

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**

2024 (19) 3

шілде - қыркүйек

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

БАС РЕДАКТОР:

Исахов Асылбек Абдинашмович — басқарма төрағасы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ректоры, есептеу теориясы саласындағы математика бойынша PhD докторы, “Компьютерлік ғылымдар және информатика” бағыты бойынша қауымдастырылған профессор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Колесникова Катерина Викторовна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының проректоры (Қазақстан)

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

Иналакова Мадина Тулегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ, Ғылыми-зерттеу жұмыс департаментінің директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің профессоры (Қазақстан)
Лучио Томмазо де Паолис — Саленто университетінің (Италия) инновациялар және технологиялық инженерия департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абергей университеті вице-канцлердің орынбасары (Ұлыбритания)

Микеле Пагано — PhD, Пиза университетінің профессоры (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбаевич — физика-математика ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Жабандық серіктестік және қосымша білім беру жөніндегі проректоры (Қазақстан)

Дузбаев Нуржан Токсужаевич — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректоры (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Кусанович — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нүргүл Абдуллаевна — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік» факультетінің деканы (Қазақстан)

Мухамедиева Ардақ Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Цифрлық трансформациялар» факультетінің деканы (Қазақстан)

Ыдырыс Айжан Жұмабайқызы — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Экономика және бизнес» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Аманжолова Сауле Токсановна — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Киберқауіпсіздік» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгүл Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Медиакоммуникациялар және Қазақстан тарихы» кафедрасының менгерушісі (Қазақстан)

Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

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

Тадеуш Валлас — PhD, Адам Мицкевич атындағы университеттің проректоры (Польша)

Мамырбаев Өркен Жұмажанұлы — Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, ҚР БҒМ ҚҰО ақпараттық және есептеу технологиялары институты директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның «УКРНЕТ» жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университетінің «Жобаларды басқару» кафедрасының менгерушісі (Украина)

Белоощицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Астана IT университетінің деректер жөніндегі есептеу және ғылым кафедрасының профессоры (Қазақстан)

ЖАУАПТЫ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жәліқызы — «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

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

Қазақстан Республикасы Ақпарат және әлеуметтік даму министрлігінің Ақпарат комитетінде – 20.02.2020 жылы берілген.

№ KZ82VPY00020475 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: ақпараттық технологиялар, әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технологиялар, ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологияларға арналған.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 100 дана

Редакцияның мекенжайы: 050040, Алматы қ-сы, Манас к-сі, 34/1, 709-кабинет, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

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

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2024

© Авторлар ұжымы, 2024

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Исахов Асылбек Абдиашимович — доктор PhD по математике в области теории вычислимости, ассоциированный профессор по направлению "Компьютерные науки и информатика", Председатель Правления – Ректор АО «Международный университет 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)

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

Рысбайулы Болатбек — доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, ассоциированный профессор, проректор по глобальному партнерству и дополнительному образованию 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 цифровых трансформаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ыдырыс Айжан Жумабаевна — PhD, ассистент профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

Аманжолова Сауле Токсановна — кандидат технических наук, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

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

Айтмагамбетов Алтай Zufарович — кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникаций 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)

Тадеш Валлас — PhD, проректор университета имени 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)

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — АО «Международный университет 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 социо-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, 2024

© Коллектив авторов, 2024

EDITOR-IN-CHIEF:

Iskhov Asylbek Abdiashimovich — PhD in Mathematics specializing in Computability Theory and Associate Professor in Computer Science and Informatics, Chairman of the Board, Rector of International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY CHIEF DIRECTOR:

Kolesnikova Katerina Viktorovna — Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector of Information Systems Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

SCIENTIFIC SECRETARY:

Ipalakova Madina Tulegenovna — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Research Department, International University of Information Technologies (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD:

Razaq Abdul — PhD, Professor of International Information Technology University (Kazakhstan)

Lucio Tommaso de Paolis — Director of Research and Development, AVR Laboratory, Department of Innovation and Process Engineering, University of Salento (Italy)

Liz Bacon — Professor, Deputy Director, and Deputy Vice-Chancellor of the University of Abertay. (Great Britain)

Michele Pagano — Ph.D., Professor, University of Pisa (Italy)

Otelbaev Mukhtarbay Otelbayuly — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling of International Information Technology University (Kazakhstan)

Rysbayuly Bolatbek — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Daineko Yevgeniya Alexandrovna — PhD, Associate Professor, Vice-Rector for Global Partnership and Continuing Education, International Information Technology University (Kazakhstan)

Duzbaev Nurzhan Tokkuzhaevich — Candidate of Technical Sciences, Vice-Rector for Digitalization and Innovations, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sinchev Bakhtgerey Kuspanuly — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

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

Mukhamedieva Ardak Gabitovna — Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Digital Transformations, International Information Technology University (Kazakhstan)

Idyrys Aizhan Zhumabaevna — PhD, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

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

Amanzholova Saule Toksanovna — Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Cyber Security, International Information Technology University (Kazakhstan)

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

Aitmagambetov Altai Zufarovich — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Radioengineering, Electronics and Telecommunication, International Information Technology University (Kazakhstan)

Almisreb Ali Abd — PhD, Associate Professor, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, Associate Professor, Department of Information systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Young Im Choo — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, University of Dr. Litt Adam Miscevicz in Poznan (Poland)

Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich — PhD in Information Systems, Deputy Director for Science, Institute of Information and Computing Technologies CS MSHE RK (Kazakhstan)

Bushuyev Sergey Dmitriyevich — Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of Удoктoр технических наук, профессор, директор Ukrainian Association of Project Management UKRNET, Head of Project Management Department, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Beloshitskaya Svetlana Vasilyevna — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

EXECUTIVE EDITOR

Mrzabayeva Raushan Zhalieva — 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: ijct@iitu.edu.kz

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

© International Information Technology University JSC, 2024

© Group of authors, 2024

МАЗМҰНЫ

АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Г.Т. Алин

БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАМДЫ ЖАСАУ ЖОБАСЫН БАСҚАРУ: ЖОБАДА
МЕТРИКА ЖӘНЕ САПА БАСҚАРУ.....8

Ж. Досбаев, Л. Илипбаева, А. Сулиман

ОҚИҒАЛАРДЫ АУДИОСИГНАЛДАР НЕГІЗІНДЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ
НЕГІЗІНДЕ АНЫҚТАУ.....23

А.Б. Ембердіева, I.C. Young, С.Е. Маманова, С.Б. Муханов

ЖАСАНДЫ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІЛЕРДІ ҚҰРУ ҮШІН КЕРІ ТАРАЛУ ӘДІСІНІҢ
МАТЕМАТИКАЛЫҚ ТӘСІЛІ.....32

Р. Лисневский, М. Гладка, С. Билощицкая

ІОТ ШЕШІМДЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖЕЛІДЕГІ ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНЫН
ТАЛДАУ.....49

А. Мырзакерімова, А. Хикметов

МЕДИЦИНАДАҒЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕР: ДИАГНОСТИКА
ПРОЦЕСІН АВТОМАТТАНУДАҒЫ ЗАМАНАУ ТӘСІЛДЕР.....60

А.Б. Нургалыков, А.М. Әкім

ANDROID ЖҮЙЕСІНДЕ КОРУТИНДЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ
КӨПТАПСЫРМАЛЫЛЫҚТЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ: ӨНІМДІЛІКТІ
САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....71

Ю. Соқыран, Т. Бабенко, И. Пархоменко, Л. Мирутенко

OSINT ЗЕРТТЕУЛЕРІН ЖҮРГІЗУДІҢ КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУ ӘДІСТЕРІ..80

Д. Утебаева, Л. Илипбаева

БАҒДАРЛАМАМЕН АНЫҚТАЛАТЫН РАДИО-ЖҮЙЕНІҢ (SDR) ЖӘНЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ АКУСТИКАЛЫҚ СЕНСОРДЫҢ
ОРЫНДАУ ҚАБІЛЕТТЕРІН ҮШҚЫШСЫЗ ҮШУ
АППАРАТТАРЫН ТАНУҒА САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ.....90

АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН

Н.Т. Дузбаев, А. Макеев, Е.Е. Оспанов

КӘСІПОРЫНДАРДАҒЫ ӨНДІРІСТІК АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ
БАСҚАРУ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ
ӘДІСТЕРІН ӨЗІРЛЕУ.....99

А. Макеев

ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫ ҚОРҒАУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН
ЖҮЙЕСІ.....115



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Г.Т. Алин

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ:
УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЯМИ, КОНТРОЛЬ ВЕРСИЙ И РЕЛИЗОВ
ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА.....8

Ж. Досбаев, Л. Илипбаева, А. Сулиман

ОБНАРУЖЕНИЕ СОБЫТИЙ НА ОСНОВЕ АУДИОСИГНАЛОВ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....23

А.Б. Ембердиева, I.S. Young, С.Е. Маманова, С.Б. Муханов

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД МЕТОДА ОБРАТНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....32

Р. Лисневский, М. Гладка, С. Билощицкая

АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
IOT-РЕШЕНИЙ.....49

А. Мырзакеримова, А. Хикметов

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В МЕДИЦИНЕ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К
АВТОМАТИЗАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.....60

А.Б. Нургальков, А.М. Аким

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОЗАДАЧНОСТИ В ANDROID С ПОМОЩЬЮ КОРУТИН:
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ.....71

Ю. Сокиран, Т. Бабенко, И. Пархоменко, Л. Мирутенко

МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
OSINT-ИССЛЕДОВАНИЙ.....80

Д. Утебаева, Л. Илипбаева

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММНО-
КОНФИГУРИРУЕМОЙ РАДИОСИСТЕМЫ (SDR) И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
АКУСТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА.....90

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Н.Т. Дузбаев, А. Макеев, Е.Е. Оспанов

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ
СЕТЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ.....99

А. Макеев

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....115

INFORMATION TECHNOLOGY

G.T. Alin

SOFTWARE DEVELOPMENT PROJECT MANAGEMENT: METRICS AND QUALITY MANAGEMENT IN PROJECTS.....8

Zh. Dosbayev, L. Ilipbayeva, A. Suliman

AUDIOSIGNAL BASED EVENT DETECTION USING DEEP LEARNING TECHNIQUES.....23

A.B. Yemberdiyeva, I.C. Young, S.Ye. Mamanova, S.B. Mukhanov

MATHEMATICAL APPROACH OF THE BACKPROPAGATION METHOD FOR CONSTRUCTING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS.....32

R. Lisnevskiy, M. Gladka, S. Biloshchytska

ANALYSIS OF ENERGY COSUMPTION IN THE NETWORK USING IOT SOLUTIONS.....49

A. Myrzakerimova, A.K. Khikmetov

MATHEMATICAL MODELS IN MEDICINE: MODERN APPROACHES TO DIAGNOSTIC PROCESS AUTOMATION60

A.B. Nurgalykov, A.M. Akim

OPTIMIZATION OF MULTITASKING IN ANDROID USING COROUTINES: A COMPARATIVE PERFORMANCE ANALYSIS.....71

Y. Sokyran, T. Babenko, I. Parkhomenko, L. Myrutenko

COMPUTER VISION METHODS FOR CONDUCTING OSINT INVESTIGATIONS.....80

D. Utebayeva, L. Ilipbayeva

A COMPARATIVE STUDY OF SOFTWARE-DEFINED RADIO (SDR) AND SMART ACOUSTIC SENSOR PERFORMANCE FOR UAV DETECTION.....90

INFORMATION SECURITY AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

N.T. Duzbayev, A. Makeyev, Y.Y. Ospanov

DEVELOPMENT OF METHODS FOR ENSURING THE SECURITY OF INDUSTRIAL AUTOMATION AND CONTROL NETWORKS AT ENTERPRISES.....99

A. Makeyev

AUTOMATED SECURITY SYSTEM FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES.....115



A COMPARATIVE STUDY OF SOFTWARE-DEFINED RADIO (SDR) AND SMART ACOUSTIC SENSOR PERFORMANCE FOR UAV DETECTION

*D. Utebayeva**, *L. Ilipbayeva*

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: d.utebayeva@satbayev.university

Dana Utebayeva — PhD, researcher, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: d.utebayeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-5535-9200>;

Lyazzat Ilipbayeva — associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: l.ilipbayeva@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-4380-7344>.

© D. Utebayeva, L. Ilipbayeva, 2024

Abstract. Unmanned aerial vehicles (UAVs) pose significant security challenges, especially in sensitive areas such as government buildings, schools, kindergartens, and borders. Effective detection and identification of UAVs are critical to protect sensitive areas from unauthorized access or hostile use. In terms of the ability to effectively detect the activity of suspected UAVs in these critical areas, there are two frequency-based detection technologies: acoustic sensors and program-defined radio (SDR). This study presents a comparative analysis of these technologies and evaluates their effectiveness in UAV identification. By analyzing UAV acoustic signatures and radio frequency (RF) emissions, the authors attempted to evaluate the strengths, limitations, and practical applications of each system. The findings indicate that although both technologies are effective, the choice between them depends on environmental conditions, UAV characteristics, and specific use cases. The researchers also attempted to analyze their effective performance sides to combine both for reliable recognition.

Keywords: drone detection, software-defined radio (SDR), acoustic sensors, unmanned aerial vehicles (UAVs), signal processing, RF emissions, and UAV recognition

For citation: *D. Utebayeva, L. Ilipbayeva. A COMPARATIVE STUDY OF SOFTWARE-DEFINED RADIO (SDR) AND SMART ACOUSTIC SENSOR PERFORMANCE FOR UAV DETECTION. // INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES. 2024. Vol. 5. No. 19. Pp. 90–98 (In Eng.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2024.19.3.008>.*

Funding. *The research was funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant IRN AP14971907, “Development of a robust frequency-based detection system for suspicious UAVs using SDR and acoustic signatures”).*

БАҒДАРЛАМАМЕН АНЫҚТАЛАТЫН РАДИО-ЖҮЙЕНІҢ (SDR) ЖӘНЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ АКУСТИКАЛЫҚ СЕНСОРДЫҢ ОРЫНДАУ ҚАБІЛЕТТЕРІН ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫН ТАҢУҒА САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ

Д. Утебаева, Л. Илипбаева*

Satbayev университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: d.utebayeva@satbayev.university

Дана Утебаева— PhD, Зерттеуші, Satbayev университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: d.utebayeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-5535-9200>;

Ляззат Илипбаева— Техника ғылымдарының кандидаты, Satbayev университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: l.ilipbayeva@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-4380-7344>.

© Д. Утебаева, Л. Илипбаева, 2024

Аннотация. Ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) әсіресе үкіметтік ғимараттар, мектептер, балабақшалар және шекаралар сияқты сезімтал аймақтарда маңызды қауіпсіздік мәселелерін тудырады. ҰАА-н тиімді анықтау және сәйкестендіру сезімтал аймақтардағы рұқсатсыз кіруден немесе дұшпандық пайдаланудан қорғау үшін өте маңызды болып табылады. Осы маңызды салаларда күдікті ҰҰА-ның әрекетін тиімді анықтау қабілеті тұрғысынан жиілікке негізделген екі анықтау технологиялары бар: акустикалық сенсорлар және бағдарламамен анықталатын радио-жүйе (SDR). Бұл зерттеу осы технологиялардың салыстырмалы талдауын ұсынады және олардың ұшқышсыз ұшу аппараттарын анықтаудағы тиімділігін бағалайды. ҰҰА-ның акустикалық белгілері мен радиожілік (РЖ) сәулеленулерін талдау арқылы әрбір жүйенің артықшылықтарын, шектеулерін және практикалық қолдануларын бағалауға тырыстық. Біздің қорытындыларымыз негізінде екі технология да тиімді болғанымен, олардың арасындағы таңдау қоршаған орта жағдайларына, ҰҰА-ның өнімділігіне және нақты пайдалану жағдайларына байланысты. Сонымен қатар, сенімді тану үшін екі жүйені біріктіруге олардың тиімді өнімділік жақтарын талдауға тырыстық.

Түйін сөздер: Дронды анықтау, бағдарламамен анықталатын радио-жүйе (SDR), акустикалық сенсорлар, ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА), сигналдарды өңдеу, РЖ сәулеленуі және ҰҰА тану

Дәйексөз үшін: Д. Утебаева, Л. Илипбаева. БАҒДАРЛАМАМЕН АНЫҚТАЛАТЫН РАДИО-ЖҮЙЕНІҢ (SDR) ЖӘНЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ АКУСТИКАЛЫҚ СЕНСОРДЫҢ ОРЫНДАУ ҚАБІЛЕТТЕРІН ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫН ТАҢУҒА САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ. // ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ. 2024. Т. 5. No. 19. 90–98 бет. (ағылшын тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2024.19.3.008>.



СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОЙ РАДИОСИСТЕМЫ (SDR) И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА

Д. Утебаева, Л. Илипбаева*

Satbayev университет, Алматы, Казахстан.

E-mail: d.utebayeva@satbayev.university

Дана Утебаева— PhD, исследователь, Satbayev университет, Алматы, Казахстан

E-mail: d.ute-bayeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-5535-9200>;

Ляззат Илипбаева— кандидат технических наук, Satbayev университет, Алматы, Казахстан

E-mail: l.ilipbayeva@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-4380-7344>.

© Д. Утебаева, Л. Илипбаева, 2024

Аннотация. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) представляют собой существенные проблемы безопасности, особенно в таких чувствительных зонах, как правительственные здания, школы, детские сады и границы. Эффективное обнаружение и идентификация БПЛА имеют решающее значение для защиты чувствительных зон от несанкционированного доступа или враждебного использования. С точки зрения способности эффективно обнаруживать активность подозрительных БПЛА в этих критически важных областях, существуют две технологии частотного обнаружения: акустические датчики и программно-определяемая радиосвязь (SDR). В этом исследовании проводится сравнительный анализ этих технологий и оценивается их эффективность в идентификации БПЛА. Анализируя акустические сигнатуры БПЛА и радиочастотные (РЧ) излучения, мы попытались оценить сильные стороны, ограничения и практическое применение каждой системы. Наши выводы показывают, что, хотя обе технологии эффективны, выбор между ними зависит от условий окружающей среды, характеристик БПЛА и конкретных вариантов использования. Кроме того, мы попытались проанализировать их эффективные стороны производительности для объединения обеих для надежного распознавания.

Ключевые слова: обнаружение дронов, программно-определяемая радиосистема (SDR), акустические датчики, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), обработка сигналов, радиочастотное излучение и распознавание БПЛА

Для цитирования: Д. Утебаева, Л. Илипбаева. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОЙ РАДИОСВЯЗИ (SDR) И АКУСТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА. // МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. 2024. Т. 5. No. 19. Стр. 90–98. (На англ.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2024.19.3.008>.

Introduction

Unmanned aerial vehicles, sometimes called drones, are becoming increasingly common as they can be used in many different aspects of our daily lives. But even with these benefits, there are many risks and challenges associated with using UAVs, especially when it comes to safety (Seidaliyeva et al., 2020; Taha et al., 2019). Unauthorized UAV use can have serious consequences when it occurs close to highly sensitive locations like airports, power plants, government buildings, and other vital infrastructures (Seidaliyeva et al., 2024). It can also occur in populated areas like kindergartens, universities, and schools. Cases of airspace



incidents in critical facilities, including drone malfunctions, have increased in frequency in recent years (Utebayeva et al., 2023; Seidaliyeva et al., 2024). In this regard, there is an urgent need to create and develop effective UAV detection and identification systems. To ensure a timely response to any threats, modern UAV detection systems aim to solve the problem of early warning and detection of drones. It is essential to identify drones and accurately classify, categorize, and track them based on their type, flight path and range (Samaras et al., 2019; Taha et al., 2019). When building such systems, it is necessary to use several strategies and technologies that guarantee accurate, fast detection with a small number of false positives. Smart acoustic sensors (Kashyap et al., 2023; Utebayeva et al., 2023) and software-defined radios (SDR) (Chiper et al., 2023) are two prominent options among several UAV detection methods based on frequency characteristics. Each of these two methods offers unique features, advantages, and disadvantages in addition to different operating principles.

Intelligent acoustic sensors use the ability of microphones and neural networks to recognize UAV sounds. Each model, their actions and UAV states have a unique sound signature, which depends on the rotation speed of the propellers, the number of engines and aerodynamic characteristics. Using digital signal processing techniques such as Fast Fourier Transform (FFT) and their time-frequency processing, these acoustic signatures can be extracted and the sound source can be identified as a UAV (Utebayeva et al., 2023). The advantage of this approach is its passive nature: acoustic sensors do not emit any signals, which makes them less noticeable to a potential intruder. In addition, acoustic sensors are inexpensive and easy to install, which makes them available for widespread use. However, despite the obvious advantages, intelligent acoustic systems also have several significant limitations. First, their operation is highly dependent on the environment. In conditions of strong wind, rain or in noisy urban areas, the effectiveness of acoustic sensors is significantly reduced due to interference from extraneous sounds. In addition, acoustic sensors have a limited range, which cannot offer their use in large open spaces or requires the repetition of installation of several points. There is also a risk of false alarms, when the system can mistakenly identify other sound sources, such as helicopters, motorcycles, or construction equipment, if these sounds are not sufficiently trained in those systems.

UAVs produce radio frequency (RF) signals (Tian et al., 2024) that can be captured and analyzed by software-defined radios (SDRs), which are adaptive systems. Radio transmissions are used by most drones for GPS (global positioning system), as well as for control and data transmission (Bisio et al., 2024; Chiper et al., 2023). By tuning the receiver to different frequencies and communication protocols, SDRs can detect signals emitted by unmanned aerial vehicles (UAVs) and then analyze them to find out various data points, such as the type of device, the frequency of transmission, and the signal strength. The extended detection range of the SDR is one of its key advantages. Since radio signals can be detected at a greater distance than sound sensors, the SDR is especially useful in open areas and situations where drone detection must occur early. Additionally, the SDR can operate over a wide frequency range, allowing it to monitor more complex, encrypted, or frequency-hopping data transmissions in addition to regular UAV control signals. But SDRs also face some challenges. Primarily we would like to consider the issue of radio spectrum congestion, especially in urban environments where multiple devices (such as Wi-Fi, cell phones, and radios) generate increased levels of radio noise that can interfere with the detection of UAV signals. Additionally, drones can be difficult to identify using SDRs due to their use of secure communications channels or frequency manipulation (Chiper et al., 2023; Gelman et al., 2019). There is also



the fact that SDR systems can be more expensive to install and maintain than acoustic sensors due to their greater need for complex and expensive hardware.

The aim of this study is to conduct a thorough analysis and comparison of two UAV detection technologies: software-defined radios (SDR) and intelligent acoustic sensors. The objectives of the study are to comparatively study their main advantages, disadvantages, and areas of application. The results of the study will be useful in identifying the best circumstances for using each technology and in suggesting which one to use based on the specifics of the task, such as border control, airport security, or urban safety.

Material and methods

Regarding drone recognition, intelligent acoustic and SDR sensors are complementary in their own ways. The following will discuss the general operations and steps of these two sensors individually:

Smart Acoustic Sensors

Intelligent acoustic sensors can recognize and analyze specific sound signatures generated by unmanned aerial vehicles (UAVs) using neural networks, complex signal processing, and microphones. Propeller rotation and moving activity are the main sources of sound produced by UAVs. The type of UAV, its flight speed, altitude, load, distance from the microphone, and ambient noise can all affect these sound signatures. That is, to detect unmanned aerial vehicles (UAVs) using acoustic sensors, various approaches to capturing, filtering, and analyzing sound data are integrated to accurately detect and identify UAVs in real operating conditions.

The development of intelligent acoustic sensor system consists of the following components: Selection and placement of acoustic sensor microphones, Capture and pre-processing of audio data, Extraction of acoustic features, Classification based on machine and deep learning, and Performance evaluation and testing in real-world conditions (Utebayeva et al., 2023; Dumitrescu et al., 2020; Shi et al., 2018; Sonain et al., 2020).

a) Selection and placement of acoustic sensor microphones: to record the UAV audio signals, various microphones were used, including those built into laptops, which could capture sounds in a wide range of frequencies (from 20 Hz to 20 kHz). This allows recording sounds emitted by the drones' engines and rotating propellers, which have distinctive acoustic properties. The placement of sensors considers the environmental conditions. To reduce the impact of background noise and obstacles on the sound wave, microphones are located either on the ground or at a height of approximately two to three meters above it. At the same time, it was assumed that multiple sensors would be used to ensure accurate triangulation of the sound source to determine the location of the UAV. Typically, the distance between sensors to cover a large radius is fifty meters or 100-150 meters.

b) Capture and pre-processing of audio data: Audio signals are continuously recorded and the information is stored for further processing on a sensor device.

c) Extraction of acoustic features: after filtering the frequency domains of audio signals, the main elements of the UAV sound begin to be identified at the feature extraction stage. That is, at the first stage, the spectral power density of the audio signal, frequency peaks and time dependencies are processed. For this, signal processing methods are used: fast Fourier transform (FFT) and further processing of frequency-time characteristics. These methods allow identifying distinctive spectral features from the UAV sounds.

d) Classification based on Machine and Deep Learning: the accuracy of recognizing the acoustic signatures of UAVs is improved by using machine learning or deep learning

methods. The training process uses a database of the sound characteristics of different drone models that have been captured. And Machine Learning and Deep Learning algorithms are trained to identify different types of drones based on their acoustic properties. Real-time classification is performed for each sound event that the system senses.

e) Performance evaluation and testing in real-world conditions: The final stage of development will involve testing the intelligent acoustic sensor system. To confirm the reliability of the neural network-based model, experimental data is used to evaluate the system performance metrics, such as overall recognition accuracy and classification accuracy report. The percentage of correctly classified events indicates the UAV detection accuracy, which is the main performance statistic.

Thus, intelligent acoustic sensors can provide better recognition capabilities through Deep Learning and Machine Learning methods in recognizing UAV sounds, their payloads, and their various states. However, its main limitation is the recognition range (Wang et al., 2021; Jeon et al., 2017; Katta et al., 2022; Utebayeva et al., 2021).

Software-Defined Radio (SDR)

Unmanned aerial vehicles (UAVs) emit radio frequency (RF) signals that can be detected and analyzed by software-defined radios (SDRs), which are incredibly versatile devices. Most drone operations rely on these RF signals (Flak et al., 2023), as they are commonly used for several mission-critical tasks such as data transmission, remote control, and GPS navigation. With SDR technology, receivers can be easily tuned to different frequencies and configured to support different communication protocols such as Wi-Fi, Bluetooth, or proprietary RF protocols unique to specific UAV models (Wen-Tzu Chen et al., 2017; Chiper et al., 2023).

SDR devices can use this adaptability to identify radio emissions from UAVs operating in different frequency bands, whether they are using GPS signals for autonomous navigation or are in direct communication with a ground station. SDR systems can obtain important information about UAVs in addition to detecting their existence due to their ability to track and interpret these radio frequency emissions. Thus, SDR technology is another effective tool for UAV detection and identification due to its adaptability and flexibility. It provides real-time intelligence in various operational scenarios (Chiper et al., 2023; Seidaliyeva et al., 2024; Utebayeva et al., 2023).

Table 1 - Comparative Analysis for “Intelligent Acoustic Sensor” and “SDR Sensor” for UAV Detection Systems

| Methods | Advantages | Limitations |
|-----------------------|--|--|
| Smart Acoustic Sensor | <ul style="list-style-type: none"> - Since they do not emit any signals, acoustic sensors are harder to detect. - They are not too expensive to use. - Not requiring line of sight, passive detection is advantageous in densely populated areas. | <ul style="list-style-type: none"> - The detection range of acoustic sensors is often limited. - Ambient noises can impede the precision of detection. - Similar noises coming from other sources may cause false alarms. |

| | | |
|----------------|---|--|
| SDR technology | <ul style="list-style-type: none"> - Depending on the RF signal strength and surrounding conditions, SDRs can detect UAVs for longer distances. - SDRs are capable of being adjusted to many frequency bands and protocols, such as Wi-Fi, GPS, and proprietary protocols. - More specific information about the UAV | <ul style="list-style-type: none"> - SDR systems need more advanced hardware to process and acquire data. - The RF spectrum is very crowded in urban settings, which can cause signal masking and interference. - Certain UAVs employ frequency-hopping or encrypted communications, which makes it more difficult for SDRs to identify them. |
|----------------|---|--|

Considering the advantages and disadvantages of these two methods, the following section analyzes the aspects discussed in Table 1.

Results and discussion

We tried to consider the general capabilities of Smart Acoustic Sensor and Software-Defined Radio approaches in terms of recognition area, accuracy, sensitivity to the environment, response time and cost. The reason for this is that these characteristics are crucial for the real-time functionality of the system.

Detection Range

In terms of detection range, the SDR system performed significantly better than the acoustic sensor. This is consistent with the inherent limitations of sound waves propagating through the atmosphere, as opposed to radio frequency transmissions.

Detection Accuracy

Both systems demonstrated high detection accuracy in quiet, controlled conditions, but SDR performed better. However, the accuracy of acoustic sensors drops sharply in noisy urban environments. The main reason for this discrepancy is that background noise obscures the UAV's audio characteristics due to acoustic interference.

Environmental Robustness

SDRs proved to be very robust in a variety of environments. Although densely populated RF spectrums presented challenges in urban environments, sophisticated filtering strategies allowed SDRs to successfully separate UAV transmissions. In contrast, background noise significantly impacted the performance of acoustic sensors, especially when it came from sources with identical frequency characteristics. These sensors also struggled to operate in noisy environments. But these systems are very suitable for border areas.

Response Time

Both systems demonstrated real-time detection capabilities. Acoustic sensors typically exhibit faster response times due to their immediate audio transmission and simple signal processing. Due to the complexity of RF signal processing and decoding, SDRs have slightly higher latency, although they can operate in real time.

Cost-effectiveness

Acoustic sensors, especially for close-range detection in controlled situations, are significantly cheaper and easier to install than SDRs. SDR systems can cover larger areas and provide more detailed information, so despite their higher cost, they are more suitable for high-security facilities.

Conclusion

Comparative analysis shows that although their performance varies depending on the specific application and environment, both acoustic sensors and SDR systems offer signifi-

cant capabilities for UAV detection and identification. SDRs perform better in large, complex environments and provide more specific data on UAV properties, while acoustic sensors are less expensive and more suitable for confined, monitored locations with little noise interference. The use of intelligent acoustic sensors for drones with payloads is becoming more reliable. Thus, integrating these two approaches to create a complex framework is the best solution for reliable real-time systems.

Future research could explore fusion systems that combine both acoustic and RF detection methods, thereby capitalizing on the advantages of each technology to develop a more comprehensive and adaptive UAV detection system.

REFERENCES

- Bisio I., Garibotto C., Haleem H., Lavagetto F., Sciarrone A. (2024). RF/WiFi-based UAV surveillance systems: A systematic literature review, Internet of Things. — Volume 26. — 101201. — ISSN 2542–6605. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101201>.
- Chiper F.-L., Martian A., Vladeanu C., Marghescu I., Craciunescu R., Fratu O. (2022). Drone Detection and Defense Systems: Survey and a Software-Defined Radio-Based Solution. *Sensors*. — 22. — 1453. <https://doi.org/10.3390/s22041453>
- Dumitrescu C., Minea M., Costea I.M., Cosmin Chiva I., Semenescu A. (2020). Development of an Acoustic System for UAV Detection. *Sensor*. — 20. — 4870. <https://doi.org/10.3390/s20174870>
- Flak P. and Czyba R., (2023). “RF Drone Detection System Based on a Distributed Sensor Grid With Remote Hardware-Accelerated Signal Processing,” in *IEEE Access*. — Vol. 11. — Pp. 138759–138772. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3340133.
- Kashyap A., Tyagi K.D. and Singh P. (2023). “CRNN-based UAV Detection using Acoustic Signature,” 2023 IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems (iSES). — Ahmedabad, India. — Pp. 186–190. DOI: 10.1109/iSES58672.2023.00046.
- Katta S.S., Nandyala S., Viegas S. and AlMahmoud A. (2022). “Benchmarking Audio-based Deep Learning Models for Detection and Identification of Unmanned Aerial Vehicles,” 2022 Workshop on Benchmarking Cyber-Physical Systems and Internet of Things (CPS-IoTBench). — Milan, Italy. — Pp. 7–11. DOI: 10.1109/CPS-IoTBench56135.2022.00008.
- Gelman I.S., Loftus J.P., Hassan A.A. (2019). Adversary UAV Localization with Software Defined Radio; Worcester Polytechnic Institute: Worcester. — MA, USA. — 2019. — Tech. Rep. — E-project-041719-144214.
- Jeon S., Shin J.-W., Lee Y.-J., Kim W.-H., Kwon Y. and Yang Y. (2017). “Empirical study of drone sound detection in real-life environment with deep neural networks,” 2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO). — Kos, Greece. — Pp. 1858–1862. DOI: 10.23919/EUSIPCO.2017.8081531.
- Taha B. and Shoufan A. (2019). “Machine Learning-Based Drone Detection and Classification: State-of-the-Art in Research,” in *IEEE Access*. — Vol. 7. — Pp. 138669–138682. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2942944.
- Tian Y., Wen H., Zhou J., Duan Z., Li T. (2024). Optimized Radio Frequency Footprint Identification Based on UAV Telemetry Radios. *Sensors*. — 24. — 5099. <https://doi.org/10.3390/s24165099>
- Seidaliyeva U., Akhmetov D., Ilipbayeva L., Matson E.T. (2020). Real-Time and Accurate Drone Detection in a Video with a Static Background. *Sensors*. — 20. — 3856. <https://doi.org/10.3390/s20143856>
- Seidaliyeva U., Ilipbayeva L., Taissariyeva K., Smailov N., Matson E.T. (2024). Advances and Challenges in Drone Detection and Classification Techniques: A State-of-the-Art Review. — *Sensors*. — 24. — 125. <https://doi.org/10.3390/s24010125>
- Samaras S., Diamantidou E., Ataloglou D., Sakellariou N., Vafeiadis A., Magoulaniotis V., Lalas A., Dimou A., Zarpalas D., Votis K. et al. (2019). Deep Learning on Multi-Sensor Data for Counter UAV Applications — A Systematic Review. *Sensors*. — 19. — 4837.
- Shi L., Ahmad I., He Y., Chang K. (2018). Hidden Markov model-based drone sound recognition using MFCC technique in practical noisy environments. — *J. Commun. Netw.* — 20. — Pp. 509–518.
- Sonain J., Fawad; Rahman M., Ullah A., Badnava S., Forsat M., Mirjavadi S.S. (2020). Malicious UAV Detection Using Integrated Audio and Visual Features for Public Safety Applications. *Sensors*. — 20. — 3923.
- Utebayeva D., Ilipbayeva L., Matson E.T. (2023). Practical Study of Recurrent Neural Networks for Efficient Real-Time Drone Sound Detection: A Review. *Drones*. — 7. — 26. <https://doi.org/10.3390/drones7010026>
- Wen-Tzu Chen and Chen-Hsun Ho (2017). Spectrum monitoring with unmanned aerial vehicle carrying a



receiver based on the core technology of cognitive radio – A software-defined radio design. — *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. — 5(1): — 1–12. <https://doi.org/10.1139/jjuvs-2016-0011>

Wang Y., Fagian Y., Ho K.E. and Matson E.T. (2021). “A Feature Engineering Focused System for Acoustic UAV Detection,” 2021 Fifth IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). — Taichung, Taiwan. — Pp. 125–130. DOI: 10.1109/IRC52146.2021.00031.



**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 Жаликызы

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА

Асанова Жадыра

Подписано в печать 14.09.2024.

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).