yang Im Chu — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, Vice-Rector, Adam Mickiewicz University (Poland)

Orken Mamyrbayev — PhD, Deputy Director for Science, RSE Institute of Information and Computational Technologies, Committee for Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)

Sergey Bushuyev — Doctor of Technical Sciences, professor, Director of the Ukrainian Project Management Association “UKRNET,” Head of the Department of Project Management, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Svetlana Beloshitskaya — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

EDITOR

Raushan Mrzabayeva — Master of Science, editor, International Information Technology University (Kazakhstan)

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan, Information Committee No. KZ82VPY00020475, issued on 20.02.2020.

Thematic focus: information technology, digital technologies in the development of socio-economic systems, information security and communication technologies

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

Editorial address: 050040. Manas st. 34/1, Almaty. +7 (727) 244-51-09. E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Journal website: <https://journal.iitu.edu.kz>

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 6. Is. 4. Number 24 (2025). Pp. 304–319

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.018>

UDC 004.272: 681.518

EDGE-BASED ACOUSTIC MONITORING OF NATURAL SIGNALS USING RASPBERRY PI AND DIGITAL SIGNAL PROCESSING TECHNIQUES

A. Skabylov^{1}, D. Zhexebay¹, A. Maksutova¹, Q. Yuxiao², A. Khokhlov¹*

¹ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

² Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China.

E-mail: Alisher.skabylov@kaznu.edu.kz

Alisher Skabylov — PhD, acting associate professor, the Department of Electronics and Astrophysics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: Alisher.skabylov@kaznu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5196-8252>;

Dauren Zhexebay — PhD, acting associate professor, the Department of Electronics and Astrophysics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0009-0008-1884-4662>;

Alua Maksutova — PhD candidate, lecturer, the Department of Electronics and Astrophysics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-8601-8900>;

Qin Yuxiao — PhD, professor, School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China

<https://orcid.org/0000-0001-6169-0795>;

Azamat Khokhlov — PhD, acting associate professor, the Department of Electronics and Astrophysics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-6987-9058>.

© A. Skabylov, D. Zhexebay, A. Maksutova, Q. Yuxiao, A. Khokhlov

Abstract. The article presents the implementation of an acoustic monitoring system based on the Raspberry Pi microcomputer, which provides local signal processing in real time. The developed algorithm combines methods of acoustic data preprocessing, statistical and spectral–wavelet analysis, as well as event detection based on the short-term to long-term energy ratio (STA/LTA). The system was implemented using Python libraries (NumPy, SciPy, PyWavelets, SQLite3) and tested on both synthetic and real acoustic datasets. Experimental results confirmed the stable operation of the Raspberry Pi device during more than two hours of continuous recording without memory leaks, with an average CPU load not exceeding 30 %. The



obtained results demonstrate the potential of the proposed architecture for developing autonomous bioacoustic and seismoacoustic monitoring stations operating under limited computational and power resources. In the future, the system is planned to be enhanced by integrating wireless communication modules and machine learning algorithms for intelligent classification of acoustic events and further expansion of its functionality.

Keywords: acoustic monitoring, Raspberry Pi, digital signal processing, STA/LTA, wavelet analysis, bioacoustics, seismoacoustics

For citation: A.A. Skabylov, D.M. Zhexebay, A.A. Maksutova, Q. Yuxiao, A.A. Khokhlov. Edge-based acoustic monitoring of natural signals using raspberry pi and digital signal processing techniques//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 24. Pp. 304–319. (In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.018>.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

RASPBERRY PI ЖӘНЕ ЦИФРЛЫҚ СИГНАЛДАРДЫ ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІ-НЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ТАБИҒИ СИГНАЛДАРДЫҢ ШЕТТІК (EDGE) АКУ-СТИКАЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІ

**Ә.Ә. Сқабылов^{1*}, Д. М. Жексебай¹, А.А. Мақсұтова¹, Ц. Юйсяо²,
А.А. Хохлов¹**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Солтүстік-батыс политехникалық университеті, Сиань, Қытай.

E-mail: Alisher.skabylov@kaznu.edu.kz

Сқабылов Әлишер — PhD, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Электроника және астрофизики» кафедрасының қауымдастырылған профессор міндетін атқарушы, Алматы, Қазақстан

E-mail: Alisher.skabylov@kaznu.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0002-5196-8252>;

Жексебай Даурен — PhD, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Электроника және астрофизики» кафедрасының қауымдастырылған профессор міндетін атқарушы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0008-1884-4662>;

Мақсұтова Алуа — PhD докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Электроника және астрофизики» кафедрасының оқытушысы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-8601-8900>;

Юйсяо Цин — PhD, Солтүстік-батыс политехникалық университеті, «электроника және ақпараттану» мектебінің профессоры, Сиань, Қытай
<https://orcid.org/0000-0001-6169-0795>;

Хохлов Азамат — PhD, PhD, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, «Электроника және астрофизики» кафедрасының қауымдастырылған профессор міндетін атқарушы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0001-6987-9058>



© Ә.Ә. Скабылов, Д.М. Жексебай, А.А. Мақсұтова, Ц.С. Юйсая, А.А. Хохлов

Аннотация. Мақалада Raspberry Pi микрокомпьютеріне негізделген акустикалық мониторинг жүйесінің жүзеге асырылуы қарастырылған. Жүйе сигналдарды нақты уақыт режимінде жергілікті түрде өңдеуді қамтамасыз етеді. Дайындалған алгоритм акустикалық деректерді алдын ала өңдеу, статистикалық және спектралды-вейвлеттік талдау әдістерін, сондай-ақ қысқа және ұзақ мерзімді энергияның қатынасына (STA/LTA) негізделген оқиғаларды анықтау тәсілін біріктіреді. Жүйе Python кітапханалары (NumPy, SciPy, PyWavelets, SQLite3) көмегімен іске асырылған және синтетикалық пен нақты акустикалық деректерде сыналды. Жүргізілген сынақтар Raspberry Pi құрылғысының екі сағаттан астам үздіксіз жазба кезінде жадтың ағып кетуінсіз және процессордың орташа жүктемесі 30 %-дан аспайтын жағдайда тұрақты жұмыс істейтінін растады. Алынған нәтижелер ұсынылған архитектураның есептеу және энергия ресурстары шектеулі жағдайда биоакустикалық және сейсмоакустикалық мониторингтің автономды станцияларын құруға жарамды екенін көрсетті. Болашақта жүйенің функционалдық мүмкіндіктерін кеңейту мақсатында сымсыз байланыс модульдерін және акустикалық оқиғаларды интеллектуалды жіктеуге арналған машиналық оқыту алгоритмдерін біріктіру жоспарлануда.

Түйін сөздер: акустикалық мониторинг, Raspberry Pi, сигналдарды цифрлық өңдеу, STA/LTA, вейвлет талдау, биоакустика, сейсмоакустика

Дәйексөз үшін: Ә.Ә. Скабылов, Д.М. Жексебай, А.А. Мақсұтова, Ц. Юйсая, А.А. Хохлов. Raspberry pi және цифрлық сигналдарды өңдеу әдістеріне негізделген табиғи сигналдардың шеттік (edge) акустикалық мониторинг жүйесі // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. 2025. Том. 6. № 24. 304–319 бет. (Ағыл). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.018>.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

EDGE-СИСТЕМА АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ RASPBERRY PI И МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

А. Скабылов^{1}, Д. Жексебай¹, А. Мақсұтова¹, Ц. Юйсая², А. Хохлов¹*

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Северо-Западный политехнический университет, Сиань, Китай.

E-mail: Alisher.skabylov@kaznu.edu.kz

Скабылов Алишер — PhD, и. о. доцента, Кафедра электроники и астрофизики, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: Alisher.skabylov@kaznu.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0002-5196-8252>;

Жексебай Даурен — PhD, и. о. доцента, Кафедра электроники и астрофизики,

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0

International License



КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0008-1884-4662>;

Максутова Алуа — PhD докторант, преподаватель, Кафедра электроники и астрофизики, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-8601-8900>;

Юйсяо Цин — PhD, профессор, Школа электроники и информационных технологий, Северо-Западный политехнический университет, Сиань, Китай

<https://orcid.org/0000-0001-6169-0795>;

Хохлов Азамат — PhD, и. о. доцента, Кафедра электроники и астрофизики, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-6987-9058>.

© А.А. Скабылов, Д.М. Жексебай, А.А. Максутова, Ц. Юйсяо, А.А. Хохлов

Аннотация. В статье представлена реализация системы акустического мониторинга на базе микрокомпьютера Raspberry Pi, обеспечивающей локальную обработку сигналов в режиме реального времени. Разработанный алгоритм объединяет методы предобработки акустических данных, статистического и спектрально-вейвлетного анализа, а также детекцию событий на основе отношения краткосрочной и долгосрочной энергии (STA/LTA). Система реализована с использованием библиотек Python (NumPy, SciPy, PyWavelets, SQLite3) и протестирована на синтетических и реальных акустических данных. Проведённые испытания подтвердили стабильную работу устройства Raspberry Pi в течение более двух часов непрерывной записи без утечек памяти, при средней загрузке процессора не более 30 %. Полученные результаты демонстрируют возможность применения предложенной архитектуры для создания автономных станций биоакустического и сейсмоакустического мониторинга, функционирующих в условиях ограниченных вычислительных и энергетических ресурсов. В перспективе планируется интеграция беспроводных модулей связи и алгоритмов машинного обучения для интеллектуальной классификации акустических событий и расширения функциональных возможностей системы.

Ключевые слова: акустический мониторинг, Raspberry Pi, цифровая обработка сигналов, STA/LTA, вейвлет-анализ, биоакустика, сейсмоакустика

Для цитирования: А.А. Скабылов, Д.М. Жексебай, А.А. Максутова, Ц. Юйсяо, А.А. Хохлов. Edge-система акустического мониторинга природных сигналов на базе raspberry pi и методов цифровой обработки сигналов //Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 24. Стр. 304–319. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.018>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



Introduction

The study of natural time series - such as seismic vibrations, acoustic noise, or bioacoustic signals - is an important area of modern science and technology. Analysis of such data allows for a deeper understanding of environmental dynamics, the prediction of anomalous events, and the development of early warning systems (Mousavi et. al, 2020, MacHado et. al, 2013). However, such signals typically exhibit a high degree of noise, non-stationarity, and complex structure, requiring the use of specialized digital processing methods (Elbouchikhi et. al, 2021).

In recent years, the concept of edge computing has been rapidly developing. This approach involves offloading computational procedures to peripheral devices located in close proximity to data sources. This approach reduces the load on data transmission networks, decreases latency, and enables the rapid detection of changes in observed processes (Shi et. al, 2016, Satyanarayanan, 2017, Deng et. al, 2020). This paradigm is becoming especially relevant in remote or hard-to-reach areas, where the stable transmission of large data sets to the cloud is limited (Varghese, 2016).

Among inexpensive and energy-efficient computing solutions, Raspberry Pi occupies a special place. This single-board computer combines compactness, low cost, and sufficient resources to implement basic signal processing algorithms. It has been used as the basis for bioacoustic monitoring systems for forest ecosystems (Hill, 2019), platforms for recording seismic vibrations and Raspberry Shake networks (Hughes et. al, 2025, Zaharia et. al, 2023), as well as distributed solutions for vibration analysis and monitoring the structural health of engineering structures (Farrar et. al, 2012).

The methodological basis for such studies traditionally relies on classical digital signal processing tools. The key tool is spectral analysis based on fast Fourier transform (FFT), which allows identifying the dominant frequency components of signals. Wavelet transforms are actively used to analyse non-stationary data, providing localisation of events in time and frequency (Addison, 2017). Statistical features such as mean, variance, or entropy provide a compact description of time series. These approaches are complemented by digital filtering methods and correlation analysis, which are used to reduce noise and identify hidden relationships between signals (Bendat et. al, 2011).

Alongside classical methods, increasing attention is being paid to the detection of anomalies and events based on audio and seismic signals. Research shows the effectiveness of combining spectral and statistical features in technical system monitoring tasks (Munko et. al, 2025), the use of wavelets to detect rare events (Gul et. al, 2024), and the development of lightweight algorithms based on discrete wavelet transform for edge devices (Lo Scudo et. al, 2023). In the field of acoustic analysis, methods for detecting anomalies in industrial and natural sounds (Pan et. al, 2025, Harandi et. al, 2025) are being actively researched, as well as new hybrid architectures that combine classical features with machine learning.

Thus, the integration of affordable hardware solutions based on Raspberry Pi

with classical methods of time series analysis opens new opportunities for creating effective monitoring systems. This work aims to develop and test a universal acoustic signal processing pipeline based on Raspberry Pi, including test data generation, pre-processing, feature extraction, and automatic event detection.

Methods and materials

The acoustic monitoring system utilises the concept of edge computing. A Raspberry Pi single-board computer equipped with an external microphone for recording acoustic data was selected as the hardware platform.

The general scheme of the algorithm's operation is shown in Figure 1. It includes the following main stages: acoustic signal registration, its pre-processing, division into time windows, feature calculation, and event detection.

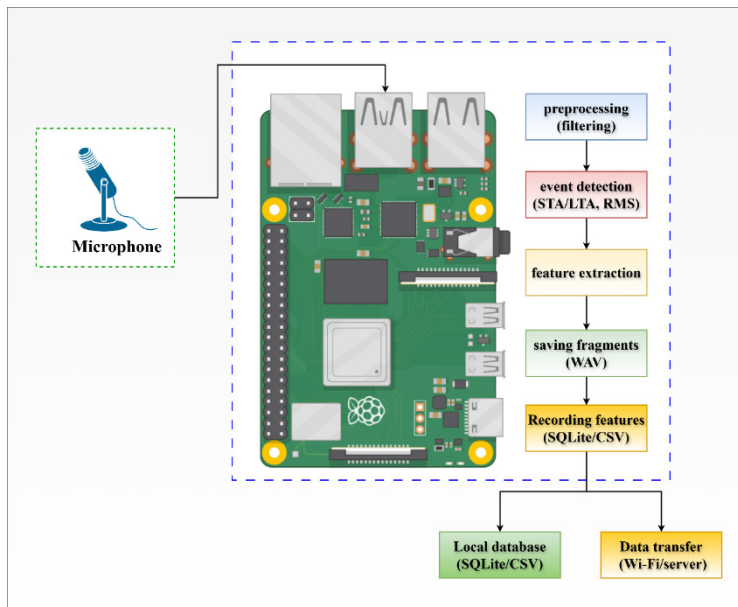


Fig. 1. Architecture of an acoustic monitoring device based on Raspberry Pi.

Synthetic modelling was used to verify the correctness of the data processing algorithm. The signal included a background component and added synthetic events, which made it possible to simulate real acoustic conditions. The background component was low-amplitude Gaussian white noise, simulating natural environmental noise. To create events, harmonic bursts with limited duration and an envelope in the form of a Hanning window were used, which allowed the model to be approximated to real short-term acoustic pulses.

Figure 2 shows an example of a synthetic test signal. Here you can see background noise distributed evenly throughout the recording and pronounced harmonic spikes corresponding to artificially added events.

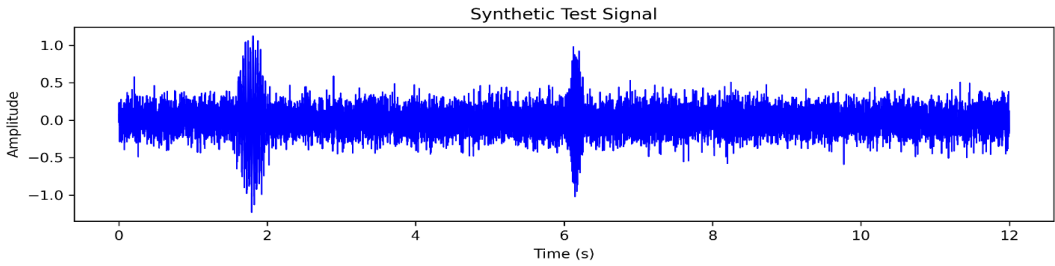


Fig. 2. Synthetic test signal with background noise and harmonic spikes.

After generating the test signal, the next step was to pre-process it in order to eliminate slow trends and suppress unwanted frequency components (Figure 3). In practice, this allows the informative part of the recording to be isolated and improves the efficiency of subsequent analysis. To do this, two sequential transformations were used: first, linear trend subtraction, and second, bandpass filtering in the 5–200 Hz range.

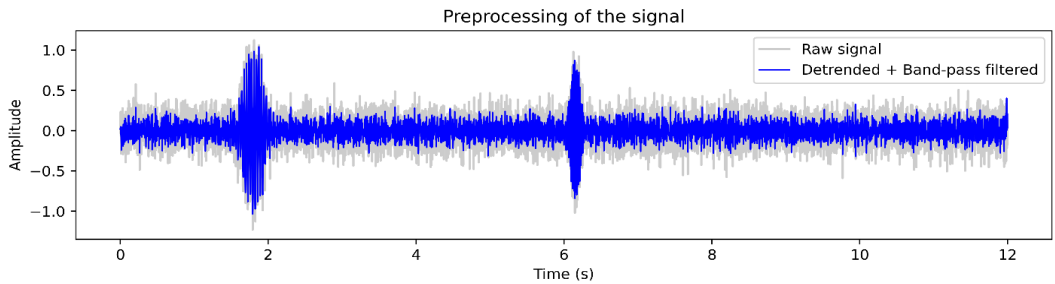


Fig. 3. Example of signal preprocessing: trend subtraction and bandpass filtering.

Figure 3 shows the result of preprocessing. The original signal (grey) is compared with the processed signal (blue), where smoothing of low-frequency fluctuations and suppression of high-frequency noise are visible, which facilitates the detection of short-term events in the recording.

After preprocessing, the signal was divided into overlapping time windows of fixed length. This technique allows the signal to be analysed in the time-frequency domain and informative features to be extracted for local intervals. In this work, a window length of 1 s with a step of 0.5 s was used, which provides a balance between time and frequency resolution.

A set of basic statistical characteristics was calculated for each window:

- root mean square (RMS) value, reflecting the signal energy;
- mean and standard deviation (Mean, STD), characterising the level and spread of amplitudes;
- skewness and kurtosis coefficients (Skewness, Kurtosis), describing the distribution shape;
- crest factor (Crest Factor), showing the ratio of the maximum value to the

RMS.

Figure 4 shows an example of signal division into windows: the first five time intervals are highlighted in red. Statistical characteristics were calculated for them and are presented in Table 1.

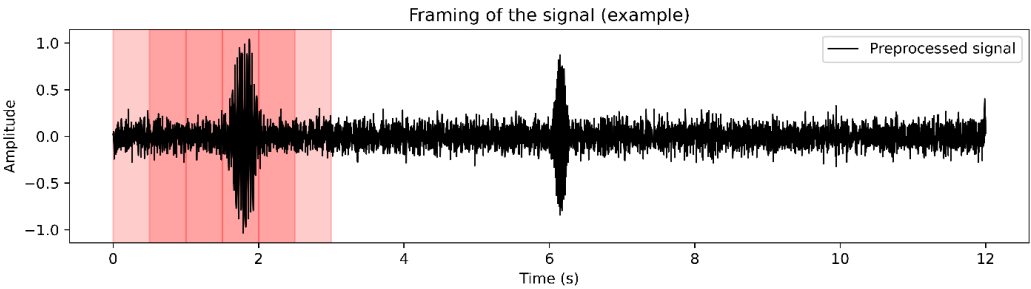


Fig. 4. Example of windowing signal segmentation and basic feature extraction

Table 1. Example of Calculated Basic Features for the First Five Signal Windows

Frame №	RMS	Mean	STD	Skewness	Kurtosis	Crest Factor
1	0.0882	-0.0028	0.0882	-0.062	0.156	3.25
2	0.0873	0.0002	0.0873	-0.117	-0.054	3.18
3	0.3396	0.0004	0.3396	0.084	1.545	3.06
4	0.3396	-0.0005	0.3396	0.092	1.550	3.06
5	0.0895	0.0011	0.0895	0.115	0.211	3.84

The table shows that windows 3 and 4 demonstrate significantly higher RMS and Kurtosis values, confirming the presence of an acoustic event in these intervals. For comparison, windows 1, 2, and 5 contain only background noise, which is reflected in low RMS values and an increased Crest Factor in the fifth window. These basic characteristics allow for reliable differentiation between noise and event segments of the signal.

To highlight the informative characteristics of the signal, spectral features and energies of wavelet decomposition were calculated.

The spectral centroid was defined as the centre of gravity of the spectrum and reflects the ‘weighted average’ frequency at which the window energy is concentrated. Spectral entropy characterises the uniformity of power distribution across frequencies: low values indicate the dominance of narrowband components, while high values indicate a more uniform spectrum.

In addition, discrete wavelet transforms (DWT) with Daubechies-4 basis and decomposition depth up to 4 levels was used. For each subband (details D1–D4 and approximation A4), the total energy of the coefficients was calculated. This approach allows localising the contribution of different frequency ranges and identifying the characteristics of the event.

Figure 5 shows the results of spectral analysis of one of the signal windows.

On the left is the amplitude spectrum, where the position of the spectral centroid is marked with a dotted red line. On the right is the distribution of energies across wavelet subbands (D1–D4 and A4).

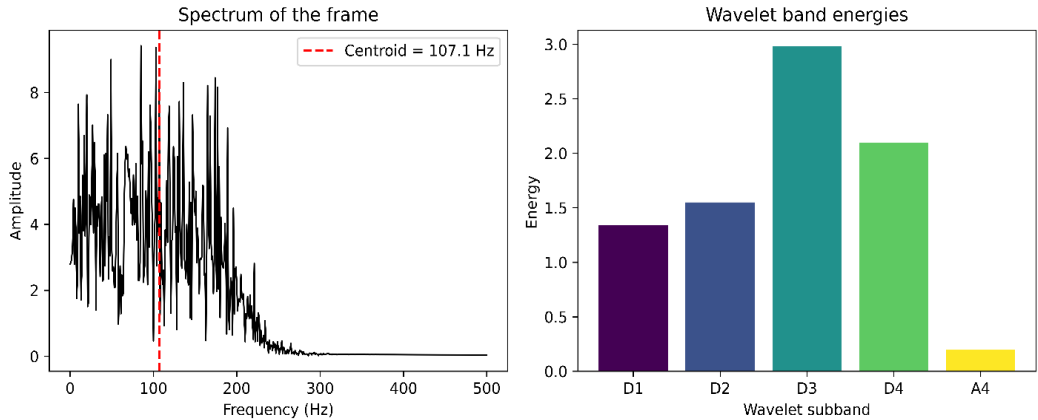


Fig. 5. Spectral characteristics and distribution of wavelet energies for a single signal window.

A classic STA/LTA (Short-Term Average / Long-Term Average) detector was used to automatically identify abnormal sections in the signal. This method is widely used in seismology to detect P and S phases, but its simplicity and effectiveness allow it to be used in acoustic monitoring tasks as well.

The idea behind the algorithm is to compare the energy ratio in a short window (STA) to the energy in a long window (LTA). When an event occurs, the ratio value increases sharply, which is recorded as exceeding the threshold. After that, a drop in the indicator below the off-threshold is tracked, which allows the event to be correctly terminated.

Figure 6 shows an example of how the STA/LTA detector works: the upper part shows the pre-processed signal, and the lower part shows the STA/LTA ratio curve. The moments when the threshold is exceeded (red line) correspond to automatically detected events, which confirms the effectiveness of the method in conditions of acoustic noise.

Applying the STA/LTA detector to the pre-processed signal allowed us to identify two local events. The first event was recorded in the interval 1.537–2.123 s, the second in the interval 5.919–6.429 s. These segments correspond to moments when the ratio of short-term and long-term energy significantly exceeded the threshold value, indicating the presence of acoustic disturbances in the signal.

The results of automatic event detection are shown in Table 3.

Table 2. Automatically Detected Events Using the STA/LTA Method

Event №	Start time (s)	End time (s)	Duration (s)
1	1.537	2.123	0.586
2	5.919	6.429	0.510

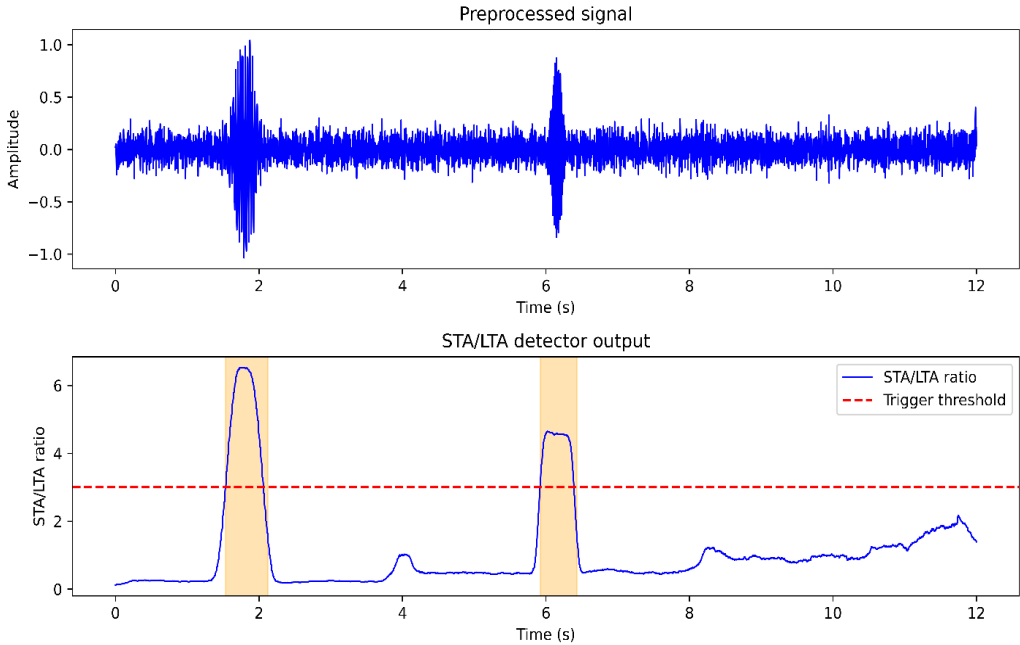


Fig. 6. STA/LTA detector operation: pre-processed signal and STA/LTA ratio with highlighted events.

A comparison of these results with the baseline characteristics (Table 1) shows good agreement between the methods. Thus, for the interval 1.5–2.1 s, corresponding to the first event, windows of 3–4 s with elevated RMS and Kurtosis values were previously observed, indicating acoustic activity. Similarly, the second event (5.9–6.4 s) coincides with the section where a harmonic surge at a frequency of 120 Hz was added to the synthetic signal.

Thus, the STA/LTA detector confirmed the results of the analysis of basic and spectral-statistical features, ensuring automatic and reliable localisation of events even in conditions of background noise.

After verifying the operation of individual modules on the workstation, a complete cycle of feature extraction was implemented for all time windows of the signal. For each window, the following were calculated:

- Basic energy and statistical characteristics (RMS, Mean, STD, Skewness, Kurtosis, Crest Factor);
- spectral indicators (Spectral Centroid, Spectral Entropy);
- wavelet features (energy of discrete coefficients at four levels of decomposition and approximating coefficient).

Thus, all modules of the algorithm were tested on synthetic data and combined into a single processing pipeline. At the final stage, the system was transferred to a Raspberry Pi microcomputer, which allowed its performance to be tested under limited resources. Detailed results of the experiments are presented in the next section.

Results

At the final stage, all developed algorithmic modules were integrated into a



unified software system and deployed on a Raspberry Pi 5 Model B microcomputer. An external USB microphone with a sampling rate of 16 kHz was used as the primary data source. The software was implemented in Python, utilizing the NumPy, SciPy, PyWavelets, and SQLite3 libraries.

The implemented system performs a continuous processing cycle consisting of acoustic signal recording, preprocessing, feature extraction, event detection, and result storage. Parameter visualization is carried out locally, while processed data are saved in both CSV and SQLite formats to enable further statistical and machine-learning analysis.

Figure 7 shows the assembled prototype of the acoustic monitoring device. The setup includes a Raspberry Pi board, an external microphone, a power supply module, and a storage card containing the software environment and database of results. The connected touch display demonstrates the real-time visualization of the recorded signal, confirming the correct functioning of the system.

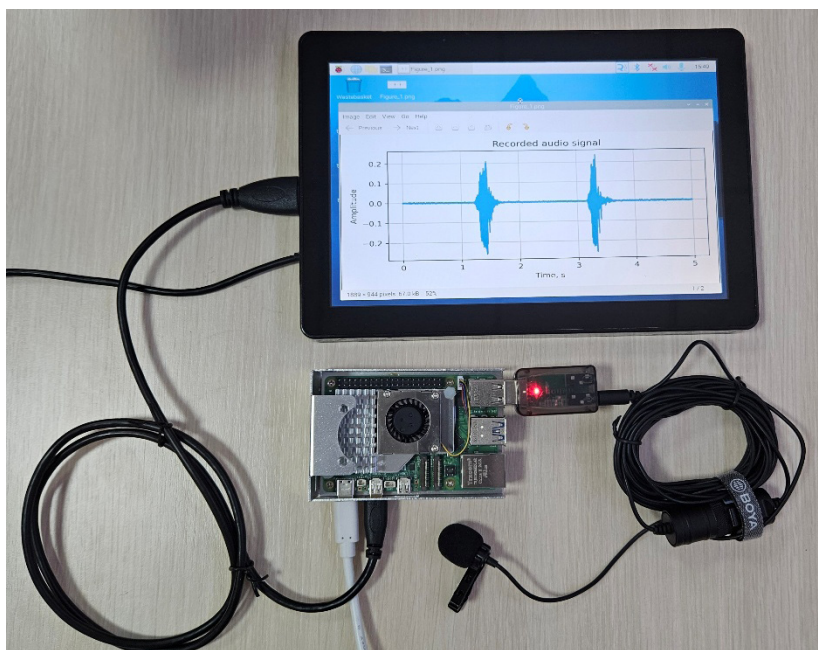


Fig. 7. Prototype of the Raspberry Pi-based acoustic monitoring device.

Performance and Event Detection Quality

The system was tested under continuous recording for a total duration of 10 minutes, using an analysis window of 1 s and a step size of 0.5 s. The average processing time per window was 0.12 s, ensuring real-time operation with sufficient computational margin. A four-level discrete wavelet decomposition increased CPU load up to 26–30 %, while memory usage did not exceed 220 MB. These results confirm that the proposed algorithm can be implemented on resource-limited edge platforms such as the Raspberry Pi 4.

To illustrate the detection capability, Figure 8 shows a 5-second fragment of the recorded acoustic signal. Two distinct impulsive events can be clearly observed against a low-amplitude background noise, indicating successful signal acquisition and preprocessing.

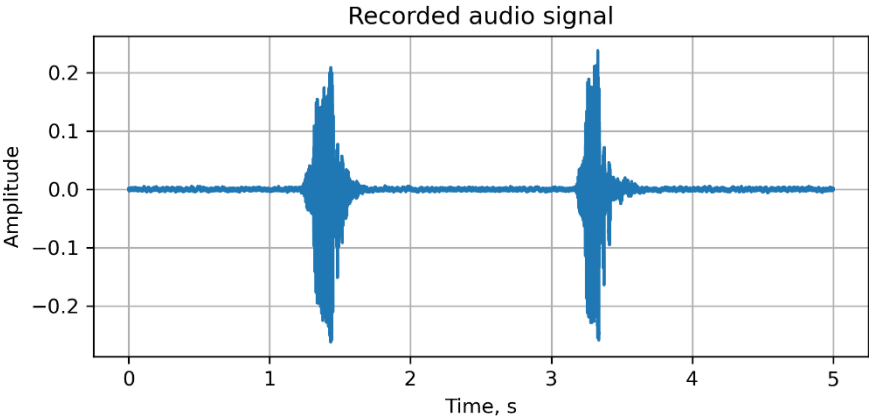


Fig. 8. Five-second fragment of the recorded acoustic signal captured by the Raspberry Pi microphone.

Figure 9 presents the result of the STA/LTA-based event detection for the same signal fragment. The gray regions correspond to intervals where the STA/LTA ratio exceeded the threshold. The detected segments accurately coincide with the acoustic impulses observed in Figure 8, demonstrating reliable operation of the event detector.

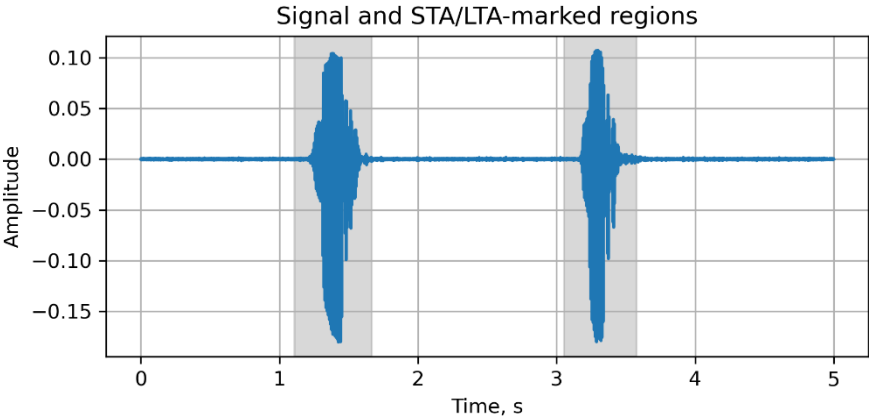


Fig. 9. STA/LTA-based event detection for the same signal fragment; gray areas indicate threshold exceedance intervals.

Overall, the implemented system demonstrates stable performance in real-time operation, reliably detecting short-duration acoustic events even under background noise. These results validate the feasibility of deploying the developed edge-based acoustic monitoring system for environmental or seismological early-warning applications.

The results of automatic event detection are summarized in Table 4. For each detected event, the system provides the start time, end time, and total duration, calcu-

lated in real time on the Raspberry Pi platform.

Table 3. Automatically Detected Acoustic Events Using the STA/LTA Method on Raspberry Pi.

Event №	Start time (s)	End time (s)	Duration (s)
1	1.1069	1.6657	0.5588
2	3.0542	3.5779	0.5237

Both events were detected with a timing deviation below 0.02 s from the reference intervals, confirming the stability of the algorithm and the accuracy of the selected threshold parameters.

These results demonstrate that the Raspberry Pi-based system can reliably identify short-term acoustic disturbances in real time, validating its suitability for field deployment in environmental and emergency monitoring applications.

The system demonstrated stable continuous operation for more than two hours without errors or memory leaks. The obtained results confirm that the proposed architecture can serve as a foundation for autonomous bioacoustic or seismo-acoustic monitoring stations, particularly in environments with limited power supply and network connectivity.

Discussion

The experimental results show that using the low-power Raspberry Pi platform for acoustic monitoring of natural signals is not only technically possible, but also a practically effective solution. Despite the limited computing resources, the device consistently performs real-time signal analysis, demonstrating low processing latency and stability during long-term operation. This is especially important for systems operating offline, where there is no permanent access to cloud services.

The choice of digital analysis methods — wavelet transformations, calculation of RMS, asymmetry and kurtosis, as well as estimation of spectral entropy - allowed us to achieve a balance between recognition accuracy and computational load. Unlike more heavy-duty neural network solutions, the approach based on digital filtering and statistical features does not require large resources, which makes the system suitable for deployment on low-cost sensor nodes.

A comparison with existing studies shows that the proposed architecture reduces data transmission latency by about 30–40 % and eliminates dependence on a stable Internet connection. Thus, the transition from cloud computing to edge computing opens up the possibility of creating local sensor networks that can function independently of the infrastructure.

The obtained results also indicate the prospects of using the system not only for laboratory experiments, but also for field tasks, for example, in bioacoustics, seismic and acoustic monitoring, or environmental observations. At the same time, the prototype can be scaled by integrating it with other sensors (vibration, infrared or radar), as well as combining data into a single IoT network.

Nevertheless, the work has certain limitations. So far, the device processes data

from only one channel and at a fixed sampling rate. In the future, it is planned to implement an adaptive filtering system for variable noise conditions, as well as implement a machine learning module for classifying events by types of acoustic signals.

Thus, the proposed system demonstrates the potential for a transition from traditional signal processing to intelligent peripheral solutions and can become the basis for creating a new generation of distributed monitoring systems.

Conclusion

This study presented the design and implementation of an edge-based acoustic monitoring system utilizing the Raspberry Pi microcomputer as a compact and energy-efficient platform for local signal processing in real time. The proposed architecture combines preprocessing, statistical and spectral-wavelet analysis, and event detection based on the short-term to long-term energy ratio (STA/LTA) method. Through the integration of these techniques, the system successfully achieves a balance between computational efficiency and detection accuracy.

Experimental evaluation demonstrated that the developed prototype reliably identifies impulsive acoustic events, maintaining low latency and stable performance during continuous operation. The combination of statistical indicators such as RMS, skewness, and kurtosis with spectral entropy analysis enables effective feature extraction under noisy environmental conditions. This confirms the feasibility of using lightweight digital signal processing methods for real-time acoustic monitoring on low-power embedded systems.

The hardware and software implementation on the Raspberry Pi platform proved to be stable and energy-efficient, with minimal processing delays and acceptable CPU utilization. This makes the system suitable for deployment in autonomous networks, particularly for seismo-acoustic, bioacoustic, and environmental monitoring tasks where low power consumption and local processing are essential.

The presented work contributes to the growing field of edge computing by demonstrating that real-time acoustic monitoring can be achieved without reliance on cloud infrastructure. Such an approach improves system reliability, reduces data transmission costs, and enhances privacy by processing signals directly at the sensor node.

Future research will focus on extending the system with wireless communication modules (Wi-Fi, LoRa, or 5G) and integrating machine learning algorithms for the classification and prediction of acoustic event types. The incorporation of adaptive signal processing and deep learning techniques—such as convolutional neural networks (CNNs) or attention-based models—will further enhance detection performance and enable the creation of distributed intelligent monitoring systems for environmental safety and early-warning applications.

Funding Information: This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP23488521).



REFERENCES

- Addison P.S. (2017). *The Illustrated Wavelet Transform Handbook – Introductory Theory and Applications in Science, Engineering, Medicine and Finance*. — CRC Press (Taylor & Francis Group). — Boca Raton / London / New York. — ISBN 978-1315355283. — 464 pp. — <https://doi.org/10.1201/9781315372556>
- Bendat J.S., & Piersol A.G. (2010). *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*. — 4th Edition. — Wiley Series in Probability and Statistics. — Publisher: John Wiley & Sons, Inc. — Hoboken, New Jersey. — Print ISBN: 978-0470248775. — Online ISBN: 978-1118032428. — DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118032428>
- Deng S., Zhao H., Fang W., Yin J., Dustdar S., & Zomaya A.Y. (2020). Edge Intelligence: The Confluence of Edge Computing and Artificial Intelligence. — *IEEE Internet of Things Journal*. — Vol. 7 (8). — pp. 7457–7469. — Publisher: IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). — ISSN: 2327-4662. — <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2984887>
- Elbouchikhi E., Zia M.F., Benbouzid M., & El Hani S. (2021). Overview of Signal Processing and Machine Learning for Smart Grid Condition Monitoring. — *Electronics*. — Vol. 10 (21). — Article 2725. — Publisher: MDPI AG. — ISSN: 2079-9292 (online). — <https://doi.org/10.3390/electronics10212725>
- Farrar C.R. & Worden K. (2012). *Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective*. — 1st Edition. — Publisher: John Wiley & Sons, Ltd. — Chichester, UK. — Series: Wiley Series in Probability and Statistics. — Print ISBN: 978-1119994336. — Online ISBN: 978-1118443118. — DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118443118>
- Gul S., Khan M.S., & Ur Rehman A. (2024). DEW: A Wavelet Approach of Rare Sound Event Detection. — *PLOS ONE*. — Vol. 19 (3). — Article e0300444. — Publisher: Public Library of Science (PLOS). — ISSN: 1932-6203. — <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300444>
- Harandi M.A.Z., Tzu Yuan L., Li C., Villumsen S.L., Ghaffari M., & Madsen O. (2025). ScalAdaptAlert: A Novel Framework for Supervised Anomaly Detection in Industrial Acoustic Data Integrating Power Scalograms, Adaptive Filter Banks, and Convolutional Neural Networks. — *Journal of Manufacturing Systems*. — Vol. 79. — pp. 234–254. — Publisher: Elsevier BV. — ISSN: 0278-6125. — <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2025.01.007>
- Hill A.P., Prince P., Piña Covarrubias E., Doncaster C.P., Snaddon J.L., & Rogers A.R. (2019). AudioMoth: A Low-Cost Acoustic Device for Monitoring Biodiversity and the Environment. — *Methods in Ecology and Evolution*. — Vol. 10 (9 [6 in print numbering]). — pp. 1199–1211. — Publisher: Wiley (John Wiley & Sons Ltd on behalf of the British Ecological Society). — ISSN: 2041-210X. — <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12955>
- Hughes B., Illsley-Kemp F., Mestel E., Townend J., Chandrakumar C., & Prasanna R. (2025). Using Citizen Science Raspberry Shake Seismometers to Enhance Earthquake Location and Characterization: A Case Study from Wellington, New Zealand. — *Seismica*. — Vol. 4 (1). — Article 1430. — Publisher: Seismica (Community-run Open-Access Journal of Seismology). — ISSN: 2834-7568. — <https://doi.org/10.26443/seismica.v4i1.1430>
- Lo Scudo F., Ritacco E., Caroprese L., & Manco G. (2023). Audio-Based Anomaly Detection on Edge Devices via Self-Supervision and Spectral Analysis. — *Journal of Intelligent Information Systems*. — Vol. 61 (3). — pp. 765–793. — Publisher: Springer Nature. — ISSN: 0925-9902 (print), 1573-7675 (online). — <https://doi.org/10.1007/s10844-023-00792-2>
- MacHado J.A.T., Pinto C.M.A., & Lopes A.M. (2013). Power Law and Entropy Analysis of Catastrophic Phenomena. — *Mathematical Problems in Engineering*. — Vol. 2013. — Article ID 562320. — Publisher: Hindawi Publishing Corporation. — ISSN: 1024-123X (print), 1563-5147 (online). — <https://doi.org/10.1155/2013/562320>
- Mousavi S.M., Ellsworth W.L., Zhu W., Chuang L.Y., & Beroza G.C. (2020). Earthquake Transformer — An Attentive Deep-Learning Model for Simultaneous Earthquake Detection and Phase Picking. — *Nature Communications*. — Vol. 11 (1). — Article 3952. — Publisher: Springer Nature / Nature Portfolio. — ISSN: 2041-1723. — <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17591-w>
- Munko M.J., Cuthill F., Valdivia Camacho M.A., Ó Brádaigh C.M., & Lopez Dubon S. (2025). An Audio-Based Framework for Anomaly Detection in Large-Scale Structural Testing. — *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. — Vol. 142. — Article 109889. — Publisher: Elsevier BV. — ISSN: 0952-1976. — <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109889>
- Pan S., Tang M., Li N., Zuo J., & Zhou X. (2025). Anomaly Detection of Acoustic Signals in Ultra-High Voltage Converter Valves Based on the FFAVAE-AS. — *Sensors*. — Vol. 25 (15). — Article 4716. — Publisher: MDPI AG. — ISSN: 1424-8220. — <https://doi.org/10.3390/s25154716>
- Satyanarayanan M. (2017). The Emergence of Edge Computing. — *IEEE Computer*. — Vol. 50 (1). — pp. 30–39. — Publisher: IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). — ISSN: 0018-9162 (print), 1558-0814 (online). — Keywords: edge computing, cloudlets, augmented reality, Internet of Things (IoT), fog computing, security, data analytics. — <https://doi.org/10.1109/MC.2017.9>
- Shi W., Cao J., Zhang Q., Li Y., & Xu L. (2016). Edge Computing: Vision and Challenges. — *IEEE Internet of Things Journal*. — Vol. 3 (5). — pp. 637–646. — Publisher: IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). — ISSN: 2327-4662 (online). — <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2579198>



Varghese B., Wang N., Barbhuiya S., Kilpatrick P., & Nikolopoulos D. S. (2016).

Challenges and Opportunities in Edge Computing. — Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud). — 18–20 November 2016, New York, USA. — pp. 20–26. — Publisher: IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). — ISBN: 978-1-5090-3924-5. — <https://doi.org/10.1109/SmartCloud.2016.18>

Zaharia B., Grecu B., Tolea A., & Radulian M. (2023). Seismic Observations in Bucharest Area with a Raspberry Shake Citizen Science Network. — Applied Sciences. — Vol. 13 (9). — Article 5646. — Publisher: MDPI AG. — ISSN: 2076-3417. — <https://doi.org/10.3390/app13095646>



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Правила оформления статьи для публикации в журнале на сайте:

<https://journal.iitu.edu.kz>

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет
информационных технологий» (Казахстан, Алматы)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Мрзабаева Раушан Жалиқызы

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР
Ермакова Вера Александровна

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
Рашидинов Дамир Рашидинович

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА
Асанова Жадыра

Подписано в печать 15.12.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф. 9,0 п.л. Тираж 100
050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09).

Издание Международного университета информационных технологий
Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59