

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ  
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

**ИЗВЕСТИЯ**

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН»  
ЧФ «Халық»

**N E W S**

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF  
KAZAKHSTAN  
«Halyk» Private Foundation

**SERIES  
PHYSICS AND INFORMATION TECHNOLOGY**

**4 (348)**

**OCTOBER – DECEMBER 2023**

**PUBLISHED SINCE JANUARY 1963  
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR**

ALMATY, NAS RK



## ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халық». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халық» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халық» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халық» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,  
Благотворительный Фонд «Халык»!**

#### **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/>*

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 4. Number 348 (2023). 35–49

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1726.217>

UDC 681.518.3

©**A.E. Abzhanova\***, **E.A. Abzhanov**, **A.A. Myrzamuratova**,  
**A.G. Batyrkhanov**, **A.B. Bekseitova**, 2023

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan|;  
Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan;  
Atyrau university named after H. Dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan.  
E-mail: abdygappar@mail.ru

### SOIL MOISTURE OBTAINED BY REMOTE SENSING

**Abzhanova Ainagul Eralievna** — master. Senior Lecturer of the Department of Information Systems of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: abdygappar@mail.ru. ORCID: 681.518.3;

**Abzhanov Yeraly Abdigapparovich** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: abzhanov\_Yeraly@mail.ru. ORCID: 681.518.3;

**Myrzamuratova Aida Askerbekovna** — Senior Lecturer of the Department of Computer Science, Master of Engineering and Technology, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: al\_mansur\_73@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5211-5633;

**Batyrkhanov Ardak Gabitovich** — Acting associate professor of the Department of software engineering Atyrau university named after H. dosmukhamedov, Atyrau, Kazakhstan

E-mail: Batyr.khan78@mail.ru. ORCID: 681.518.3;

**Bekseitova Ainur Bolatbekkyzy** — Korkyt Ata Kyzylorda University, senior lecturer of the Department of Computer Science, Master of Technical Sciences, Kyzylorda, Kazakhstan

E-mail: ainur.85@list.ru. ORCID: 0000-0002-0346-1924.

**Abstract.** Remote sensing techniques such as microwave techniques provide extensive spatial information about soil moisture at the earth's surface. This information is an important element for developing and improving hydrological models, which in turn play a key role in flood forecasting, water resource management and maintaining ecological balance. In addition, soil moisture data are of high value to weather forecasting models, where it can be used to more accurately predict climate conditions and precipitation. These forecasts, in turn, provide important information for various industries such as agriculture, water management and the environment. In the context of disaster prevention, soil moisture becomes a critical factor, since changes in its level can influence the risk of hazardous events such as flooding or landslides. Therefore, the use of soil moisture data in disaster management systems becomes an important aspect of public and infrastructure safety. It also provides an overview of the latest trends

in soil moisture measurement products and illustrates practical experience and application of this data in hydrological and water management projects. These remote sensing techniques, especially microwave techniques, provide the ability to quickly and accurately monitor soil moisture at various locations on the earth's surface. The information obtained becomes a key element for the development and improvement of hydrological models.

**Keywords:** information systems, soil improvement, technical reclamation, data-based approaches, reclamation efficiency

**Financing:** Not covered in this post.

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

© **А.Е. Әбжанова\***, **Е.Ә. Әбжанов**, **А.А. Мырзамуратова**,  
**А.Г. Батырханов**, **А.Б.Бексейтова**, 2023

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан;

Қорқыт ата атынағы Қызылорда Университеті, Қызылорда, Қазақстан;

Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан.

E-mail: abdygappar@mail.ru

## **ҚАШЫҚТАН ЗОНДТАУ АРҚЫЛЫ АЛЫНҒАН ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫ**

**Әбжанова Айнагүл Ералықызы** — магистр. Л.Н.Гумилева атындағы ЕҰУ ақпараттық жүйелер кафедрасының аға оқытушысы, Астана, Қазақстан

E-mail: abdygappar@mail.ru. ORCID: 681.518.3;

**Әбжанов Ералы Әбдігаппарұлы** — ф.-м.ғ.к., Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің "Математика және қолданбалы механика" кафедрасының қауымдастырылған профессорының м.а., Қызылорда, Қазақстан

E-mail: abzhanov\_Yeraly@mail.ru. ORCID: 681.518.3;

**Мырзамуратова Аида Аскербековна** — техника және технология магистрі, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, "компьютерлік ғылымдар" кафедрасының аға оқытушысы, Қызылорда, Қазақстан

E-mail: Al\_mansur\_73@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5211-5633;

**Батырханов Ардак Габитович** — PhD доктор, Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университетінің Бағдарламалық инженерия кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Атырақ, Қазақстан

E-mail: Batyr.khan78@mail.ru. ORCID: 681.518.3;

**Бексейтова Айнұр Болатбекқызы** — техника және технология магистрі, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, "компьютерлік ғылымдар" кафедрасының аға оқытушысы, Қызылорда, Қазақстан

E-mail: ainur.85@list.ru. ORCID: 0000-0002-0346-1924.

**Аннотация.** Бұл мақалада микротолқынды әдістер сияқты қашықтықтан зондтау әдістері қарастырылған, олар жер бетіндегі топырақтың ылғалдылығы туралы кең кеңістіктік ақпарат алуға мүмкіндік береді. Бұл ақпарат гидрологиялық модельдерді әзірлеу мен жетілдірудің маңызды элементі болып табылады, олар өз кезегінде су тасқынын болжауда, суды басқаруда және экологиялық тепе-теңдікті сақтауда шешуші рөл атқарады. Сонымен қатар,



топырақтың ылғалдылығы туралы мәліметтер ауа-райын болжау модельдері үшін жоғары мәнге ие, мұнда оларды климаттық жағдайлар мен жауын-шашынды дәлірек болжау үшін пайдалануға болады. Бұл болжамдар өз кезегінде ауыл шаруашылығы, Су шаруашылығы және экология сияқты әртүрлі салалар үшін маңызды ақпарат береді. Төтенше жағдайлардың алдын алу жағдайында топырақтың ылғалдылығы маңызды факторға айналады, өйткені оның деңгейіндегі өзгерістер су тасқыны немесе көшкін сияқты қауіпті құбылыстардың пайда болу қаупіне әсер етуі мүмкін. Сондықтан апаттарды басқару жүйелерінде топырақ ылғалдылығы туралы деректерді пайдалану халықтың қауіпсіздігі мен инфрақұрылымының маңызды аспектісіне айналуға болады. Сондай-ақ, топырақтың ылғалдылығын өлшеуге арналған өнімдердің соңғы тенденцияларына шолу жасалады, сонымен қатар гидрологиялық және су шаруашылығы жобаларында осы деректердің практикалық тәжірибесі мен қолданылуы суреттеледі. Бұл қашықтықтан зондтау әдістері, әсіресе микротолқынды пештер, жер бетінің әртүрлі бөліктеріндегі топырақ ылғалдылығын жедел және дәл бақылауға мүмкіндік береді. Алынған ақпарат гидрологиялық модельдерді әзірлеу мен жетілдірудің негізгі элементіне айналады.

**Түйін сөздер:** Ақпараттық жүйелер, топырақты жақсарту, техникалық мелиорация, деректерге негізделген тәсілдер, мелиорацияның тиімділігі

**Қаржыландыру:** Бұл мақалада қаржыландыру қарастырылмаған.

**Мүдделер қақтығысы:** Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдемейді.

©А.Е. Абжанова\*, Е.А. Абжанов, А.А. Мырзамуратова, А.Г. Батырханов,  
А.Б. Бексейтова, 2023

ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

Кызылординский Университет имени Коркыт ата, Кызылорда, Казахстан;

Атырауский университет имени Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан.

E-mail: abdygappar@mail.ru

## ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ, ПОЛУЧЕННАЯ ДИСТАНЦИОННЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ

**Абжанова Айнагуль Ералиевна** — магистр, старший преподаватель кафедры информационных систем ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: abdygappar@mail.ru. ORCID: 681.518.3;

**Абжанов Ералы Абдугаппарович** — к.ф.-м.н., и.о. ассоциированного профессора кафедры «Математика и прикладная механика» Кызылординского университета имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

E-mail: abzhanov\_Yeraly@mail.ru. ORCID: 681.518.3;

**Мырзамуратова Аида Аскербековна** — магистр техники и технологии, кызылординский университет имени Коркыт Ата, старший преподаватель кафедры "Компьютерные науки", Кызылорда, Казахстан

E-mail: Al\_mansur\_73@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5211-5633;

**Батырханов Ардак Габитович** — PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры программной инженерии Атырауского университета им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан  
E-mail: [Batyr.khan78@mail.ru](mailto:Batyr.khan78@mail.ru) ORCID: 681.518.3;

**Бексейтова Айнура Болатбековна** — магистр техники и технологии, кызылординский университет имени Коркыт Ата, старший преподаватель кафедры "Компьютерные науки", Кызылорда, Казахстан  
E-mail: [ainur.85@list.ru](mailto:ainur.85@list.ru) ORCID: 0000-0002-0346-1924.

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены методы дистанционного зондирования, такие как микроволновые техники, которые позволяют получать обширную пространственную информацию о влажности почвы на поверхности земли. Эта информация является важным элементом для разработки и улучшения гидрологических моделей, которые играют ключевую роль в прогнозировании паводков, управлении водными ресурсами и поддержании экологического баланса. Помимо этого, данные о влажности почвы имеют высокую ценность для моделей прогнозирования погоды, где они могут быть использованы для более точного предсказания климатических условий и осадков. Эти прогнозы предоставляют важную информацию для сельского хозяйства, водохозяйства и экологии. В контексте предотвращения чрезвычайных ситуаций влажность почвы становится критическим фактором, поскольку изменения в её уровне могут влиять на риск возникновения опасных явлений как затопления и оползни. Поэтому использование данных о влажности почвы в системах управления бедствиями становится важным аспектом обеспечения безопасности населения и инфраструктуры. Авторы также представили обзор последних тенденций в области продуктов по измерению влажности почвы и проиллюстрировали практический опыт и применение этих данных в гидрологических и водохозяйственных проектах. Эти методы дистанционного зондирования, особенно микроволновые техники, предоставляют возможность оперативного и точного мониторинга влажности почвы на различных участках земной поверхности. Полученная информация становится ключевым элементом для разработки и совершенствования гидрологических моделей.

**Ключевые слова:** информационные системы, улучшение почв, техническая мелиорация, подходы, основанные на данных, эффективность мелиорации

**Финансирование:** данная публикация не имеет источников финансирования.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **Кіріспе**

Топырақтың ылғалдылығы әлемдегі тұщы су қорының аз ғана бөлігін құраса да, оның жаһандық су айналымына әсері үлкен маңызға ие. Бұл өсімдіктер мен адамдар үшін маңызды ресурс болып табылады және ауылшаруашылық өндірісінің негізін құрайды. Топырақтың ылғалдылығы

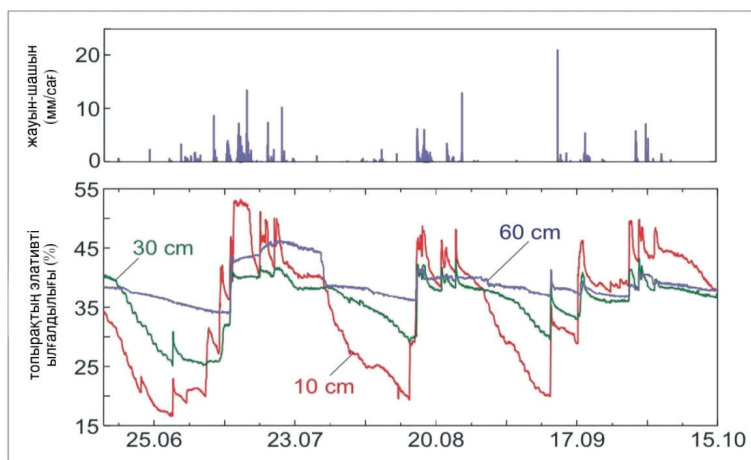
атмосфера мен топырақтың өзара әрекеттесуінің анықтаушы факторы болып табылады, сондықтан аймақтық климат пен ауа-райына тікелей әсер етеді. Сонымен қатар, топырақтың ылғалдылығы дренажды бассейндерде ағынның пайда болуында маңызды рөл атқарады, өйткені ол көбінесе жер үсті және жер үсті ағындарының дамуының шешуші факторы болып табылады. Осылайша, топырақтың ылғалдылығын есепке алу тапсырмаларды, басқару жоспарларын және су тасқыны болжамдарын теңестіру үшін гидрологиялық процестерді модельдеудің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады.

### Әдістер мен материалдар

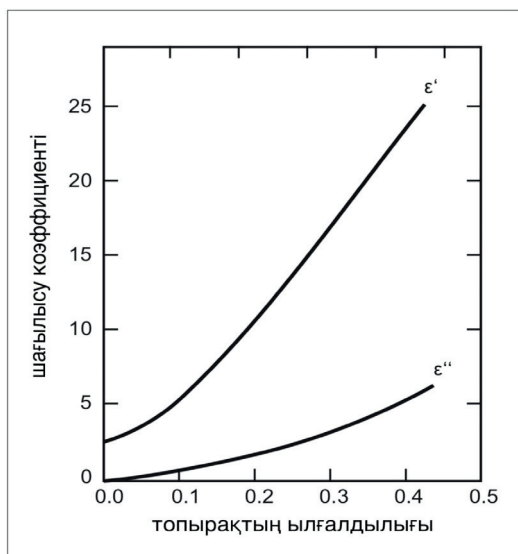
Әдетте, гидрологиялық модельдеудің негізгі бағыты дренаж жағдайларын мүмкіндігінше шынайы көбейтуге бағытталған су қоймасында қарастырылады. Тиісінше, модель параметрлерін калибрлеу негізінен бақыланатын ағындар негізінде жүзеге асырылады. Параметрлерді бағалаудағы бұл процедура топырақтың симуляцияланған ылғалдылықтың жүйелі қателіктеріне әкелуі мүмкін, олар калибрлеу кезеңінде имитацияланғандарды бақыланатын ағын сызықтарымен салыстыру арқылы анықталды.

Топырақтың ылғалдылығын өлшеу жүйелік қателіктерді азайту және ағынды болжамды дәлірек модельдеу үшін параметрлерді бағалауға қосылуы керек екені анық. Топырақтың ылғалдылығын өлшеу кезінде негізінен екі түрлі әдісті ажыратуға болады: далалық өлшеу (тікелей топырақта) және қашықтықтан зондтау әдістерін қолдану арқылы қашықтықты өлшеу. Екі әдіс кеңістіктік және уақыттық масштабта айтарлықтай ерекшеленеді. Далалық (орнында) өлшеу кезінде топырақтың әртүрлі тереңдігіндегі топырақ ылғалдылығының уақытша динамикасын үздіксіз тіркеуге болады.

Вена техникалық институтының Гидравликалық құрылыс және инженерлік гидрология институтының зерттеулері бойынша



Сурет. 1: Әр түрлі тереңдікте өлшенген топырақ ылғалдылығының уақытша ағымы және төменгі Австриядағы (Вольфсбах) шабындықта байқалған жауын-шашын 2006 ж. маусымнан қазанға дейін.



Сурет. 2: 5 ГГц жиіліктегі топырақтың ылғалдылығына байланысты топырақ үлгісінің диэлектрлік тұрақтысы.

Нәтижелер кеңістікте өте шектеулі, өйткені олар нүктелік өлшемдер болып табылады және топырақ ылғалдылығының таяз өзгергіштігіне байланысты аудандарға көшу қиындық туғызады.

Керісінше, топырақтың ылғалдылығын өлшеу кезінде ылғалдылық күйін кешенді анықтау қашықтықтан зондтау әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Дегенмен, өлшенген мәндер тек бірнеше миллиметр немесе сантиметр диапазонындағы топырақтың ылғалдылық күйін көрсетеді. Сенсорға байланысты өлшеу жиілігі бірнеше күннен бірнеше аптаға дейінгі дискретті уақытпен шектеледі. Өлшенген топырақ ылғалдылығының кеңістіктік ажыратымдылығы сенсорға байланысты 1 км-ден 50 км-ге дейін.

Осылайша, қашықтықтан зондтау әдістері топырақ ылғалдылығының шағын өзгергіштігі туралы мәлімдемелерге жол бермейді, бірақ үлкен аумақтардың орташа ылғалдылық жағдайы туралы ақпаратты камтиды. Кеңістіктік ажыратымдылығы көбінесе 1 км-ден асатын гидрологиялық модельдер үшін өлшенген ылғалдылық құрылымдары модельдің құрылымы мен параметрлерін анықтау және тексеру үшін дәстүрлі қолданыстағы деректерге жақсы қосымша болып табылады.

Алдымен қашықтықтан зондтау арқылы топырақтың ылғалдылығын анықтау әдістемесіне шолу жасаймыз. Спутниктік жүйелердің деректерін қолданып келесіні көреміз .

Гидрологиялық қолдану үшін топырақтың ылғалдылығын өлшеу. Қазіргі уақытта уақыт аймағының рефлектометрия әдісі кеңінен қолданылады. Топырақтың ылғалдылығын өлшеу кезінде. Толқындық бағыттағыштар жерге

енгізіледі, ал электромагниттік толқындардың өту уақытын өлшеу топырақ денесіндегі датчиктер арқылы жүзеге асырылады.

Осыған сүйене отырып, топырақтың ылғалдылығы. 1-суретте гидрографиялық қызмет басқаратын өлшеу нүктесінде өлшенген топырақ ылғалдылығының мысалы көрсетілген. Өлшенген мәндер тереңдіктің жоғарылауымен топырақ ылғалдылығының өзгермелі уақыт динамикасын анық көрсетеді. 10 см тереңдікте жауын-шашынның жоғары қарқындылығына және жауын-шашынсыз кезеңде булануға өте жылдам реакцияны байқауға болады, ал реакциялар 30 және 60 см тереңдікте пайда болады. Өлшенген мәндер әрқашан тек нүктелік жазба болып табылатындықтан және топырақтың ылғалдылығы әдетте өте айқын кеңістіктік өзгергіштікке ие, өлшеу нүктесінің кең ортасында нүктелік өлшеуден қорытынды жасау қиын. Топырақ ылғалдылығының кеңістіктік заңдылықтары туралы мәлімдеме жасау үшін өлшеу желісін тығыздау қажет.

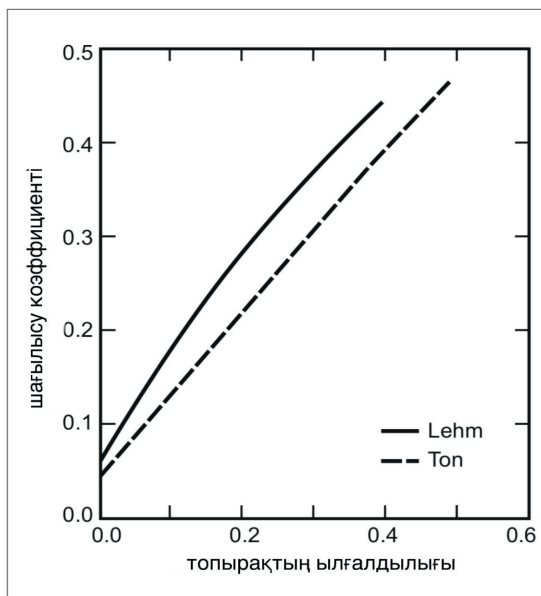
Қашықтықтан зондтау жазу жүйелерін негізінен жер үсті, әуе және спутниктік жүйелерге бөлуге болады. Датчиктер көлік құралдарына немесе дінгектерге, ұшақтар мен дрондарға, сондай-ақ спутниктерге орнатылған. Соңғы онжылдықтарда платформаның барлық үш саласында айтарлықтай прогреске қол жеткізілді. Дегенмен, спутниктік жүйелер жазбалардың жүйелілігіне байланысты жедел қолдануға өте қолайлы. Микротолқынды жүйелерде электромагниттік сәулелер 0,3-тен 30 ГГц-ке дейінгі жиілік диапазонында қолданылады, бұл атмосфераға іс жүзінде ампиірлерсіз ене алатын 1 м-ден 1 см-ге дейінгі толқын ұзындығына сәйкес келеді. Мұның шешуші артықшылығы бар, оптикалық жүйелерден айырмашылығы, радиолокациялық жүйелер бұлттылық пен түнде де қолданылады.

Микротолқынды қашықтықтан сезімтал жүйеде жазу түріне байланысты белсенді және пассивті жүйелер арасында айырмашылық жасалады.

Белсенді датчиктер электромагниттік импульстарды шығарады және жер бетінен шағылысқан сәулеленуді өлшейді. Бұл топқа, мысалы, синтетикалық апертурасы (SAR) немесе шашыраңқы сенсорлары бар Radar жүйелері кіреді. Керісінше, пассивті жүйелер үшін энергия көзі жер бетінің табиғи сәулеленуі болып табылады, ал датчиктер пассивті қабылдағыштар болып табылады. Жазу әдістері әр түрлі болғанымен, белсенді және пассивті жүйелер Кирхгоф заңы арқылы тығыз байланыста болады. Бұл бетті қашықтан өңдеуге қолдану арқылы бекітіледі. Жер, бұл дәреже туралы болмыс бір минус шағылысу дәрежесі және осылайша екі жүйеге де негізінен жер бетіндегі бірдей физикалық құбылыстар әсер етеді.

Топырақтағы судың көбеюімен диэлектрлік тұрақтылық артады, бұл кіріс радиациясының көбірек таралуына немесе сенсорға қайта шағылысуына әкеледі.

2-сурет бұл байланысты анық етеді және Американдық Канзас штатындағы далалық эксперименттен 5 ГГц топырақ мысалында диэлектрлік тұрақтының нақты және елестетілген бөлігін көрсетеді.



Сурет. 3: 5 ГГц жиіліктегі топырақтың ылғалдылығына байланысты екі топырақ сынамасының шағылысу коэффициенті.

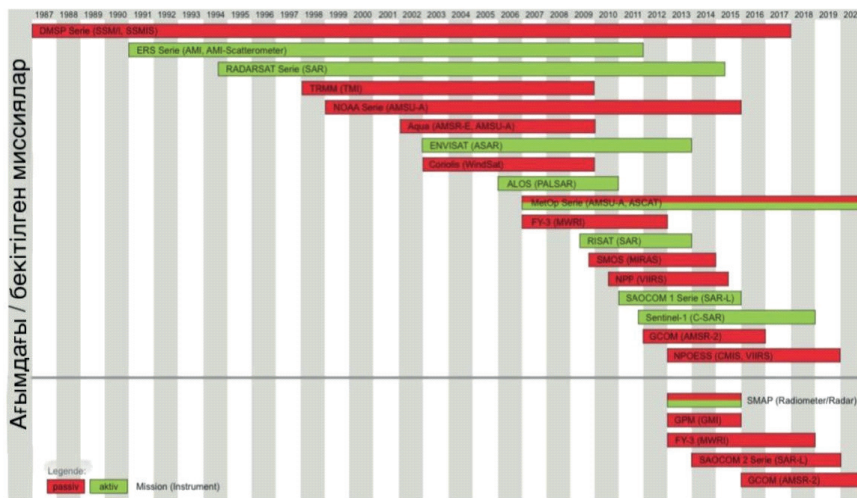
Френельді Қолдану формулаларды 3-суретте көрсетілгендей шағылысу коэффициентінің диэлектрлік тұрақтысы негізінде есептеуге болады. Құрғақ топырақта түсетін сәулелік энергияның шамамен 5 % - ы ғана кері таралады, ал қалған бөлігі топыраққа сіңеді, ал қаныққан топырақтағы рефлекс коэффициенті шамамен 45 % құрайды. Осы салыстырмалы түрде тікелей байланыстың арқасында топырақтың әлсіреуі мен сенсорда өлшенген кері айналу коэффициенті арасында жоғары корреляция бар. Дегенмен, түсу бұрышы мен сәулелену жиілігі, сондай-ақ өсімдіктер мен топырақтың кедір-бұдырлығы сияқты көптеген басқа параметрлер рөл атқарады. Топыраққа ену тереңдігі әдетте жиілік пен ылғалдылықтың жоғарылауымен азаяды және модель есептеулеріне сәйкес толқын ұзындығының оннан бірнеше бөлігінде (яғни бірнеше миллиметр диапазонында) болады.

10 ГГц-тен төмен жиіліктегі датчиктер әсіресе қолайлы, өйткені ену тереңдігі 10 см-ге дейін болуы мүмкін. Ылғалдың шығуы қашықтықтан зондтау деректерінен топырақ беті мен электромагниттік толқындар арасындағы өзара әрекеттесуді және өсімдіктердің әсерін сипаттайтын эмпирикалық немесе теориялық модельдер сериясы арқылы қол жеткізіледі.

Топырақтағы ылғалды анықтау үшін ерекше маңызы бар пассивті және белсенді микротолқынды жүйелер толығырақ қарастырайық. 4-суретте қазіргі және жоспарланған спутниктік миссияларға шолу берілген.

Пассивті жүйелер сәулелену температурасын өлшейді және осылайша жанама түрде сәулелену мен шағылысуға шыдайды. Алайда, топырақтың кедір-бұдырлығының әсерін кейіннен топырақ құрылымымен топырақтың

ылғалдылығын бағалау үшін ескеру қажет. Дегенмен, өсімдік жамылғысы сигнал беретіндіктен, өсімдік жамылғысының әсеріне, сондай-ақ коммерциялық кедергілерден туындаған әсерге қатысты мәселелер бар.



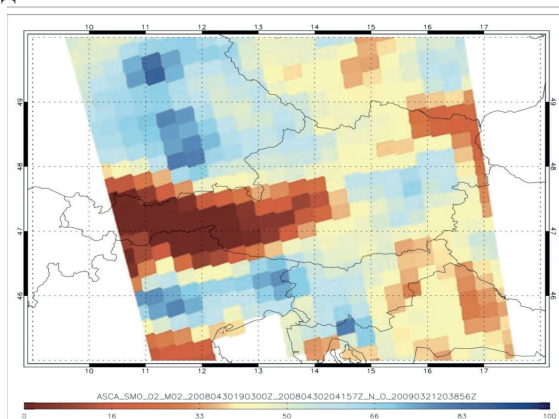
Сурет. 4: топырақтың ылғалдылығына қатысты ағымдағы жедел немесе жоспарланған қашықтықтан зондтау миссиялары. Миссия атаулары мен олардың құралдары жақшада көрсетілген. Пассивті жүйелер қызыл түспен, белсенді жүйелер жасыл түспен көрсетілген.

Белсенді жүйелерге синтетикалық диафрагмасы бар радиолокациялық жүйелер (SAR) жатады. Геометриялық ажыратымдылық функция болғандықтан антеннаның дизайнының ұзындығы-бірнеше метрлік шешімдер антеннаның бірнеше шақырымдық ұзындығымен ғана мүмкін болады, бұл спутниктер үшін мүмкін емес. Осылайша, SAR жүйелері қысқа антеннаның бетін бірнеше рет сәулелендіру арқылы өздеріне көмектеседі (10 м-ге дейін) және сол рельеф нүктелері траектория бойымен бірнеше рет алынады. Бірнеше қысқа антенна жазбаларын бір уақытта пайдалану, осылайша, ұзын (синтетикалық) антеннаға қарағанда бірдей ақпараттық мазмұнды қамтамасыз етеді және бұл ажыратымдылықты шамамен 30–100 м-ге дейін арттыруды қамтамасыз етеді. бұл өз кезегінде жазу уақытын, демек, кеңістікті қамтуды шектейді. Сонымен қатар, өсімдіктер бұл жүйелерге де әсер етеді, сондықтан физикалық шашыраудың жеке механизмдерін емес, ұзақ уақыт қатарлары арқылы уақыт бойынша кері сигналдың өзгеруін қарастыратын "өзгерістерді дұрыс анықтау" сияқты әдістер бар.

Топырақтың кедір-бұдырлығы үлкен көлемде аздап өзгереді деп есептесек, тек уақытша әсерлер өсімдіктер топырақ өсімдіктерінен бөлінеді. Esa еуропалық SAR жүйелерінің мысалдары 1991 жылдан бері жұмыс істеп келе жатқан 30 м Active Microwave Instrument (AMI) және 30 м-ден 1 км-ге дейінгі кеңістіктік ажыратымдылықпен 2003 жылдан бастап Advanced SAR (ASAR) болып табылады (түсіру режиміне байланысты).

Шашыраңқы датчиктерді белсенді датчиктердің тағы бір тобы деп атаған жөн. Бастапқыда жел өрістерін анықтауға арналған өлшемдер топырақтың ылғалдылығы туралы қорытынды жасау үшін де қолданыла алады. Функционалдылық SAP жүйелеріне ұқсас, бірақ бұл жүйелер регрессивті сигналдың қасиеттерін жоғары дәлдікпен және синтетикалық диафрагмалық антенналардан айырмашылығы әр түрлі түсу бұрыштарында өлшейді. Нәтижесінде 25–50 км диапазонында сәл төмен кеңістіктік ажыратымдылық болуы мүмкін. Скатмометрлердің артықшылығы-жазудың кең жолағы (бірнеше 100 км), демек, 2–6 күн ішінде жер бетін уақытша қамту болып табылады.

Сондай-ақ, топырақтағы ылғалды тарату үшін жартылай эмпирикалық модельдер қолданылады, олар кері масштабтау коэффициентінің, өсімдік жамылғысының және кедір-бұдырдың параметрлерін. Еуропалық метеорологиялық спутниктерді пайдалану ұйымы (EO-METSAT) ұқсас сипаттамалары бар *ami-Scat* кейінгі құралы ретінде жасалған жетілдірілген *Scattero* есептегішін (*ASCAT*) басқарады. Барлығы алты антеннаны пайдалану күніне шамамен бір өлшемдегі жазбалардың көбеюіне, сондай-ақ 25 км кеңістіктік ажыратымдылықтың жақсаруына әкеледі. сонымен қатар, *ASCAT* нақты уақыт режимінде қол жетімді ылғалдылық деректерін ұсынады. Сеттерометр деректерінен топырақ ылғалдылығын алу үшін "өзгерістерді анықтауды айналып өту" әдісін қолданады, ол бастапқыда Еуропалық қашықтықтан зондтау спутнигіндегі (*ERS*) *AMI-Scat* сенсорының ұзақ уақыт қатарларын талдайды. Бұл сенсор кері байланысты әртүрлі түсу бұрыштарында өлшейтін үш антеннасы бар радиолокациялық сигнал алады. Бұл уақытша өзгеретін өсімдіктердің әсерін әр түрлі түсу бұрыштарында байқауға және осылайша оларды статистикалық әсерлерден бөлуге мүмкіндік береді. Басқа кезеңде бүкіл уақыт сериясының ең құрғақ және ылғалды уақыттары анықталады және деректер банкінде сақталады. Ақырында, өңдеудің соңғы кезеңінде оң жақ кері сәулелену коэффициенттері қолданылады және мәндер минимум 0 мәніне, ал максимум 100 мәніне сәйкес келетін етіп масштабталады. Бұл әдіс *ASCAT* деп аталады.



Сурет. 5: *ASCAT*-тен алынған топырақтың салыстырмалы ылғалдылығы (пайызбен).



30-дан бастап ұшу көрсетілген. 2008 жылдың сәуірі, кеңістіктік ажыратымдылығы 50 км. екі атыс жолағының бірінің ені шамамен 550 км-ге сәйкес келеді.

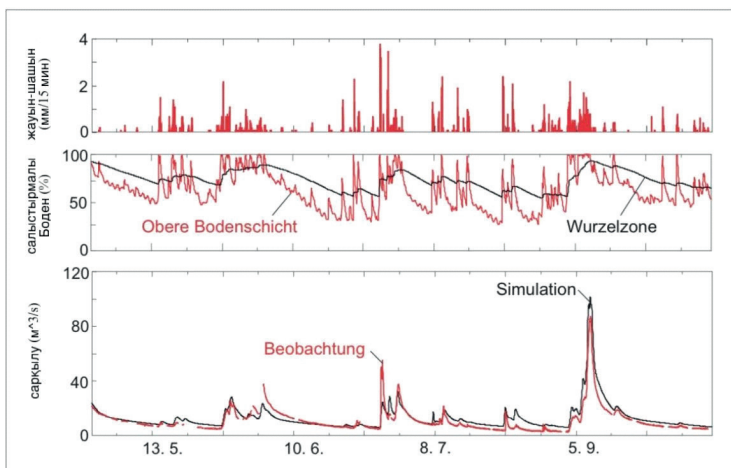
Топырақтың ылғалдылығы мен туынды өнімдерінің қолдану аясы кең таралған және егінді болжаудан бастап ағынды болжауға және ауа-райының сандық болжамына дейін қолданылады. Топырақтың ылғалдылығын сандық болжау саласында топырақтың ылғалдылығы туралы мәліметтер модельдің бастапқы жүгіріс жағдайларын анықтау немесе калибрлеу үшін пайдаланылады. Мұнда 50 км ажыратымдылық қолданыстағы және болашақ жаһандық модельдер үшін жеткілікті. Алайда, аймақтық және мезоскалалық модельдер кем дегенде 25 км ажыратымдылықты қажет етеді және спутниктерді жақын арада жоғары ажыратымдылықпен өңдеуге болады деп болжауға болады.

Гидрологиялық модельдеу саласында топырақтың ылғалдылығы туралы мәліметтер бастапқы жағдайларды жақсарту үшін қолданылады, дегенмен негізгі мәселе микротолқынды сәулелердің ену тереңдігі салыстырмалы түрде жоғары, ал модельдеу профиліндегі ылғалдың тік таралуына мүдделі. Ричардс теңдеуінің көмегімен негізінен профиліндегі топырақтың ылғалдылығын беткі топырақтың ылғалдылығынан есептеуге болады. Алайда, топырақтың физикалық өлшемдері мен шекаралық шарттары әдетте жеткілікті масштабта белгілі болмағандықтан, қарапайым екі қабатты модельдер жасалды және қолда бар ақпаратқа жақсырақ сәйкес келетін көп қабатты модельдер қолданылады.

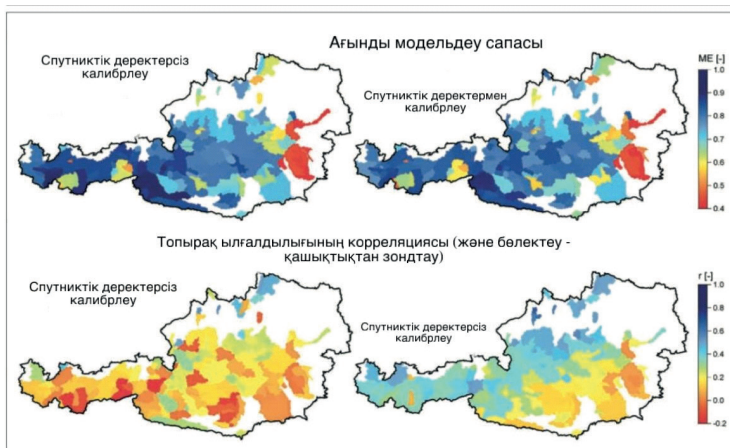
Су тасқынын болжауға арналған қолданыстағы гидрологиялық модельдің құрылымына негізделген топырақтың жоғарғы қабатындағы ылғалдылық динамикасын модельдеу үшін екі қабатты модель жасалды. Модельдің түпнұсқасы-жауын-шашын ағынының тұжырымдамалық, егжей-тегжейлі моделі.

Модельдің кеңістіктік және уақыттық іріктелуі 1×1 км және 15 минутты құрайды. Модель параметрлері әртүрлі гидротоптарға (ұқсас гидрологиялық қасиеттері бар аймақтарға) тағайындалады және әртүрлі ақпарат көздері арқылы бес сатылы процесте анықталды. Модельдің алғашқы өзгеруінде топырақ ылғалдылығының тепе-теңдігі тек тамыр аймағында болатындықтан, модель топырақтың жоғарғы қабатын есепке алу үшін қосымша топырақ қорымен кеңейтілді. Бұл жад түбірлік аймақты білдіретін негізгі жадпен байланыста болады. Қоймалар арасындағы ылғал алмасу сызықтық байланыс арқылы жүреді Деректерді ассимиляциялау деп аталады. Екі ауысымдық Модель 1991–2000 жылдар аралығында Австриядағы 148 су араласатын аудандарға қолданылды. Модель параметрлерін бағалау үш түрлі тәсілге сәйкес оңтайландыру алгоритмі негізінде әрбір су жинау аймағы үшін жасалды. Бірінші жағдайда бағалау тек бақыланатын ағынды өлшеу негізінде жүзеге асырылады; екінші жағдайда тек шашырау деректері негізінде ERS; үшінші жағдайда, ағынды модельдеу сапасын да, модельденген топырақ

ылғалының шашырау деректерімен сәйкестігін де ескеретін салмақты мақсатты функцияға негізделген. Модельдің тиімділігін бағалау үшін Нэш-Сатклифф критерийі қолданылады, онда модельдің мінсіз модельдеуі 1 мәнін береді. 7-суретте ағынды модельдеудің қол жеткізілген сапасының кеңістіктік заңдылықтары көрсетілген, 7-суретте топырақтың жоғарғы қабатындағы модельденген және шашыраңқы топырақ ылғалдылығының корреляциясы көрсетілген. Иллюстрацияның сол жағында калибрлеу үшін тек ағынды сулар пайдаланылды, оң жақта қашықтықтан зондтау деректері де қосылды. Топырақтың ылғалдылығы туралы деректерді қоса алғанда, ағынды суларды модельдеу сапасы іс жүзінде өзгермейді, ал модельденген және бақыланатын топырақ ылғалдылығының корреляциясы айтарлықтай артады.



Сурет. 6: 2006 жылдың мамырынан қыркүйегіне дейін Zwettl/camp (622 км<sup>2</sup>) модельдік ауданы үшін гидрологиялық модельдеу нәтижелері көрсетілген.



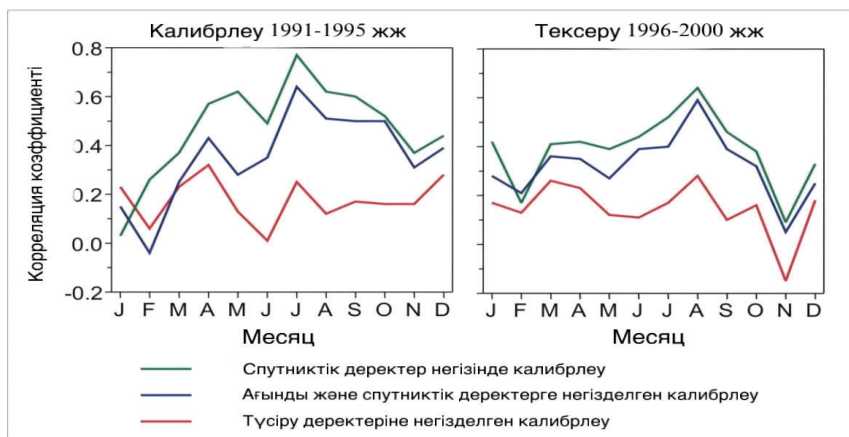
Сурет. 7: дренаж моделінің сапасы және гидрологиялық модель мен қашықтықтан зондтау деректері арасындағы топырақ ылғалдылығының корреляциясы.

Суреттің сол жағында бақыланатын ағынды суларға негізделген модель параметрлерін калибрлеу нәтижелері көрсетілген, оң жағында калибрлеу үшін топырақ ылғалдылығын қашықтықтан зондтау деректері де қолданылады.

### Нәтижелер және оларды талқылау

Осылайша, калибрлеу процесінде топырақ склерометріне қосымша ылғал қосу арқылы топырақ ылғалдылығын модельдеудегі жүйелік қателіктерді азайтуға және модельдің шынайы параметрлерін анықтауға болады.

Үш калибрлеу опциясы үшін топырақтың жоғарғы қабатындағы модельденген және диффузиялық топырақ ылғалдылығының корреляциясының маусымдық өзгерістері 8-суретте көрсетілген. Нәтижелер калибрлеу кезеңіне және тексеру кезеңіне бөлінеді. Тек ағынды деректер негізінде калибрлеу жағдайында модельденген және өлшенген топырақ ылғалдылығының айтарлықтай төмен корреляциясы бар. Жаз айларында үлкен корреляция тенденциясы калибрлеу кезеңінде де, тексеру кезеңінде де байқалады. Тұтастай алғанда, топырақтың ылғалдылығы туралы кең деректер жиынтығынан жасалған модель калибрлеу және пайдалану үшін тек ағын деректерін пайдаланатын модельге қарағанда әртүрлі жағдайлардағы процестерді жақсырақ сипаттайды.



Сурет. 8: Калибрлеу кезеңі және тексеру кезеңі үшін көрсетілген модельденген топырақ ылғалдылығы мен шашыраңқы топырақ ылғалдылығы арасындағы корреляциядағы маусымдық айырмашылықтар. Параметрлерді калибрлеу үшін үш жағдай бөлінді:

- шашыраңқы топырақ ылғалдылығы сенсорына негізделген калибрлеу, бақыланатын ағын желілеріне негізделген калибрлеу және ағынды және шашыраңқы топырақ ылғалдылығы сенсорын ескере отырып калибрлеу.

Қашықтықтан зондтау спутниктен топырақтың ылғалдылығын бақылаудың бірнеше мүмкіндіктерін ұсынады. Қолданылатын толқын ұзындығына

байланысты микротолқынды датчиктер, атап айтқанда, жоғарғы қабат үшін ақпарат беруге жарамды. Қазіргі уақытта 25–50 км диапазонында микротолқынды датчиктердің жедел деректері бар, олар бірнеше күн ішінде бүкіл жер бетін толығымен жабады. Әсіресе соңғы уақытта деректерді кең ауқымда (шамамен 1 км) қолжетімді ету үшін перспективалы нәтижелерге қол жеткізілді. Жедел қолдануға қол жетімділік ASCAT сияқты сенсорлар арқылы қамтамасыз етіледі, өйткені деректер нақты уақытта жеткізіліп қана қоймайды

Гидрологиялық модельдеу контекстінде топырақтың ылғалдылығы туралы мәліметтер құнды қосымша ақпарат болып табылады. Мысалда топырақтың ылғалдылығы туралы ақпарат нақты модельдерді анықтауды жеңілдететіні және модельдің ішкі ылғалдылық балансын модельдеу кезінде жүйелі қате бағалау қаупін төмендететіні көрсетілген. Модель құрылымы мен үлгісін нақты таңдау, әдетте, калибрлеу деректер жиынтығына кірмейтін төтенше жағдайларды дәл сипаттау үшін міндетті болып табылады.

### **Қорытынды**

Гидрологиялық модельдеу контекстінде топырақтың ылғалдылығы туралы мәліметтер құнды қосымша ақпарат болып табылады. Мысалда топырақтың ылғалдылығы туралы ақпарат нақты модельдерді анықтауды жеңілдететіні және модельдің ішкі ылғалдылық балансын модельдеу кезінде жүйелі қате бағалау қаупін төмендететіні көрсетілген. Модель құрылымы мен үлгісін нақты таңдау, әдетте, калибрлеу деректер жиынтығына кірмейтін төтенше жағдайларды дәл сипаттау үшін міндетті болып табылады.

Ылғалдылықты масштабтау, сондай-ақ гидрологиялық модельде топырақтың ылғалдылығы туралы мәліметтерді игеруді жақсарту бойынша қосымша зерттеулер қажет. Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Water Management (H-SAF) жобасы қазіргі уақытта гидрологиялық тапсырмалар үшін икемділігін ескере отырып, шашыраңқы термометр деректерінен бар топырақ ылғалдылығы өнімдерін одан әрі дамытуға тырысуда. Басқа нәрселермен қатар, топырақ ылғалдылығының жақсартылған өнімдерін кейіннен әзірлеу мақсатында ақпараттық мазмұнды 25 км-ден 1 км-ге берумен айналысатын масштабтау әдістері зерттелуде.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

Европейский спутник Sentinel-2 [электрондық ресурc] // <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>

Европейское космическое агентство [электрондық ресурc] // <https://earth.esa.int/eogateway/missions/landsat-8>

Киселёв А.В., Муратова Н.Р., Горный В.И., Тронин А.А. (2015). Связь запасов продуктивной влаги в почве с полем силы тяжести земли (по данным съемок спутниками GRACE) // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. — 2015. — Т. 12. — № 6. — 7–16 б.

Швецов Е.Г., Ружичка З., Миронов В.Л. (2013). Исследование применимости данных спутника SMOS для оценки уровня пожарной опасности на территории Красноярского края // Вестник СибГАУ. — 2013. — № 2(48). — 110–115 б.

Colliander A., Jackson T.J., Bindlish R., Chan S., Das N., Kim S.B. & Yueh S.H. (2017). Validation of SMAP surface soil moisture products with core validation sites. Remote Sensing of Environment, —191. — 215–231 б.

Crow W.T., Kustas W.P., Prueger J.H. & Jackson T.J. (2008). Remote sensing soil moisture: Implications for groundwater recharge in an irrigated region. *Remote Sensing of Environment*, — 112(4), — 1261–1274.

Dobson M.C., Ulaby F.T., Hallikainen M.T. & El-Rayes M.A. (1985). Microwave dielectric behavior of wet soil—Part II: Dielectric mixing models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, — 23(1), — 35–46.

Entekhabi D., Njoku E.G., O'Neill P.E., Kellogg K.H. & Crow W.T. (2010). The Soil Moisture Active Passive (SMAP) Mission. *Proceedings of the IEEE*, 98(5). — Pp. 704–716.

Holmes T.R.H., Hugenholtz C.H. & Sandercock P.J. (2013). Application of airborne LiDAR-derived elevation and intensity data for geomorphic classification and soil moisture mapping in a prairie riparian corridor. *Catena*, — 101. — Pp. 172–181.

Ryu D., Jackson T.J. & Famiglietti J.S. (2000). Soil moisture mapping in a semi-arid environment using ERS-1 synthetic aperture radar data. *Remote Sensing of Environment*. — 71(3). — Pp.326–340.

#### REFERENCES

Crow W.T., Kustas W.P., Prueger J.H. & Jackson T.J. (2008). Remote sensing soil moisture: Implications for groundwater recharge in an irrigated region. *Remote Sensing of Environment*. — 112(4). — Pp. 1261–1274.

Colliander A., Jackson T.J., Bindlish R., Chan S., Das N., Kim S.B. & Yueh S.H. (2017). Validation of SMAP surface soil moisture products with core validation sites. *Remote Sensing of Environment*, — 191, — Pp. 215–231.

Dobson M.C., Ulaby F.T., Hallikainen M.T. & El-Rayes M.A. (1985). Microwave dielectric behavior of wet soil—Part II: Dielectric mixing models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, — 23(1). — Pp. 35–46.

European satellite Sentinel-2 [electronic resource] // <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/overview>

European Space Agency [electronic resource] // <https://earth.esa.int/eogateway/missions/landsat-8>

Entekhabi D., Njoku E.G., O'Neill P.E., Kellogg K.H. & Crow W.T. (2010). The Soil Moisture Active Passive (SMAP) Mission. *Proceedings of the IEEE*, — 98(5). — Pp. 704–716.

Holmes T.R.H., Hugenholtz C.H. & Sandercock P.J. (2013). Application of airborne LiDAR-derived elevation and intensity data for geomorphic classification and soil moisture mapping in a prairie riparian corridor. — *Catena*, 101. — Pp. 172–181.

Kiselyov A.V., Muratova N.R., Gorny V.I., Tronin A.A. (2015). Relationship between the reserves of productive moisture in the soil and the gravity field of the earth (according to survey data from the GRACE satellites) // *Modern problems of remote sensing of the earth from space*. — 2015. — T. 12. — No. 6. — Pp.7–16.

Ryu D., Jackson T.J. & Famiglietti J.S. (2000). Soil moisture mapping in a semi-arid environment using ERS-1 synthetic aperture radar data. *Remote Sensing of Environment*, 71(3), — Pp. 326–340.

Shvetsov E.G., Ruzhichka Z., Mironov V.L. (2013). Study of the applicability of SMOS satellite data for assessing the level of fire danger in the Krasnoyarsk Territory // *Vestnik SibSAU*. — 2013. — No. 2(48). — Pp. 110–115.

## МАЗМҰНЫ

<b>Г.Б. Абдикеримова, Р.М. Аманов, Г.Т. Азиева, А.М. Заманбекова, Қ. Жеңсқанқызы</b> <i>МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, АККОРДТЫ ТАҢУ ТАПСЫРМАСЫНДАҒЫ ДЫБЫСТЫ ӨҢДЕУ ӘДІСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ</i> .....	7
<b>Л.А. Абдыкеримова, Г.Е. Мырзабекова, Г.С. Омарова, Л. Ақзуллақызы, Г.Ш. Мусагулова</b> ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЖҮРЕК ПАТОЛОГИЯСЫН АНЫҚТАУ.....	21
<b>А.Е. Әбжанова, Е.Ә. Әбжанов, А.А. Мырзамуратова, А.Г. Батырханов, А.Б. Бексейтова</b> ҚАШЫҚТАН ЗОНДТАУ АРҚЫЛЫ АЛЫНҒАН ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫ.....	35
<b>У.Ж. Айтимова, М.Ж. Айтимов, Э.Н. Тулегенова, А.У. Есиркепова, Ж.Т. Абилдаева</b> СУРЕТТЕН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ ӨРТ ОШАҒЫН АНЫҚТАУ.....	50
<b>К.М. Алдабергенова, М.Ж. Жасұзақова, М.Ж. Айтимов, Н.Т. Мұстафаева, К.К. Дауренбеков</b> АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН ЦИФРЛАНДЫРУ: ДАМУ МҮМКІНДІКТЕРІ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	64
<b>А.С. Баегизова, Г.И. Мухамедрахимова, Ж.Б. Ламашева, А.З. Абдрахманова, Т.Т. Оспанова</b> ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН КЕСКІННІҢ САПАСЫН ЖАҚСARTУ.....	78
<b>Г.Т. Бекманова, А.С. Омарбекова, М.А. Кантуреева, Н.О. Байгабылов, М.М. Құдабеков</b> ӘЛЕУМЕТТАНУЛЫҚ САУАЛНАМАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРДЕГІ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР.....	91
<b>М.Ә. Берсүгір, Г.У. Маматова, А.А. Нурпейсова, М.Б. Онгарбаева, Ж.Т. Алтынбекова</b> ТЕКСТУРАЛЫҚ ТИПТЕГІ СУРЕТТЕРДІ ЖАҚСARTУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....	104
<b>М.А. Болатбек, К.Д. Байсылбаева, М. Сағынай, Ш.Ж. Мусиралиева, А.Н. Жумаханова</b> ИНТЕРНЕТ КЕҢІСТІГІНДЕГІ ЖАСТАРҒА БАҒЫТТАЛҒАН ДЕСТРУКТИВТІ МӘТІНДЕРДІ ЖИНАҚТАУҒА ҚАЖЕТТІ ПАРСЕР БАҒДАРЛАМАСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	117
<b>М.Қ. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, Г.С. Омарова, А.Б. Остаева, А.Г. Батырханов</b> ТОПЫРАҚ ДАЙЫНДАУДЫ БОЛЖАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ.....	132
<b>Ш.К. Ележанова, А.Г. Батырханов, А.Е. Чукуров, Б.С. Хайржанова, Д.А. Тагиев</b> АҚПАРАТТЫҚ БЕЛГІСІЗДІК ТИПОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ АҚПАРАТТЫ ІЗДЕУ ТҮРЛЕРІ.....	151
<b>М.М. Есмагамбетова, Т.Т. Оспанова, Л.К. Бобров, Т.Л. Тен, Т.У. Есмагамбетов</b> ҒАРЫШТЫҚ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРДЫ БАҚЫЛАУ КЕСКІНДЕРІН ӨҢДЕУДЕ ТҮСТЕРДІ ӨЛШЕУ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚҰРАЛЫН ТАҢДАУ.....	161

<b>Т.К. Жукабаева, А. Адамова, Б.А. Ху Вен-Цен, Е.М. Марденов, Л.З. Жолшиева</b> СЫМСЫЗ СЕНСОР ЖЕЛІСІНДЕГІ SYBIL ЖӘНЕ WORMHOLE ШАБУЫЛДАРЫН АНЫҚТАУ.....	171
<b>А.А. Исмаилова, Ж.Т. Бельдеубаева, А.А. Нурпейсова, Г.О. Исакова, Ж.З. Жантасова</b> ӨСІМДІК АУРУЛАРЫН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....	184
<b>А.Х. Касымова, М.Б. Есенова, М.У. Худойберганов, А.Б. Остаева, М.Г. Байбулова</b> ДАҚЫЛДАРДЫҢ АУРУЛАРЫН ЖІКТЕУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНУ.....	198
<b>А.Ұ. Мұхиядин, М.У. Мукашева, У.Т. Махажанова, А.А. Муханова, Ж.Б. Ламашева</b> ПРОГРАММАЛЫҚ ҚҰРАЛДАР КӨМЕГІМЕН ЭКСТРЕМАЛДЫ ҚАШЫҚТЫҚТАН ОҚЫТУДЫҢ ОҚУШЫЛАРҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	209
<b>Б.Б. Оразбаев, Л.Т. Салыбек, К.Н. Оразбаева, Ш.К. Коданова, С.Ш. Исакова</b> МҰНАЙДЫ АЛҒАШҚЫ ӨНДЕУДЕ ЭЛЕКТРОТҰЗСЫЗДАНДЫРЫРУ ЖӘНЕ СУСЫЗДАНДЫРУ ПРОЦЕССТЕРІН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН МОДЕЛЬДЕР ҚҰРУ ТӘСІЛІ.....	224
<b>С.К. Серикбаева, М.Қ. Болсынбек, А.Д. Абдувалова, А.Т. Абдыхалық, Д.Е. Ануарбек</b> ТОПЫРАҚ САПАСЫН БОЛЖАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ: АЛГОРИТМДЕР МЕН ӘДІСТЕР.....	237
<b>А.Ж. Танирбергенов, Ж.К. Тасжурекова, С.К. Серикбаева, А.А. Шораев, А.Д. Абдувалова</b> ТОЛЫҚ МӘТІНДІ ҚҰЖАТТАРДЫ ІЗДЕУДІҢ МОДЕЛІ МЕН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ӘДІСТЕРІ.....	253
<b>А.Ә. Таурбекова, Ө.Ж. Мамырбаев, К.Ж. Тұрғанбай</b> СЕЙСМИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТТІ БАҒАЛАУ ҮШІН ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ТҰРАҚСЫЗДЫҚ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....	268
<b>Н. Т. Тұржанов, Ш. К. Ележанова, С. Н. Идрисов, Ж. К. Дюсембина</b> АҚПАРАТТЫҚ ҮДЕРІСТЕРДІҢ РЕИНЖИНИРИНГІНІҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ КУРСЫН ӘЗІРЛЕУ.....	290
<b>В. Шевцов, А. Исмаилова, Ж. Белдеубаева, А. Сатыбалдиева, А. Нурпейсова</b> МЛВА ГЕНОТИПТЕУДІҢ ӘДІСІ ЖӘНЕ ОНЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ АЛГОРИТМДЕРІ РЕТІНДЕГІ ГЕНОМДЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ПАЙДАЛАНУ.....	300
<b>А.Ә. Шекербек, А.А. Некесова, Ж.Ж. Молдашева, А.И. Онгарбаева, А.О. Тохаева</b> ФРАКТАЛДЫҚ ӘДІСПЕН ӨКПЕНІҢ ПАТОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ.....	313

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Г.Б. Абдикеримова, Р.М. Аманов, Г.Т. Азиева, А.М. Заманбекова, К. Женсканкызы</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЗВУКА В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ АККОРДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	7
<b>Л.А. Абдыкеримова, Г.Е. Мурзабекова, Г.С. Омарова, Л. Акзуллакызы, Г.Ш. Мусагулова</b> ОБНАРУЖЕНИЕ СЕРДЕЧНОЙ ПАТОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	21
<b>А.Е. Абжанова, Е.А. Абжанов, А.А. Мырзамуратова, А.Г. Батырханов, А.Б. Бексейтова</b> ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ, ПОЛУЧЕННАЯ ДИСТАНЦИОННЫМ ЗОНДИРОВАНИЕМ.....	35
<b>У.Ж. Айтимова, М.Ж. Айтимов, Э.Н. Тулегенова, А.У. Есиркепова, Ж.Т. Абилдаева</b> ОБНАРУЖЕНИЕ ОЧАГОВ ПОЖАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ.....	50
<b>К.М. Алдабергенова, М.Ж. Жасузакова, М.Ж. Айтимов, Н.Т. Мустафаева, К.К. Дауренбеков</b> ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	64
<b>А.С. Баегизова, Г.И. Мухамедрахимова, Ж.Б. Ламашева, А.З. Абдрахманова, Т.Т. Оспанова</b> УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	78
<b>Г.Т. Бекманова, А.С. Омарбекова, М.А. Кантуреева, Н.О. Байгабылов, М.М. Кудабеков</b> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ОПРОСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....	91
<b>М.А. Берсугир, Г.У. Маматова, А.А. Нурпейсова, М.Б. Онгарбаева, Ж.Т. Алтынбекова</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТЕКСТУРНОГО ТИПА.....	104
<b>М.А. Болатбек, К.Д. Байсылбаева, М. Сагынай, Ш.Ж. Мусиралиева, А.Н. Жумаханова</b> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПАРСЕРА ДЛЯ СБОРА ДЕСТРУКТИВНЫХ ТЕКСТОВ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА МОЛОДЕЖЬ В ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВЕ.....	117
<b>М.К. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, Г.С. Омарова, А.Б. Остаева, А.Г. Батырханов</b> ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ.....	132
<b>Ш.К. Ележанова, А.Г. Батырханов, А.Е. Чукуров, Б.С. Хайржанова, Д.А. Тагиев</b> ТИПОЛОГИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И ТИПЫ ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ.....	151



<b>М.М. Есмагамбетова, Т.Т. Оспанова, Л.К. Бобров, Т.Л. Тен, Т.У. Есмагамбетов</b> ВЫБОР ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЦВЕТОМЕТРИИ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ.....	161
<b>Т.К. Жукабаева, А. Адамова, В.А. Ху Вен-Цен, Е.М. Марденов, Л.З. Жолшиева</b> ОБНАРУЖЕНИЕ SYBIL И WORMHOLE АТАК В БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ.....	171
<b>А.А. Исмаилова, Ж.Т. Бельдеубаева, А.А. Нурпейсова, Г.О. Исакова, Ж.З. Жантасова</b> ОБНАРУЖЕНИЕ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ МЕТОДОМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	184
<b>А.Х. Касымова, М.Б. Есенова, М.У. Худойбергенов, А.Б. Остаева, М.Г. Байбулова</b> ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ БОЛЕЗНЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	198
<b>А.У. Мухиядин, М.У. Мукашева, У.Т. Махажанова, А.А. Муханова, Ж.Б. Ламашева</b> ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА УЧАЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ.....	209
<b>Б.Б. Оразбаев, Л.Т. Салыбек, К.Н. Оразбаева, Ш.К. Коданова, С.Ш. Исакова</b> МЕТОД РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАНИЯ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ.....	224
<b>С.К. Серикбаева, М.К. Болсынбек, А.Д. Абдувалова, А.Т. Абдыхалык, Д.Е. Ануарбек</b> ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ: АЛГОРИТМЫ И МЕТОДИКИ.....	237
<b>А.Ж. Танирбергенев, Ж.К. Тасжурекова, С.К. Серикбаева, А.А. Шораев, А.Д. Абдувалова</b> МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА ПОЛНОТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ.....	253
<b>А.Ә. Taurbekova, O.Zh. Mamyrbayev, K.Zh. Doshtaev, T.K. Eginbaykyzy</b> HYDRODYNAMIC INSTABILITY MECHANISM PROCESS FOR ASSESSMENT SEISMIC ACTIVITY.....	268
<b>Н.Т. Туржанов, Ш.К. Ележанова, С.Н. Идрисов, Ж.К. Дюсембина</b> РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО КУРСА ПО РЕИНЖИНИРИНГУ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	290
<b>В. Шевцов, А. Исмаилова, Ж. Бельдеубаева, А. Сатыбалдиева, А. Нурпейсова</b> MLVA КАК МЕТОД ГЕНОТИПИРОВАНИЯ И АЛГОРИТМЫ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛНОГЕНОМНЫХ ДАННЫХ.....	300
<b>А.А. Шекербек, А.А. Некесова, Ж.Ж. Молдашева, А.И. Онгарбаева, А.О. Тохаева</b> АНАЛИЗ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ЛЕГКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРАКТАЛЬНОГО МЕТОДА.....	313

## CONTENTS

<b>G.B. Abdikerimova, R.M. Amanov, G.T. Azieva, A.M. Zamanbekova, K. Zhengskankyzy</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF SOUND PROCESSING METHODS IN THE CHORD RECOGNITION PROBLEM USING MACHINE LEARNING.....	7
<b>L. Abdykerimova, G. Murzabekova, G. Omarova, L. Akzullakyyzy, G. Mussagulova</b> DETECTION OF CARDIAC PATHOLOGY USING DEEP LEARNING METHODS.....	21
<b>A.E. Abzhanova, E.A. Abzhanov, A.A. Myrzamuratova, A.G. Batyrkhanov, A.B. Bekseitova</b> SOIL MOISTURE OBTAINED BY REMOTE SENSING.....	35
<b>U. Zh Aitimova, M.Zh. Aitimov, E.N. Tulegenova, A.U. Yessirkepova, Zh.T. Abildaeva</b> FIRE FOCUS DETECTION USING DEEP LEARNING METHODS FROM IMAGE.....	50
<b>K.M. Aldabergenova, M.ZH. Zhasuzakova, M.Zh. Aitimov, N.T. Mustafaeva, K.K. Daurenbekov</b> DIGITALIZATION OF AGRICULTURE: OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT.....	64
<b>A.S. Baegizova, G.I. Mukhamedrakhimova, Zh.B. Lamasheva, A.Z. Abdrakhmanova, T.T. Ospanova</b> IMPROVE IMAGE QUALITY WITH DEEP LEARNING TECHNIQUES.....	78
<b>G. Bekmanova, A. Omarbekova, M. Kantureyeva, N. Baigabylov, M. Kudabekov</b> INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIOLOGICAL SURVEY RESEARCH.....	91
<b>M.A. Bersugir, G.U. Mamatova, A.A. Nurpeisova, M.B. Ongarbayeva, Zh.T. Altynbekova</b> USING MACHINE LEARNING METHODS TO IMPROVE TEXTURE-TYPE IMAGES.....	104
<b>M. Bolatbek, K. Baisylbaeva, M. Sagynay, Sh. Mussiraliyeva, A. Zhumakhanova</b> DEVELOPMENT OF A PARSER PROGRAM FOR THE ACCUMULATION OF DESTRUCTIVE TEXTS AIMED AT YOUNG PEOPLE IN THE INTERNET SPACE.....	117
<b>M. Bolsynbek, G. Abdikerimova, G. Omarova, A. Ostayeva, A. Batyrkhanov</b> APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO PREDICT SOIL PREPARATION....	132
<b>Sh.K. Yelezhanova, A.G. Batyrkhanov, A.Y. Chukurov, B.S. Khairzhanova, J.A. Taghiyev</b> TYPOLOGY OF INFORMATION UNCERTAINTY AND TYPES OF INFORMATION RETRIEVAL.....	151
<b>M. Yesmagambetova, T. Ospanova, L. Bobrov, T. Ten, T. Yesmagambetov</b> SELECTION OF COLORIMETRY SOFTWARE TOOLS IN IMAGE PROCESSING OF SPACE MONITORING OF EMERGENCY SITUATIONS.....	161
<b>T. Zhukabayeva, A. Adamova, B. Khu Ven-Tsen, Y. Mardenov, L. Zholshiyeva</b> DETECTION OF SYBIL AND WORMHOLE ATTACKS IN A WIRELESS SENSOR NETWORK.....	171
<b>A.A. Ismailova, Zh.T. Beldeubayeva, A.A. Nurpeisova, G.O. Issakova, Zh.Z. Zhantassova</b>	

DETECTION OF PLANT DISEASES USING DEEP LEARNING METHODS.....	184
<b>A.K. Kassymova, M.B. Yessenova, M.U. Khudoyberganov, A.B. Ostayeva, M.G. Baibulova</b>	
APPLICATION OF DEEP LEARNING ALGORITHMS FOR CLASSIFICATION OF DISEASES OF AGRICULTURAL CROPS.....	198
<b>A. Mukhiyadin, M. Mukasheva, U. Makhazhanova, A. Mukhanova, Zh. Lamasheva</b>	
STUDYING THE EFFECTS OF EXTREME DISTANCE EDUCATION ON STUDENTS USING SOFTWARE TOOLS.....	209
<b>B. Orazbayev, L. Salybek, K. Orazbayeva, Sn. Kodanova, S. Iskakova</b>	
METHOD FOR DEVELOPING MODELS FOR OPTIMIZING PROCESSES OF ELECTRICAL DESALTING AND DEHYDRATION DURING PRIMARY OIL PROCESSING.....	224
<b>S.Serikbayeva, M.Bolsynbek, A. Abduvalova, A. Abdykhalyk, D. Anuarbek</b>	
APPLICATION OF MACHINE LEARNING TO PREDICT SOIL QUALITY: ALGORITHMS AND TECHNIQUES.....	237
<b>A. Tanirbergenov, Zh. Tashhurekova, S. Serikbayeva, A. Shorayev, A. Abduvalova</b>	
METHODS OF CONSTRUCTING A MODEL AND AN INFORMATION SYSTEM FOR SEARCHING FULL-TEXT DOCUMENTS.....	253
<b>A.Ə. Taurbekova, O.Zh. Mamyrbayev, K.Zh. Doshtaev, T.K. Eginbaykyzy</b>	
HYDRODYNAMIC INSTABILITY MECHANISM PROCESS FOR ASSESSMENT SEISMIC ACTIVITY.....	268
<b>N.T. Turzhanov, Sh.K. Yelezhanova, S.N. Idrissov, Zh.K. Dyusseminina</b>	
DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE COURSE REENGINEERING OF INFORMATION PROCESSES.....	290
<b>V. Shevtsov, A. Ismailova, Zh. Beldeubayeva, A. Satybaldiyeva, A. Nurpeisova</b>	
MLVA AS A METHOD OF GENOTYPING AND ALGORITHMS FOR ITS IMPLEMENTATION USING GENOME-WIDE DATA.....	300
<b>A.A. Shekerbek, A.A. Nekesova, Zh.Zh. Moldasheva, A.I. Ongarbayeva, A. Tokhaeva</b>	
ANALYSIS OF PATHOLOGICAL CONDITIONS OF THE LUNG USING THE FRACTAL METHOD.....	313

**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](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://www.nauka-nanrk.kz)**

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

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Подписано в печать 28.12.2023.

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

21,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.