

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

**SERIES
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY**

3 (351)

JULY – SEPTEMBER 2024

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), **Н-5**

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

МАМЫРБАЕВ Өркен Жұмажанұлы, ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша философия докторы (Ph.D), ҚР БҒМ Ғылым комитеті «Ақпараттық және есептеуші технологиялар институты» РМК жауапты хатшысы (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сатпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

QUEVEDO Nemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), **Н=26**

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика және информатика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика және ақпараттық коммуникациялық технологиялар сериясы*. Қазіргі уақытта: *«ақпараттық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

Тиражы: *300 дана.*

Редакцияның мекен-жайы: *050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19*
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимжаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович, доктор философии (PhD) по специальности Информационные системы, ответственный секретарь РГП «Института информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МОН РК (Алматы, Казахстан), **Н=5**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), **Н=7**

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сагпаева (Алматы, Казахстан), **Н=3**

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша), **Н=23**

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=10**

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), **Н=28**

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=7**

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), **Н=5**

РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=26**

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=5**

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), **Н=42**

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), **Н=10**

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), **Н=12**

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), **Н=26**

«Известия НАН РК. Серия физика и информатики».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан **№ 16906-Ж** выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *серия физика и информационные коммуникационные технологии.* В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных ККСОН МОН РК по направлению «информационные коммуникационные технологии».*

Периодичность: *4 раз в год.*

Тираж: *300 экземпляров.*

Адрес редакции: *050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

EDITOR IN CHIEF:

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

MAMYRBAYEV Orken Zhumazhanovich, Ph.D. in the specialty "Information systems, executive secretary of the RSE "Institute of Information and Computational Technologies", Committee of Science MES RK (Almaty, Kazakhstan) **H=5**

EDITORIAL BOARD:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), **H=3**

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland), **H=23**

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), **H=28**

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=7**

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), **H=5**

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=26**

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=5**

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), **H=42**

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), **H=10**

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), **H=12**

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), **H=26**

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Series of physics and informatics.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. 16906-ЖК**, issued 14.02.2018
Thematic scope: *series physics and information technology.*

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MES RK in the direction of «information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Circulation: *300 copies.*

Editorial address: *28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19*

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

**A.A. Oxenenko¹, A.S.Yerimbetova^{1,2*}, A. Kuanayev¹, R.I. Mukhamediev^{1,2},
Ya.I. Kuchin^{1,2}, 2024.**

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;

²Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK,
Almaty, Kazakhstan.

e-mail: *aigerian8888@gmail.com

TECHNICAL TOOLS FOR REMOTE MONITORING USING UNMANNED AERIAL PLATFORMS

Oxenenko Alexey A. – Engineer, Head of Unmanned Aerial Vehicle Laboratory of Satbayev University, drone expert in Fédération Aéronautique Internationale, alex-ok@bk.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0216-9988>;

Yerimbetova Aigerim S. – PhD, Candidate of Technical Science, Associate Professor, professor of Satbayev University, Leading Researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan; aigerian8888@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

Kuanaev Armanzhan A. – Bachelor, armanzhankuanaev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-7617-0444>;

Mukhamediev Ravil I. – Doctor of Science (Engineering), professor, Head of The Applied Machine Learning Laboratory of Satbayev University, Chief Researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan, ravil.muhamedyev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3727-043X>;

Kuchin Yan I. – Master of Engineering Science in Computer Systems, Senior Researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan; ykucin80@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5271-9071>.

Abstract. UAV-based systems have gained popularity in recent decades due to their robustness in various commercial applications. Traditional fixed air quality monitoring stations are large and immobile, which limits their functionality. These drawbacks have been largely eliminated by affordable sensor modules integrated with drones. Equipped with optical, multispectral, and hyperspectral cameras, as well as gas analyzers, drones provide detailed data without the need for human presence. These technologies find application in areas such as agriculture, healthcare, and ecology, allowing for rapid problem detection, process control, and emergency prevention. This paper presents a comprehensive and systematic review of the commercial use of drones for air quality and environmental monitoring. The collected data were classified by drone model, sensor type, and payload weight, which is critical for their stability. Most studies used low-cost sensors depending

on the available space on the drone. The review of existing publications highlights the importance of further research and the diversity of drone applications for environmental monitoring. This work highlights the importance of drones as a tool for improving monitoring quality, data accuracy, and management decisions. In today's rapidly changing world, it is important to further develop new technologies to optimize remote monitoring, which can lead to more sustainable management of natural and urban resources. This work will help researchers and ecologists in choosing appropriate drone payloads and optimal installation sites, as well as in applying modern monitoring methods, which will be useful for developing effective protocols and databases for environmental purposes.

Key words: UAV, UAP, drones, gas analyzers, multispectral cameras.

**А.А. Оксененко¹, А.С. Еримбетова^{1,2*}, А. Қуанаев¹, Р.И. Мухамедиев^{1,2},
Я.И. Кучин^{1,2}**

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті,
Алматы, Қазақстан;

²ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты,
Алматы, Қазақстан.

e-mail: *aigerian8888@gmail.com

ҰШҚЫШСЫЗ ӘУЕ ПЛАТФОРМАЛАРЫН ПАЙДАЛАНАТЫН ҚАШЫҚТАН МОНИТОРИНГ ЖҮРГІЗУ ҮШІН ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛДАР

Оксененко Алексей Алексеевич – инженер, Сәтбаев университетінің ұшқышсыз ұшатын аппараттар зертханасының меңгерушісі, Халықаралық авиация федерациясының ұшқышсыз аппаратының сарапшысы, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев 22; alex-ok@bk.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0216-9988>;

Еримбетова Айгерим Сембековна – PhD, техн. ғылым. кандидаты, Сәтбаев университетінің профессоры, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев 22; ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының жетекші ғылыми қызметкері, Қазақстан, Алматы, Шевченко 28; aigerian8888@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

Қуанаев Арманжан Ахатұлы – бакалавр, armanzhankuanaev@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7617-0444>;

Мухамедиев Равиль Ильгизович – инж. ғылым. докторы, профессор, Сәтбаев университетінің Қолданбалы машиналық оқыту зертханасының меңгерушісі, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев 22; ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының бас ғылыми қызметкері, Қазақстан, Алматы, Шевченко 28; ravil.muhamedyev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3727-043X>;

Кучин Ян Игоревич - инж. ғылым. магистрі, ҚР ҒЖБМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының аға ғылым қызметкері, Қазақстан, Алматы, Шевченко 28; yukuchin@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5271-9071>.

Аннотация. ҰҰА негізіндегі жүйелер соңғы онжылдықтарда әртүрлі коммерциялық қолданбалардағы сенімділігіне байланысты танымал болды. Ауа сапасының мониторингі дәстүрлі стационарлық станциялары үлкен және

қозғалмайды, бұл олардың функционалдығын шектейді. Бұл кемшіліктер негізінен дрондармен біріктірілген қолжетімді сенсорлық модульдер арқылы жойылды. Оптикалық, мультиспектрлі және гиперспектральды камералармен, сондай-ақ газ анализаторларымен жабдықталған дрондар адамның қатысуынсыз егжей-тегжейлі мәліметтер береді. Бұл технологиялар проблемаларды жылдам анықтауға, процестерді бақылауға және төтенше жағдайлардың алдын алуға мүмкіндік беретін ауыл шаруашылығы, денсаулық сақтау және экология сияқты салаларда қолданылады. Бұл жұмыс ауа сапасы мен қоршаған ортаны мониторингілеу үшін дрондарды коммерциялық пайдалануды кешенді және жүйелі түрде қарастырады. Жиналған ақпарат тұрақтылық үшін маңызды болып табылатын дрон үлгілері, сенсор түрлері және пайдалы жүк салмағы бойынша жіктелді. Көптеген зерттеулер дрондағы бос орынға байланысты арзан сенсорларды пайдаланды. Қолданыстағы жарияланымдарды шолу одан әрі зерттеулердің маңыздылығын және қоршаған ортаны бақылау үшін дрондарды қолданудың әртүрлілігін көрсетеді. Бұл жұмыс дрондардың мониторинг сапасын, деректердің дәлдігін және басқару шешімдерін қабылдау құралы ретінде маңыздылығын көрсетеді. Қарқынды өзгеретін қазіргі әлемде табиғи және қалалық ресурстарды неғұрлым тұрақты басқаруға әкелетін қашықтықтан бақылауды тиімділеу үшін жаңа технологияларды одан әрі дамыту маңызды. Бұл жұмыс зерттеушілер мен экологтарға дрондар үшін қолайлы жүктерді және тиімді орнату орындарын таңдауда, сондай-ақ қоршаған ортаны қорғау мақсатында тиімді хаттамалар мен дерекқорларды әзірлеу үшін пайдалы болатын заманауи мониторинг әдістерін қолдануда көмектеседі.

Түйін сөздер: ҰҰА, ҰҰП, дрондар, газ анализаторлар, мультиспектрлі камералар.

**А.А. Оксененко¹, А.С. Еримбетова^{1,2*}, А. Куанаев¹,
Р.И. Мухамедиев^{1,2}, Я.И. Кучин^{1,2}**

¹Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан;

²Институт информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК,
Алматы, Казахстан.

e-mail: aigerian8888@gmail.com

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ

Оксененко Алексей Алексеевич – инженер, руководитель лаборатории беспилотных летательных аппаратов Университета Сатпаева, эксперт по беспилотникам Международной федерации аэронавигации, alex-ok@bk.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0216-9988>;

Еримбетова Айгерим Сембековна – PhD, к.т.н., профессор Satbayev University, Казахстан, Алматы, Сатпаева 22, Ведущий научный сотрудник Института информационных и

вычислительных технологий КН МНВО РК, Казахстан, Алматы, Шевченко 28; aigerian8888@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2013-1513>;

Куанаев Арманжан Ахатұлы – бакалавр, armanzhankuanaev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-7617-0444>;

Мухамедиев Равиль Ильгизович – д.и.н., профессор, Заведующий лабораторией прикладного машинного обучения Satbayev University, Казахстан, Алматы, Сатпаева 22, Главный научный сотрудник Института информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Казахстан, Алматы, Шевченко 28; ravil.muhamedyev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3727-043X>;

Кучин Ян Игоревич – магистр технических наук в области компьютерных систем, старший научный сотрудник Института информационных и вычислительных технологий КН МНВО РК, Алматы, Казахстан; ykucnin80@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5271-9071>.

Аннотация. Системы с использованием БПЛА стали популярными в последние десятилетия благодаря своей надежности в различных коммерческих сферах. Традиционные стационарные станции мониторинга качества воздуха имеют большие размеры и неподвижны, что ограничивает их функциональность. Эти недостатки в значительной степени устранены с помощью доступных сенсорных модулей, интегрированных с дронами. Оснащенные оптическими, мультиспектральными и гиперспектральными камерами, а также газовыми анализаторами, дроны обеспечивают получение детализированных данных без необходимости присутствия человека. Эти технологии находят применение в таких областях, как сельское хозяйство, здравоохранение и экология, позволяя быстро выявлять проблемы, контролировать процессы и предотвращать чрезвычайные ситуации. Настоящая работа представляет собой комплексный и систематизированный обзор коммерческого использования дронов для мониторинга качества воздуха и состояния окружающей среды. Собранная информация была классифицирована по моделям дронов, типам датчиков и весу полезной нагрузки, что критично для их стабильности. В большинстве исследований использовались дорогие датчики в зависимости от доступного пространства на дроне. Обзор существующих публикаций подчеркивает важность дальнейших исследований и разнообразие применения дронов для экологического мониторинга. Эта работа акцентирует значимость дронов как инструмента для повышения качества мониторинга, точности данных и управленческих решений. В условиях быстрого изменения современного мира важна дальнейшая разработка новых технологий для оптимизации дистанционного мониторинга, что может привести к более устойчивому управлению природными и городскими ресурсами. Эта работа окажет помощь исследователям и экологам в выборе подходящей полезной нагрузки для дронов и оптимальных мест их установки, а также в применении современных методов мониторинга, что будет полезно для разработки эффективных протоколов и баз данных для экологических целей.

Ключевые слова: БПЛА (беспилотные летательные платформы), БПЛА (беспилотные летательные аппараты), дроны, газоанализаторы, мультиспектральные камеры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №AP23488745 «Оперативная оценка засоленности почвы с применением маловысотных беспилотных летательных платформ», № BR21881908 «Комплексе экологического сопровождения городской агломерации» и № BR24992908 «Система поддержки агротехнических мероприятий в растениеводстве на базе комплекса средств мониторинга и методов искусственного интеллекта (Agroscope)»).

Введение

В большинстве крупных городов мира мониторинг качества воздуха и анализ окружающей среды стали привычными задачами. Этот процесс включает как количественную, так и качественную оценку концентрации загрязняющих веществ в различных условиях в соответствии с национальными стандартами. Распространение опасных загрязнителей нарушает атмосферное равновесие, приводит к заболеваниям и наносит вред экосистемам. Загрязненный воздух представляет серьезную угрозу для здоровья людей и окружающей среды, способствуя распространению болезней.

Недавние исследования подтвердили влияние загрязняющих веществ на местную флору, фауну и исторические объекты. Современные регистраторы данных и мониторы помогают выявлять взаимосвязи и предсказывать изменения в экологии и климате. Загрязнение воздуха обусловлено множеством факторов, включая климатические условия, топографию и источники загрязнения, и продолжает нарастать с каждым днем. Ожидается, что это исследование послужит руководством для экологического мониторинга объектов, загрязняющих окружающую среду, с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Беспилотные летательные платформы (БПЛ), такие как БПЛА, предоставляют возможность проведения дистанционного мониторинга различных объектов и территорий. Для этого они оборудуются оптическими, мульти-, гипер- спектральными камерами, газоанализаторами и другими приборами, позволяющими собирать информацию о состоянии объектов и окружающей среды.

С помощью беспилотных летательных платформ можно осуществлять мониторинг лесных массивов, сельскохозяйственных угодий, строительных объектов, труднодоступных мест и других областей. Это позволяет оперативно выявлять проблемы, контролировать выполнение работ, принимать управленческие решения и предотвращать чрезвычайные ситуации.

Технические средства дистанционного мониторинга с помощью беспилотных летательных платформ могут быть использованы в различных областях, таких как экология, сельское хозяйство, строительство, транспорт, мониторинг технических систем и др. (Mukhamediev et al., 2021)

Одним из самых перспективных направлений в развитии технических

средств дистанционного мониторинга с использованием беспилотных летательных платформ (БЛП) является интеграция и использование новых технических решений сбора данных и методов обработки получаемых данных. Вот некоторые из новых направлений, которые можно выделить: применение алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа полученных данных, разработка более эффективных систем передачи данных, таких как беспроводные технологии связи нового поколения (например, 5G), что позволяет передавать данные в реальном времени с высокой пропускной способностью, создание компактных и точных датчиков, включая камеры высокого разрешения, инфракрасные и мультиспектральные сенсоры, увеличение длительности полета и энергоэффективности БЛП за счет применения легких материалов, улучшения аккумуляторов или даже использования альтернативных источников энергии, таких как солнечные батареи, возможность интеграции беспилотных летательных платформ с другими типами дистанционных средств мониторинга, например стационарными сенсорными устройствами на земле.

В целом, использование БЛП для дистанционного мониторинга обеспечивает более широкий охват территории, высокую точность данных и оперативную обратную связь.

Краткий обзор некоторых публикаций, посвященных данной тематике. В условиях активно развивающейся науки и техники индустрия БПЛА демонстрирует стремительный рост, что приводит к увеличению числа дронов. Вместе с тем, проблемы, связанные с использованием дронов, становятся объектом внимания исследователей. Дроны были исследованы в качестве инструмента для мониторинга загрязнения воздуха в окружающей среде (Chang, et al., 2018; Chilinski et al., 2018). Система мониторинга качества воздуха с использованием БПЛА и визуальным наведением была разработана авторами Yang et al. (Yang et al., 2019). Данная система позволяет отслеживать и прогнозировать распределение индекса качества воздуха (AQI) в пространственно-временной перспективе. Авторы исследований продемонстрировали, что БПЛА могут применяться для определения концентрации загрязняющих веществ в воздухе (Babaan, et al., 2018; Alvear et al., 2017). В статье Andrew Hamilton-Wright et al. (Andrew Hamilton-Wright et al., 2017) рассматривается применение БЛП для мониторинга окружающей среды, включая экологические и географические исследования, охрану природы, сельское хозяйство и геодезию, обсуждают технические характеристики БЛП, их преимущества и ограничения, а также перспективы развития этой технологии в будущем. Zahari et al. (Zahari, et al., 2021) проводили обзор применения фотограмметрии с использованием БЛП для мониторинга прибрежных и речных территорий. Авторы анализируют технические возможности БЛП, методы обработки полученных данных и потенциальные применения результатов исследований в различных областях, таких как геология, гидрология и охрана окружающей среды. В статье Hodgson et al. (Hodgson, et al., 2017) исследуется использование БЛП для наблюдения и

исследования морской фауны. Авторы оценивают вероятность обнаружения различных видов морских животных с помощью БЛП и рассматривают преимущества этого метода наблюдения по сравнению с традиционными методами исследования. В работе от Zhang et al. (Zhang, et al., 2023) проводится обзор современных возможностей дистанционного зондирования с помощью БЛП. Авторы анализируют различные типы сенсоров и оборудования, используемых на БЛП, а также применяемые методы обработки и анализа полученных данных, и предлагают перспективы развития этой технологии в будущем.

Эти работы представляют собой лишь небольшую часть обширного научного и практического обсуждения темы использования БЛП для дистанционного мониторинга. Тем не менее, они демонстрируют значимость этой темы и разнообразие её аспектов, а также подчеркивают важность дальнейших исследований и разработок в этой области.

Материалы и методы

Летательные аппараты для мониторинга. При решении различных задач мониторинга окружающей среды важным недостатком является количественная ограниченность пространственно-распределенных данных. Измерения с помощью БПЛА могут повысить пространственное разрешение и позволяют сформировать трехмерную картину распределения различных параметров, получить информацию о земной поверхности и водной толще из труднодоступных мест. В соответствии с принятой классификацией, малые БПЛА, на базе которых может быть организован мониторинг, делятся на группы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики малых БПЛА в соответствии с классификацией AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International)

Категория	Взлетная масса, кг	Дальность полета, км	Высота полета, м	Продолжительность полета, ч
Nano БПЛА	< 0,25	< 1	100	< 0,5
Micro БПЛА	< 5	< 10	250	1
Mini БПЛА	5 - 150	< 30	150 - 300	< 2
Легкие БПЛА	25- 150	10 - 30	3000	2 - 4
Легкие БПЛА с малой дальностью полета	50 – 250	30 -70	3000	3 - 6
Средние БПЛА	150 - 500	70 - 200	5000	6 - 10

Применение легких и средних БПЛА в пределах города затруднено и, в целом, вряд ли оправдано в связи с высокой стоимостью подобных аппаратов, поскольку для большинства видов оптического мониторинга и мониторинга состояния воздушной среды вполне достаточно БПЛА грузоподъемностью до нескольких килограммов. В связи с этим рассмотрим использование нано, микро и мини БПЛА для организации мониторинга. К их числу относятся:

мультироторный нанодрон весом менее 250 грамм, мультироторный универсальный мини дрон весом до 6 кг, мини дрон конвертоплан весом до 15 кг. Кроме этого, возможно применение аппаратов легче воздуха (дирижаблей/аэростатов).

Система мониторинга на основе нанодрона.

Одной из возможных является система мониторинга на основе нанодрона, вариант которого показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Нанодрон для мониторинга

Технические характеристики нанодрона, могут быть следующими:

Приёмник: рабочая частота 2,4 ГГц позволяет управлять дроном на расстоянии.

Рама: изготовлена из карбона, что делает её лёгкой и прочной.

Размер рамы: диаметр по осям моторов - 168 мм.

Полётный контроллер и регулятор оборотов: Максимальный ток - 40А, что обеспечивает стабильное управление и регулировку оборотов.

Камера и видеопередатчик: аналоговые, рабочая частота - 5,8 ГГц, для передачи видеосигнала.

Пропеллеры: диаметр 100 мм, могут быть как 2х, так и 3х лопастные, что влияет на эффективность и управляемость дрона.

GNSS-модуль: мульти-системный (GPS + GLONASS + Beidou), обеспечивает точную навигацию.

Антенна: рабочая частота 5,8 ГГц, круговая поляризация для стабильной связи.

Моторы: диаметр 14 мм, с 2750 оборотами на вольт.

Вес: 249 грамм, что делает дрон лёгким и маневренным.

Разъём силовой: максимальный ток - 30А, для подключения аккумулятора.

Аккумулятор: тип - литий-ионный, номинальное напряжение - 14.8 вольт, ёмкость - 2500 мАч, обеспечивает достаточную энергию для длительных полётов.

Время оперативного развертывания: 2 минуты, что позволяет быстро подготовить дрон к полёту.

Лётные характеристики:

Продолжительность полёта: до 25 минут (в диапазоне высот 0 – 1000 м)

Максимальная дальность полёта: 20 км

Практический потолок: 3000 м

Максимальная скорость: 120 км/ч

Крейсерская скорость по маршруту: 70 км/ч

Преимущества использования беспилотных летательных платформ (БПЛА) категории нано в дистанционном мониторинге:

Универсальность: нано БПЛА, весом менее 250 грамм, обладают универсальностью в применении и могут использоваться практически в любых местах с соблюдением правил выполнения полётов. Это делает их идеальным выбором для мониторинга в различных условиях, включая городские районы, лесные массивы, и труднодоступные места.

Маневренность: нанодроны обладают высокой маневренностью и могут легко проникать в узкие пространства. Это особенно важно для мониторинга в городских условиях, где доступ к объектам может быть ограничен, или в лесных районах, где необходимо исследовать труднодоступные участки.

Экономичность: нанодроны требуют меньше энергии для полёта по сравнению с более крупными моделями. Это делает их более экономичными в использовании и позволяет продлить время полёта на одном заряде батареи. Кроме того, они обычно более доступны с финансовой точки зрения, что делает их привлекательным выбором для широкого круга пользователей.

Безопасность: в случае аварии маленький дрон представляет меньшую угрозу для окружающих людей и имущества. Их лёгкий вес и компактные размеры снижают потенциальные повреждения и риски для безопасности. Это особенно важно при работе в густонаселённых или ограниченных пространствах, где безопасность окружающих является приоритетом.

Таким образом, беспилотные летательные платформы категории нано предоставляют ряд преимуществ, делающих их идеальным выбором для множества задач дистанционного мониторинга. Их универсальность, маневренность, экономичность и безопасность делают их важным инструментом для различных отраслей, включая сельское хозяйство, экологию, гражданскую оборону и многое другое.

Ограничения использования беспилотных летательных платформ (БПЛА) категории нано при дистанционном мониторинге:

Ограниченная полезная нагрузка: нанодроны имеют ограниченную

способность нести полезную нагрузку из-за их компактного размера и ограниченной грузоподъемности. Это ограничивает количество датчиков и другого оборудования, которое может быть установлено на БПЛА. В результате, нанодроны могут быть менее эффективны в выполнении задач, требующих большого объема сенсоров или оборудования.

Ветровые условия: из-за своей малой массы нанодроны более чувствительны к ветровым условиям, особенно при выполнении полётов на большие высоты. Сильные ветры могут значительно повлиять на стабильность и управляемость БПЛА, что может усложнить выполнение задач мониторинга и повысить риск потери контроля над дроном.

Хотя нанодроны обладают рядом преимуществ, описанных ранее, эти ограничения важно учитывать при их использовании. Планирование полётных заданий с нано БПЛА должно учитывать их ограниченные возможности, чтобы обеспечить безопасность и эффективность выполнения мониторинговых задач.

Система мониторинга на основе мультироторного мини дрона

Мультироторный БПЛА в конструкции гексакоптера представлен на рисунке 2.



Рис. 2 – Универсальный дрон для мониторинга на основе гексакоптера

В этом случае БПЛА обладает следующими характеристиками, описанные в табл. 2:

Табл. 2 – Характеристики мультироторный БПЛА

Взлётный вес	до 6кг
Полезная нагрузка	Может быть установлен комплекс фотохимических датчиков (NO ₂ , CO, NH ₃ , CO ₂ , VOCs, PM _{2.5} , PM ₁₀), оптических, акустических датчиков и инфракрасная камера.
Время полёта	до 30мин
Скорость полёта	0- 50км/ч
Взлёт/посадка	Вертикально

Высота полёта	2-1000м
Рабочие частоты	433МГц, 900МГц, 1,2ГГц, 2,4ГГц, 5,8ГГц
Системы спутникового позиционирования	GPS, ГЛОНАСС, BEIDOU, GALILEO
Размер площадки для взлёта/посадки	2х2м
Диаметр по осям двигателей	850мм
Количество двигателей	6
Тип двигателей	бесколлекторные 3-х фазные BLDC (brushless direct current)
Управление	полуавтоматическое, автоматическое (взлёт/посадка, полёт по маршруту)
Планирование маршрута	через ПК с использованием модема
Точность позиционирования	до 0,6м.
Программное обеспечение	Ardupilot, QGroundControl

Преимущества использования беспилотных летательных платформ (БПЛА) категории мини в дистанционном мониторинге:

Увеличенная полезная нагрузка: мини дроны обладают большей грузоподъемностью и могут нести более сложное оборудование и большее количество датчиков. Это позволяет получать более полные и разнообразные данные, что особенно важно для выполнения задач мониторинга в различных областях, включая сельское хозяйство, экологию и инфраструктуру.

Более длительное время полета: мини дроны обычно имеют большую емкость батарей, что позволяет планировать длительные полётные задания и собирать данные на больших расстояниях без необходимости частых перезарядок. Это делает их эффективным инструментом для выполнения длительных мониторинговых заданий, таких как аэрофотосъемка или патрулирование больших территорий.

Высокая стабильность: мини дроны более устойчивы к ветровым условиям и могут летать в более сложных погодных условиях без потери стабильности или управляемости. Это позволяет им проводить мониторинг в различных климатических условиях и в нестабильных атмосферных условиях.

Использование мини БПЛА предоставляет значительные преимущества в дистанционном мониторинге, позволяя проводить более эффективные и полноценные операции, собирать более разнообразные данные и осуществлять мониторинг на больших расстояниях в различных погодных условиях.

Ограничения использования беспилотных летательных платформ (БПЛА) категории мини в дистанционном мониторинге:

Хуже маневренность: мини дроны обычно менее маневренны и имеют более ограниченные возможности маневрирования по сравнению с нано

дронами. Это делает их менее подходящими для выполнения задач мониторинга в ограниченных или сложных пространствах, таких как городские районы с плотной застройкой или лесные массивы с густой растительностью.

Крупный размер для некоторых полётных заданий: размер мини дронов может препятствовать выполнению некоторых полётных заданий, особенно в ситуациях, когда требуется выполнение точных манёвров или работа в ограниченном пространстве. Например, в плотно застроенных городских районах или при необходимости облёта препятствий на маршруте.

Требования к разрешениям для полётов в пределах города: для выполнения полётов мини дронами в пределах города требуются специальные разрешения и сертификаты от соответствующих органов управления воздушным движением или властей. Это может создавать дополнительные административные и юридические сложности для организации и проведения мониторинговых операций в городских условиях.

Эти ограничения следует учитывать при планировании и выполнении полётных заданий с беспилотными летательными платформами категории мини в дистанционном мониторинге. Правильное планирование и управление полётными заданиями помогут минимизировать возможные риски и обеспечить эффективное выполнение задач мониторинга в различных условиях и средах.

Система мониторинга на основе мини конвертоплана

Универсальный дрон для мониторинга на основе конвертоплана показан на рис. 3.



Рис. 3 – Универсальный дрон для мониторинга на основе конвертоплана

Табл. 3 – Характеристики универсального дрона для мониторинга на основе конвертоплана

Взлётный вес	до 15кг
Полезная нагрузка	А) комплекс фотохимических датчиков (NO ₂ , CO, NH ₃ , CO ₂ , VOCs, PM _{2.5} , PM ₁₀); Б) RGB камера с полноразмерной матрицей 36Мп В) гиростабилизированный подвес с RGB камерой с 1/2.8 CMOS сенсором, 30-кратным оптическим увеличением с функцией распознавания людей и транспортных средств с помощью искусственного интеллекта, инфракрасной камерой с разрешением 640x512 и лазерным дальномером до 2000м.
Время полёта	до 3 часов
Скорость полёта	от 0 км/ч в режиме VTOL (Vertical Takeoff and Landing), до 90км/ч в самолётном режиме
Взлёт/посадка	Вертикально, по вертолётному
Высота полёта	0 – 4800м, при полной загрузке до 3000м
Рабочие частоты	900МГц, 1,2ГГц, 2,4ГГц, 5,8ГГц
Системы спутникового позиционирования	GPS, ГЛОНАСС, BEIDOU, GALILEO
Размер площадки для взлёта/посадки	5x5м
Размах крыла	2500мм
Количество двигателей	5
Тип двигателей	электрические бесколлекторные 3-х фазные тип BLDC (Brushless Direct Current Motor)
Управление	полуавтоматическое, автоматическое (взлёт/посадка, полёт по маршруту)
Планирование маршрута	через ПК с использованием модема
Точность позиционирования	до 0,6м.
Программное обеспечение	Ardupilot, QGroundControl

Преимущества дронов-конвертопланов VTOL (Vertical Takeoff and Landing - Вертикальный взлет и посадка):

Вертикальный взлет и посадка: одним из основных преимуществ дронов VTOL является вертикальный взлет и посадка. Это позволяет взлетать и садиться на ограниченных площадках, таких как крыши зданий, узкие улицы или небольшие площадки, где нет возможности для длительных разбегов или посадочных полос. Также вертикальный взлет и посадка делают дроны VTOL пригодными для работы в труднодоступных местах, где недостаточно места для стандартных взлетно-посадочных полос.

Длительное время полета: дроны VTOL предназначены для выполнения длительных полётных заданий благодаря более высокой эффективности в самолётном режиме. После вертикального взлета они переходят в горизонтальный самолётный режим полёта, что позволяет им экономить энергию и увеличивать дальность полёта. Таким образом, дроны VTOL подходят для проведения длительных полётных заданий, таких как патрулирование, мониторинг или аэрофотосъёмка больших территорий.

Способность дронов VTOL взлетать и садиться при нулевой горизонтальной скорости на ограниченную площадку и проводить длительные полётные задания делает их особенно ценными во многих областях.

Ограничения:

Дроны VTOL могут иметь большие габариты и вес, что ограничивает их использование в некоторых полётных заданиях.

Требуется более сложное оборудование и технические навыки для обслуживания и пилотирования.

Требуется специальное разрешение для выполнения полетов в пределах города.

Система мониторинга на основе дирижабля

Универсальный дрон для мониторинга на основе дирижабля показан на рис. 4:



Рис. 4 – Мониторинг с помощью дирижабля (управляемого аэростата)

Табл. 4 – Характеристики универсального дрона для мониторинга на основе дирижабля

Взлётная масса конструкции дирижабля	до 7 кг
Полезная нагрузка до 3кг	А) комплекс фотохимических датчиков (NO ₂ , CO, NH ₃ , CO ₂ , VOCs, PM _{2.5} , PM ₁₀); Б) акустические датчики В) гиростабилизированный подвес с RGB камерой с 10-ти кратным оптическим увеличением. Сенсор CMOS 1/3”. Точность позиционирования 0,01 градуса. Г) Инфракрасный детектор VOX без охлаждения на гиростабилизированном подвесе.
Время полёта	до 8 часов
Скорость полёта	0-30км/ч
Взлёт/посадка	Вертикально
Высота полёта:	0 - 5000м
Рабочие частоты	900МГц, 1,2ГГц, 2,4ГГц, 5,8ГГц
Системы спутникового позиционирования	GPS, ГЛОНАСС, BEIDOU, GALILEO

Размер площадки для взлёта/посадки	7x7м
Габариты	длина – 4000мм, диаметр – 2000мм
Количество двигателей	2
Несущий газ	Гелий
Тип двигателей	электрические бесколлекторные 3-х фазные тип BLDC
Управление	Ручное. Возможность продолжительного зависания в одной точке. Низкая ветроустойчивость

Преимущества дирижабля:

Большая продолжительность полёта: дирижабли обладают способностью проводить длительные полёты благодаря своей способности поддерживать полёт без постоянного расходования энергии. В отличие от самолётов или вертолётов, которые постоянно тратят энергию в полёте, дирижабли могут использовать аэростатический подъём для длительного пребывания в воздухе.

Возможность производить статичные замеры на разных высотах в течение суток: Дирижабли могут легко удерживать стабильную высоту в воздухе, что позволяет им производить статичные замеры и наблюдения на разных высотах в течение суток. Это особенно полезно для мониторинга изменений в окружающей среде на различных высотах, включая климатические условия, атмосферное давление, состояние растительности и другие параметры.

Отсутствие необходимости подготовленной площадки для взлета и посадки: Дирижабли могут взлетать и садиться вертикально без необходимости специально подготовленной площадки для взлета и посадки, что делает их удобным и гибким средством транспортировки и наблюдения. Это позволяет им работать в удалённых или недоступных территориях, где отсутствуют аэродромы или аэропорты.

Преимущества дирижаблей делают их эффективным средством для проведения различных задач, включая мониторинг, наблюдение, транспортировку и другие. Возможность длительных полётов, проведение точных замеров на разных высотах и гибкость в выборе места взлета и посадки делает их особенно ценными в различных областях применения.

Ограничения использования дирижаблей:

Малая маневренность и высокая сложность управления: дирижабли обладают меньшей маневренностью и более сложным управлением по сравнению с другими типами воздушных судов, такими как самолёты или вертолёты. Это ограничивает их применение в некоторых полётных заданиях, особенно там, где требуется точное и быстрое изменение направления движения.

Высокая парусность и подверженность влиянию погодных условий: из-за своей конструкции и большой боковой поверхности, дирижабли более

подвержены воздействию ветра и других погодных явлений по сравнению с более тяжёлыми летательными аппаратами. Это создаёт затруднения в управлении и стабилизации летательного аппарата в условиях сильного ветра или других атмосферных явлений, что ограничивает их способность работать в разных климатических зонах и условиях.

Хотя дирижабли обладают рядом преимуществ, включая длительное время полёта и отсутствие необходимости специальной площадки для взлёта и посадки, их ограничения в маневренности и подверженности погодным условиям следует учитывать при планировании и выполнении полётных заданий. Продвинутые системы управления и навигации могут помочь справиться с некоторыми из этих ограничений, однако в некоторых случаях выбор другого типа воздушного судна может быть более подходящим.

Сравнительная таблица беспилотных летательных платформ для систем мониторинга приведена в табл. 5.

Табл. 5 – Сравнительная таблица БПЛА

Параметры	Гексакоптер	Нано дрон	Дирижабль	Конвертоплан
Регистрация БПЛА	Да	Нет	Нет	Да
Продолжительность проведения измерений по маршруту	До 25 минут	До 6 минут	До 3 часов	До 3 часов
Продолжительность проведения измерений в одной точке	До 35 минут	До 10 минут	Более 8 часов	До 50 минут
Максимальный вес полезной нагрузки (набора датчиков)	2 килограмма	200 грамм	3 килограмма	2 килограмма
Максимальная высота проведения измерений	3 километра	500 метров	5 километров	3 километра
Максимальная скорость ветра при проведении полетов	35 км/ч	20 км/ч	8 км/ч	50 км/ч
Время оперативного развертывания	10 минут	2 минуты	30 минут	15 минут
Максимальная скорость	70 км/ч	70 км/ч	30 км/ч	90 км/ч
Сложность выполнения запуска/посадки	Средняя	Средняя	Низкая	Средняя
Маневренность БПЛА	Высокая	Высокая	Низкая	Высокая

Камеры и Датчики

В случае мониторинга земной поверхности, установленные на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) камеры и датчики обычно способны собирать данные в оптическом и инфракрасном диапазонах спектра. Эти камеры обладают различными спектральными возможностями и разрешением, что делает их подходящими для различных задач мониторинга, включая сельское хозяйство, экологический мониторинг и инфраструктурный анализ.

Состав камер и датчиков, устанавливаемых на БПЛА, определяется задачами мониторинга. Некоторые из современных мультиспектральных камер, предназначенных для установки на БПЛА приведены в табл. 6.

Табл. 6 – Сравнение мультиспектральных камер, предназначенных для интеграции с БПЛА различных типов

Название	MicaSense Altum-PT	MicaSense RedEdge-P	Parrot Sequoia	MS 600 Pro
Внешний вид				
Ссылка	https://support.micasense.com/hc/en-us	https://support.micasense.com/hc/en-us	https://www.parrot.com/en/support	https://www.aeromotus.com/product/ms600-pro-multispectral-camera/
Вес	460 г	350 г	72 г	282 г
Габаритные размеры	11,0 x 8,0 x 6,9 см	8,9 x 7,0 x 6,7 см	5,9 x 4,1 x 2,8 см	7,9 x 7,4 x 5,2 см
Напряжение питания	7,0 В – 25,2 В	7,0 В – 25,2 В	5,0 В – 6,0 В	6,0 В – 30,0 В
Потребляемая мощность	5,5 - 10 Вт	5,5 - 10 Вт	12-15Вт	7-10Вт
Разрешение сенсора	3,2 МП мульти-спектральный диапазон, 12 МП панхроматический диапазон, 320 × 256 тепловой инфракрасный	1,6 МП мульти-спектральный диапазон, 5,1 МП панхроматический диапазон	1,2МП мульти-спектральный диапазон	1,2МП мульти-спектральный диапазон
Спектральные полосы	Синий Зеленый Красный Красный край Ближний ИК-диапазон	Синий Зеленый Красный Красный край Ближний ИК-диапазон	Зеленый Красный Красный Край Ближний ИК-диапазон	6 полос, настраиваемых производителем из 17 возможных
Цветовой выход RGB	12,4 МП (глобальный затвор, согласованный по всем полосам)	5,1 МП (глобальный затвор, согласованный по всем полосам)	16 МП (роллинг-шаттер)	Нет
Thermal	FLIR LWIR с тепловым инфракрасным излучением 7,5–13,5мкм с радиометрической калибровкой	Нет	Нет	Нет

Интерфейсы	3 настраиваемых GPIO; Порт USB 2.0 для WiFi; Ethernet	3 настраиваемых GPIO; Порт USB 2.0 для WiFi; Ethernet	Порт USB 2.0; WiFi	USB; Ethernet; PWM
Углы обзора	50° x 38° (мульти-спектральный); 46° x 35° (панхроматический); 48° x 39° (тепловой).	50° x 38° (мульти-спектральный); 44° x 38° (панхроматический).	63.9° x 50.1° (мульти-спектральный)	63.9° x 50.1° (мульти-спектральный)
Место хранения	карта памяти CFexpress	карта памяти CFexpress	карта памяти SD	карта памяти microSD

Во многих случаях для мониторинга тепловых источников используются тепловизоры, перечень которых приведен в табл. 7.

Табл. 7 – Сравнение тепловизоров, предназначенных для интеграции с БПЛА различных типов

Название	FLIR Vue Pro	FLIR Vue Pro R	FLIR Duo Pro R	SYK30L
Внешний вид				
Ссылка	https://www.flir.com/products/vue-pro-r/?vertical=suas&segment=oem	https://www.flir.com/products/vue-pro-r/?vertical=suas&segment=oem	https://www.flir.com/support/products/duo-pro-r/#Overview	https://www.foxtechfpv.com/syk-30l-ai-eo-ir-dual-sensor-gimbal-camera.html
Вес	92г	113г	325 г	912 г
Габаритные размеры	57.4 × 44.45 × 44.45мм	57.4 × 44.45 × 44.45мм	85 × 81.3 × 68.5 мм	198 x 128 x 122 мм
Напряжение питания	4.8 В – 6.0 В	4,8 В – 6,0 В	5,5 В – 26,0 В	15,0 В – 60,0 В
Диапазон рабочих температур	-20...+50	-20...+50	-20...+50	-20...+60
Разрешение тепловизора	640x512	640x512	640x512	640x512
Разрешение оптического сенсора	Нет	Нет	4K	Full HD
Оптический ZOOM	Нет	Нет	Нет	30 кратный
Гиростабилизация	Нет	Нет	Нет	3-х осевая
Интерфейсы	MavLink; USB; PWM.	MavLink; USB; PWM.	MavLink; USB; PWM.	MavLink; USB; Ethernet; PWM.
Название	FLIR Vue Pro	FLIR Vue Pro R	FLIR Duo Pro R	SYK30L
Радиометрические измерения	Нет	Да	Нет	Нет

Место хранения	карта памяти microSD	карта памяти microSD	карта памяти microSD	карта памяти TF
Дальномер	Нет	Нет	Нет	До 2000м
Распознавание объектов	Нет	Нет	Нет	Есть

Кроме сбора данных оптического диапазона спектра БПЛА могут оснащаться комплексом газоанализаторов, измерителей влажности и температуры. Их использование существенно расширяет возможности БПЛА и позволяет проводить более глубокий анализ окружающей среды и объектов.

Газоанализаторы: беспилотные летательные платформы, оснащенные газоанализаторами, могут использоваться для мониторинга состава атмосферы. Это важно для выявления и контроля концентрации различных газов, включая загрязнители, такие как диоксид углерода, оксиды азота, взвешенные частицы и т.д. Такие данные могут быть полезны для оценки качества воздуха, мониторинга выбросов промышленных предприятий, а также для раннего обнаружения опасных ситуаций, таких как утечки газа или пожары.

Измерители влажности и температуры: измерители влажности и температуры могут быть полезны для анализа климатических условий в определенной области. Беспилотные летательные платформы, оснащенные такими приборами, могут выполнять мониторинг метеорологических параметров, включая влажность воздуха, температуру окружающей среды, а также температуру поверхности земли. Эти данные могут быть полезны для прогнозирования погоды, а также для анализа климатических изменений и их влияния на окружающую среду.

Результаты и обсуждение

Применение в различных областях. Применение таких дополнительных сенсоров и приборов на БПЛА может быть полезным во многих областях. Например, в сельском хозяйстве это может помочь в мониторинге и оценке состояния почвы и растений, а также в оптимизации процессов полива и управления удобрениями. В экологических исследованиях такие данные могут использоваться для мониторинга состояния экосистем и выявления изменений в окружающей среде. В городском планировании и инфраструктурных проектах это может помочь в оценке качества воздуха и мониторинге атмосферных выбросов.

Таким образом, оснащение БПЛА комплексом газоанализаторов, измерителей влажности и температуры значительно расширяет их возможности и позволяет проводить более полный и глубокий анализ окружающей среды и объектов, что делает их более эффективными в решении различных задач дистанционного мониторинга.

Для обработки данных на борту БПЛА используются различные типы микроконтроллеров и бортовых компьютеров, среди которых упомянем платформы Nucleo от компании STM32 (Digi-Key Electronics, 2024),

Arduino Mega 2560 (Arduino, 2024) и микрокомпьютеры Nvidia Jetson Nano, обеспечивающие обработку потокового видео в реальном масштабе времени на борту БПЛА.

Заключение

Беспилотные летательные платформы представляют собой мощный инструмент для дистанционного мониторинга в различных областях. Широкий спектр технических возможностей и областей применения делают их неотъемлемой частью современных систем наблюдения и контроля за окружающей средой, обеспечивая эффективное решение разнообразных задач в области науки и промышленности.

В настоящей работе сделан краткий обзор разных классов беспилотных летательных платформ, рассмотрены их технические характеристики, проведен анализ их преимуществ и недостатков. При их рассмотрении мы делали акцент на их использовании в задаче мониторинга экологической обстановки в пределах городской агломерации. Рассмотрены также технические средства мониторинга, которыми могут быть оборудованы разные классы беспилотных летательных платформ в зависимости от решаемых задач.

Оптимальные характеристики дронов зависят от конкретных задач, которые им предстоит выполнять. Выбор оптимальных характеристик дронов и навесного оборудования для конкретной задачи позволит повысить эффективность мониторинга.

Несмотря на довольно подробный анализ технических средств воздушного мониторинга, данной работе, как и любой другой присущи следующие ограничения: ограничились рассмотрением лишь воздушных беспилотных систем, не рассматриваем специфические задачи мониторинга и соответствующего оборудования необходимые для инспекции инженерных сооружений, не рассматривались вопросы планирования маршрута БЛА, не анализировались вопросы совместного использования БЛА и надежности, в том числе, флотилий БЛА.

Часть этих вопросов проанализирована в предыдущих работах авторов (Zaitseva et al., 2023; Mukhamediev et al., 2023; Mukhamediev et al., 2023). Однако быстроменяющийся спектр возможностей БЛА и повышение их интеллектуального уровня требуют повторного анализа упомянутых вопросов. В будущих работах мы планируем рассмотреть задачу эффективного многоцелевого использования БЛА при совокупности ограничений, а также проанализировать публикационные тенденции, которые можно отследить в открытых источниках научной информации.

Литература

Mukhamediev R.I., Symagulov A., Kuchin Ya., Zaitseva E., Bekbotayeva A., Yakunin K., Assanov I., Levashenko V., Popova Y., Akzhalova A., Bastaubayeva Sh., & Tabyubaeva, L. (2021). Review of Some Applications of Unmanned Aerial Vehicles Technology in the Resource-Rich Country. *Applied Sciences*, 11(21), 10171. DOI: 10.3390/app112110171

Chang C.C., Chang C.Y., Wang J.L., Lin M.R., Ou-Yang C.F., Pan H.H., & Chen Y.C. (2018). A study of atmospheric mixing of trace gases by aerial sampling with a multi-rotor drone. *Atmospheric Environment*, 184: 254-261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.04.032>

Chiliński M.T., Markowicz K.M., & Kubicki M. (2018). UAS as a support for atmospheric aerosols research: Case study. *Pure and Applied Geophysics*, 175(9): 3325-3342. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1767-3>

Yang Y., Hu Z., Bian K., & Song L. (2019). ImgSensingNet: UAV vision guided aerial-ground air quality sensing system. In *IEEE INFOCOM 2019-IEEE Conference on Computer Communications*: 1207-1215. DOI: 10.1109/INFOCOM.2019.8737374

Babaan J.B., Ballori J.P., Tamondong A.M., Ramos R.V., & Ostrea P.M. (2018). Estimation of PM 2.5 vertical distribution using customized UAV and mobile sensors in Brgy. UP Campus, Diliman, Quezon City. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42: 89-103. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W9-89-2018>

Alvear O., Zema N.R., Natalizio E., & Calafate C.T. (2017). Using UAV-Based Systems to Monitor Air Pollution in Areas with Poor Accessibility. *Journal of advanced Transportation*, 2017(1): 8204353. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/8204353>

Andrew Hamilton-Wright & Anthony H. Dekker. (2017) Applications of unmanned aerial vehicles in the environment.

Zahari N., Karim M., Nurhikmah F., Abd Aziz N., Hafiz M., & Mohamad D. (2021). Review of Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry for Aerial Mapping Applications. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 669-676. DOI: 10.1007/978-981-33-6311-3_76

Hodgson A., Peel D., & Kelly N. (2017). Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for surveying marine fauna: assessing detection probability. *Ecological Applications*, 27. DOI: 10.1002/eap.1519

Zhang Z., & Zhu L. (2023). A Review on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing: Platforms, Sensors, Data Processing Methods, and Applications. *Drones*, 7(6), 398. DOI: 10.3390/drones7060398

Digi-Key Electronics. URL: <https://www.digikey.com/en/products/detail/stmicroelectronics/NUCLEO-F303ZE/5806776?s=N4IgtTCBcDaIMoBUCyBmMxAxFAGFAtAoiALoC%2BQA>. Date of access: 10.01.2024

Arduino Mega 2560 R3. URL: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.superdroidrobots.com%2Fshop%2Fitem.aspx%2Farduino-mega-2560-r3%2F1292%2F&psig=AOvVaw3adt8f8ayBuQaSdMMw3W4f&ust=1702060561825000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQJhxqFwoTCKDL0-v7_YIDFQAAAAAAdAAAAABAD. Дата обращения: 15.01.2024

Zaitseva E., Levashenko V., Mukhamediev R., Brinzei N., Kovalenko A., & Symagulov A. (2023). Review of Reliability Assessment Methods of Drone Swarm (Fleet) and a New Importance Evaluation Based Method of Drone Swarm Structure Analysis. *Mathematics*, 11(11), 2551. DOI: 10.3390/math11112551

Mukhamediev R., Amirgaliyev Y., Kuchin Y., Aubakirov M., Terekhov A., Merembayev T., Yelis M., Zaitseva E., Levashenko V., Popova Y., Symagulov A., & Tabynbayeva L. (2023). Operational Mapping of Salinization Areas in Agricultural Fields Using Machine Learning Models Based on Low-Altitude Multispectral Images. *Drones*, 7, 357. DOI: 10.3390/drones7060357

Mukhamediev R.I., Yakunin K., Aubakirov M., Assanov I., Kuchin Y., Symagulov A., Levashenko V., Zatceva E., Sokolov D., & Amirgaliyev Y. (2023). Coverage path planning optimization of heterogeneous UAVs group for precision agriculture. *IEEE Access*, 11(15): 5789-5803. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3235207

References

Mukhamediev R.I., Symagulov A., Kuchin Ya., Zaitseva E., Bekbotayeva A., Yakunin K., Assanov I., Levashenko V., Popova Y., Akzhalova A., Bastaubayeva Sh., & Tabynbaeva, L. (2021). Review of Some Applications of Unmanned Aerial Vehicles Technology in the Resource-Rich Country. *Applied Sciences*, 11(21), 10171. DOI: 10.3390/app112110171

Chang C.C., Chang C.Y., Wang J.L., Lin M.R., Ou-Yang C.F., Pan H.H., & Chen Y.C. (2018). A

study of atmospheric mixing of trace gases by aerial sampling with a multi-rotor drone. *Atmospheric Environment*, 184: 254-261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.04.032>

Chiliński M.T., Markowicz K.M., & Kubicki M. (2018). UAS as a support for atmospheric aerosols research: Case study. *Pure and Applied Geophysics*, 175(9): 3325-3342. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1767-3>

Yang Y., Hu Z., Bian K., & Song L. (2019). ImgSensingNet: UAV vision guided aerial-ground air quality sensing system. In *IEEE INFOCOM 2019-IEEE Conference on Computer Communications*: 1207-1215. DOI: 10.1109/INFOCOM.2019.8737374

Babaan J.B., Ballori J.P., Tamondong A.M., Ramos R.V., & Ostrea P.M. (2018). Estimation of PM 2.5 vertical distribution using customized UAV and mobile sensors in Brgy. UP Campus, Diliman, Quezon City. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42: 89-103. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W9-89-2018>

Alvear O., Zema N.R., Natalizio E., & Calafate C.T. (2017). Using UAV-Based Systems to Monitor Air Pollution in Areas with Poor Accessibility. *Journal of advanced Transportation*, 2017(1): 8204353. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/8204353>

Andrew Hamilton-Wright & Anthony H. Dekker. (2017) Applications of unmanned aerial vehicles in the environment.

Zahari N., Karim M., Nurhikmah F., Abd Aziz N., Hafiz M., & Mohamad D. (2021). Review of Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry for Aerial Mapping Applications. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 669-676. DOI: 10.1007/978-981-33-6311-3_76

Hodgson A., Peel D., & Kelly N. (2017). Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for surveying marine fauna: assessing detection probability. *Ecological Applications*, 27. DOI: 10.1002/eap.1519

Zhang Z., & Zhu L. (2023). A Review on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing: Platforms, Sensors, Data Processing Methods, and Applications. *Drones*, 7(6), 398. DOI: 10.3390/drones7060398

Digi-Key Electronics. URL: <https://www.digikey.com/en/products/detail/stmicroelectronics/NUCLEO-F303ZE/5806776?s=N4IgtTCBcDaIMoBUCyBmMxXfAGFAtAoiALoC%2BQA>. Date of access: 10.01.2024

Arduino Mega 2560 R3. URL: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.superdroidrobots.com%2Fshop%2Fitem.aspx%2Farduino-mega-2560-r3%2F1292%2F&psig=AOvVaw3adt8f8ayBuQaSdMMw3W4f&ust=1702060561825000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBQQjhqFwoTCKDL0-v7_YIDFQAAAAAdAAAAABAD. Дата обращения: 15.01.2024

Zaitseva E., Levashenko V., Mukhamediev R., Brinzei N., Kovalenko A., & Symagulov A. (2023). Review of Reliability Assessment Methods of Drone Swarm (Fleet) and a New Importance Evaluation Based Method of Drone Swarm Structure Analysis. *Mathematics*, 11(11), 2551. DOI: 10.3390/math11112551

Mukhamediev R., Amirgaliyev Y., Kuchin Y., Aubakirov M., Terekhov A., Merembayev T., Yelis M., Zaitseva E., Levashenko V., Popova Y., Symagulov A., & Tabynbayeva L. (2023). Operational Mapping of Salinization Areas in Agricultural Fields Using Machine Learning Models Based on Low-Altitude Multispectral Images. *Drones*, 7, 357. DOI: 10.3390/drones7060357

Mukhamediev R.I., Yakunin K., Aubakirov M., Assanov I., Kuchin Y., Symagulov A., Levashenko V., Zaitseva E., Sokolov D., & Amirgaliyev Y. (2023). Coverage path planning optimization of heterogeneous UAVs group for precision agriculture. *IEEE Access*, 11(15): 5789-5803. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3235207

CONTENTS

INFORMATICS

Zh.K. Abdugulova, M. Tlegen, A.T. Kishubaeva, N.M. Kisikova, A.K. Shukirova AUTOMATION OF MINING EQUIPMENT USING DIGITAL CONTROL MACHINES.....	5
A.A. Abibullayeva, A.S. Baimakhanova USING MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING TECHNIQUES IN KEYWORD EXTRACTION.....	25
M. Ashimgaliyev, K. Dyussekeyev, T. Turymbetov, A. Zhumadillayeva ADVANCING SKIN CANCER DETECTION USING MULTIMODAL DATA FUSION AND AI TECHNIQUES.....	37
D.S. Amirkhanova, O.Zh. Mamyrbayev EL-GAMAL'S CRYPTOGRAPHIC ALGORITHM: MATHEMATICAL FOUNDATIONS, APPLICATIONS AND ANALYSIS.....	52
A.Sh. Barakova, O.A. Ussatova, Sh.E. Zhussipbekova, Sh.M. Urazgalieva, K.S. Shadinova USE OF BLOCKCHAIN FOR DATA PROTECTION AND TECHNOLOGY DRAWBACKS.....	67
M. Kantureyev¹, G. Bekmanova, A. Omarbekova, B. Yergesh, V. Franzoni ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES AND SOLVING SOCIAL PROBLEMS.....	78
A.B. Kassekeyeva, A.B. Togissova*, A.M. Bakiyeva, Z.B. Lamasheva, Y.N. Baibakty ANALYSIS OF COMPARATIVE OPINIONS USING INFORMATION TECHNOLOGY.....	88
M. Mussaif, A. Kintonova, A. Nazyrova, G. Muratova, I.F. Povkhan IMPROVED PUPIL LOCALIZATION METHOD BASED ON HOUGH TRANSFORM USING ELLIPTICAL AND CIRCULAR COMPENSATION.....	103
Zh. S. Mutalova, A.G. Shaushenova, G.O. Issakova, A.A. Nurpeisova, M.B. Ongarbayeva, G.A. Abdygalikova THE METHOD FOR RECOGNIZING A PERSON FROM A FACE IMAGE BASED ON MOVING A POINT ALONG GUIDES.....	118

G. Nurzhaubayeva, K. Chezhimbayeva, H. Norshakila THE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF A WEARABLE TEXTILE YAGI-UDA ANTENNA DESIGN FOR SECURITY AND RESCUE PURPOSES.....	138
A.A. Oxenenko, A.S.Yerimbetova, A. Kuanayev, R.I. Mukhamediev, Ya.I. Kuchin TECHNICAL TOOLS FOR REMOTE MONITORING USING UNMANNED AERIAL PLATFORMS.....	152
B.S. Omarov, A.B. Toktarova, B.S. Kaldarova, A.Z. Tursynbayev, R.B. Abdrakhmanov DETECTING OFFENSIVE LANGUAGE IN LOW-RESOURCE LANGUAGES WITH BILSTM.....	174
G.Taganova, D.A. Tussupov, A. Nazyrova, A.A. Abdildaeva, T.Zh. Yermek SHORT-TERM FORECAST OF POWER GENERATION OF PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS BY COMPARING LSTM AND MLP MODELS.....	190
Zh. Tashenova, E. Nurlybaeva, Zh.Abdugulova, Sh. Amanzholova CREATION OF SOFTWARE BASED ON SPECTRAL ANALYSIS FOR STEGOANALYSIS OF DIGITAL AUDIO FILES.....	203
Zh.U. Shermantayeva, O.Zh. Mamyrbayev DEVELOPMENT AND CREATION OF HYBRID EWT-LSTM-RELM- IEWT MODELING IN HIGH-VOLTAGE ELECTRIC NETWORKS.....	223

МАЗМҰНЫ

ИНФОРМАТИКА

Ж.К. Абдугулова, М. Тлеген, А.Т. Кишубаева, Н.М. Кисикова, А.К. Шукирова САНДЫҚ БАСҚАРУ СТАНОКТАРЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ТАУ-КЕН- ШАХТА ЖАБДЫҚТАРЫН АВТОМАТТАНДЫРУ.....	5
А.А. Абибуллаева, А.С. Баймаханова КІЛТТІК СӨЗДЕРДІ ШЫҒАРУДА МАШИНАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....	25
М. Ашимғалиев, К. Дюсекеев, Т. Турымбетов, А. Жумадиллаева МУЛЬТИМОДАЛЬДЫ ДЕРЕКТЕРДІ БІРІКТІРУ ЖӘНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ТЕРІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІН АНЫҚТАУДЫ ЖЕТІЛДІРУ.....	37
Д.С. Әмірханова, Ө.Ж. Мамырбаев ЭЛЬ-ГАМАЛЬДЫҢ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ АЛГОРИТМІ: МАТЕМАТИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ, ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ.....	52
А.Ш. Баракова, О.А.Усатова, Ш.Е.Жусипбекова, Ш.М. Уразғалиева, К.С. Шадинова ДЕРЕКТЕРДІ ҚОРҒАУДА БЛОКЧЕЙНДІ ПАЙДАЛАНУ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ КЕМШІЛІКТЕРІ.....	67
М.А. Кантуреева, Г.Т. Бекманова, А.С. Омарбекова, Б.Ж. Ергеш, V. Franzoni ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІК ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ӘЛЕУМЕТТІК МӘСЕЛЕЛЕРДІ ШЕШУ.....	78
А.Б. Касекеева, А.Б. Тогисова, А.М. Бакиева, Ж.Б. Ламашева, Е.Н. Байбақты АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ САЛЫСТЫРМАЛЫ ПІКІРЛЕРДІ ТАЛДАУ.....	88
М. Мұсайф, А.Ж. Кинтонова, А.Е. Назырова, Г. Муратова, И.Ф. Повхан ЭЛЛИПТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ДӨҢГЕЛЕК КОМПЕНСАЦИЯНЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ХАФ ТҮРЛЕНДІРУІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КӨЗДІҢ ҚАРАШЫҒЫҢ ЛОКАЛИЗАЦИЯЛАУДЫҢ ЖЕТІЛДІРІЛГЕН ӘДІСІ.....	103

- Ж.С. Муталова, А.Г. Шаушенова, Г.О. Исакова, А. Нұрпейісова, М.Б. Оңғарбаева, Г.А. Әбдіғалықова**
НҮКТЕНІ БАҒЫТТАУШЫЛАР БОЙЫМЕН ЖЫЛЖЫТУ НЕГІЗІНДЕ
АДАМДЫ БЕТ БЕЙНЕСІ АРҚЫЛЫ ТАЛУ ӘДІСІ.....118
- Г. Нуржаубаева, К. Чежимбаева, Х. Норшакила**
ҚҰТҚАРУ ҚЫЗМЕТІ МАҚСАТЫНДА КИІМГЕ ОРНАЛАСТЫРЫЛАТЫН
ТЕКСТИЛЬДІ ЯГИ-УДА АНТЕННАСЫНЫҢ ДИЗАЙНЫН ҚҰРУ
ЖӘНЕ ТАЛДАУ.....138
- А.А. Оксененко, А.С. Еримбетова, А. Куанаев, Р.И. Мухамедиев, Я.И. Кучин**
ҰШҚЫШСЫЗ ӘУЕ ПЛАТФОРМАЛАРЫН ПАЙДАЛАНАТЫН
ҚАШЫҚТАН МОНИТОРИНГ ЖҮРГІЗУ ҮШІН ТЕХНИКАЛЫҚ
ҚҰРАЛДАР.....152
- Б.С. Омаров, А.Б. Тоқтарова, Б.С. Қалдарова, А.З. Турсынбаев, Р.Б. Абдрахманов**
БЕЙӘДЕП СӨЗДЕРДІ АЗ РЕСУРСТЫ ТІЛДЕРДЕН АНЫҚТАУДА
BILSTM- ДІ ҚОЛДАНУ.....174
- Г.Ж. Таганова, Д.А. Тусупов, А. Назырова, А.А. Абдильдаева, Т.Ж. Ермек**
LSTM ЖӘНЕ MLP МОДЕЛЬДЕРІН САЛЫСТЫРУ АРҚЫЛЫ ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУДІҢ ҚЫСҚА МЕРЗІМДІ БОЛЖАМЫ.....190
- Ж.М. Ташенова, Э. Нурлыбаева, Ж.К. Абдугулова, Ш.А. Аманжолова**
САНДЫҚ АУДИОФАЙЛДАРДЫ СТЕГО ТАЛДАУ ҮШІН СПЕКТРАЛДЫ
ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАМДЫ ҚҰРУ.....203
- Ж.У. Шермантаева, О.Ж. Мамырбаев**
ЖОҒАРЫ КЕРНЕУЛІ ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНДЕ ГИБРИДТІ EWT-LSTM-
RELM-IEWT МОДЕЛЬДЕУДІ ДАМЫТУ ЖӘНЕ ҚҰРУ.....223

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАТИКА

Ж.К. Абдугулова, А.Т. Кишубаева, Н.М. Кисикова, А.К. Шукирова АВТОМАТИЗАЦИЯ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ СТАНКОВ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	5
А.А. Абибуллаева, А.С. Баймаханова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ.....	25
М. Ашимгалиев, К. Дюсекеев, Т. Турымбетов, А. Жумадиллаева СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ РАКА КОЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ ДАННЫХ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	37
Д. С. Эмірханова, О. Ж. Мамырбаев КРИПТОГРАФИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ЭЛЬ-ГАМАЛЯ: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ, ПРИМЕНЕНИЕ И АНАЛИЗ.....	52
А.Ш. Баракова, О.А. Усатова, Ш.Е. Жусипбекова, Ш.М. Уразгалиева, К.С. Шадинова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКЧЕЙНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ.....	67
М.А. Кантуреева, Г.Т. Бекманова, А.С. Омарбекова, Б.Ж. Ергеш, V. Franzon ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И РЕШЕНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ.....	78
А.Б. Касекеева, А.Б. Тогисова, А.М. Бакиева, Ж.Б. Ламашева, Е.Н. Байбакты АНАЛИЗ СРАВНИТЕЛЬНЫХ МНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	88
М. Мусайф, А.Ж. Кинтонова, А.Е. Назырова, Г. Муратова, И.Ф. Повхан УЛУЧШЕННЫЙ МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗРАЧКА НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ И КРУГОВОЙ КОМПЕНСАЦИИ.....	103

Ж.С. Муталова, А.Г. Шаушенова, Г.О. Исакова, А.А. Нурпейсова, М.Б. Онгарбаева, Г.А. Абдыгаликова МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА НА ОСНОВЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТОЧКИ ПО НАПРАВЛЯЮЩИМ.....	118
Г. Нуржаубаева, К. Чежимбаева, Х. Норшакила РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ДИЗАЙНА ВСТРАИВАЕМОЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ЯГИ-УДА АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СФЕРЕ СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ.....	138
А.А. Оксененко, А.С. Еримбетова, А. Куанаев, Р.И. Мухамедиев, Я.И. Кучин ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ.....	152
Б.С. Омаров, А.Б. Токтарова, Б.С. Калдарова, А.З. Турсынбаев, Р.Б. Абдрахманов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ViLSTM ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСКОРБИТЕЛЬНОГО ЯЗЫКА В ЯЗЫКАХ С НИЗКИМ УРОВНЕМ РЕСУРСОВ.....	174
Г.Ж. Таганова, Д.А. Тусупов, А. Назырова, А.А. Абдильдаева, Т.Ж. Ермек КРАТКОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ ПУТЕМ СРАВНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ LSTM И MLP.....	190
Ж.М. Ташенова, Э. Нурлыбаева, Ж.К. Абдугулова, Ш.А. Аманжолова СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА БАЗЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СТЕГОАНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ АУДИОФАЙЛОВ.....	203
Ж.У. Шермантаева, О.Ж. Мамырбаев РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ГИБРИДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ EWT-LSTM-RELM-IEWT В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	223

**Publication Ethics and Publication Malpractice
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 30.09.2024.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

15,5 п.л. Тираж 300. Заказ 3.