



ӘОЖ 004.9

ҒТАХА 20.15.05, 50.41

https://doi.org/10.53364/24138614_2026_41_2_19

Ж.Сейтахметова^{1*}, С.Адиканова¹, Ш.Нұрғожаев², Ж.Умарова³, К.Айхынбай³

¹ С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қ., Қазақстан

² І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан

³ М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан

*E-mail: zhanat.seitahmetova@gmail.com

СУ ТАСҚЫНЫН ЕРТЕ АНЫҚТАУ МАҚСАТЫНДА GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM ДЕРЕКТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КРАУДСОРСИНГТІК МОБИЛЬДІ ЖҮЙЕ

***Аңдатпа.** Мақала Қазақстан аумағында жиі қайталанатын су тасқындары жағдайында төтенше жағдайларға жедел әрекет етуді қамтамасыз ету мәселесіне арналған. Зерттеудің өзектілігі су тасқындарын ерте кезеңде анықтауға мүмкіндік беретін сенімді және жедел кеңістіктік деректердің жеткіліксіздігімен айқындалады. Зерттеудің мақсаты – азаматтардың қатысуына негізделген жаһандық навигациялық спутниктік жүйе деректерін (Global Navigation Satellite System, GNSS) пайдалану арқылы су тасқындарын мониторингтеуге арналған краудсорсингтік мобильді ақпараттық жүйені әзірлеу және оның тиімділігін бағалау. Зерттеу нысаны – су тасқындары туралы кеңістіктік деректерді жинау және өңдеу үдерісі, ал зерттеу пәні – citizen sensing тұжырымдамасы негізінде мобильді құрылғылар арқылы деректер жинау әдістері болып табылады.*

Зерттеу барысында Android операциялық жүйесіне арналған мобильді қосымшаны жобалау және әзірлеу, жаһандық навигациялық спутниктік жүйенің қолданбалы бағдарламалау интерфейсімен (Application Programming Interface, GNSS API) интеграциялау, сондай-ақ фотоматериалдарды стандартталған метадеректер форматында (Exchangeable Image File Format, EXIF) тіркеу әдістері қолданылды. Зерттеу нәтижесінде су тасқындарын мониторингтеуге арналған кеиенді ақпараттық жүйенің архитектурасы ұсынылды. Ол мобильді қосымшадан, деректерді сақтау және өңдеуге арналған серверлік бөліктен және төтенше жағдайлар қызметтері үшін веб-негізделген басқару панелінен тұрады. Әзірленген мобильді қосымша координаттарды 8–12 метр дәлдікпен автоматты түрде тіркеуді, фотодеректерді геотегтеу және су деңгейі мен жер бедерінің сипаттамаларын енгізуді қамтамасыз етеді.

Жергілікті деңгейде жүргізілген пилоттық эксперимент нәтижелері ұсынылған жүйенің Қазақстан жағдайында су тасқындарын ерте анықтау мен жедел әрекет етуді қолдауда практикалық тұрғыдан тиімді екенін көрсетті.

***Түйін сөздер:** Жаһандық навигациялық спутниктік жүйе (ЖНСЖ), краудсорсинг әдісі, мобильді жүйе, азаматтық мониторинг, су тасқындарын мониторингтеу, ақпараттық жүйенің архитектурасы.*

Кіріспе.

Су тасқындары адам шығынына, елеулі экономикалық залалға және инфрақұрылымның бұзылуына әкелетін табиғи апаттардың ең кең таралған әрі қауіпті

түрлерінің бірі болып саналады. Ғаламдық бағалауларға сәйкес, табиғи апаттар салдарынан болатын адам өлімінің шамамен 43,5 %-ы су тасқындарымен байланысты, бұл оларды тиімді мониторингтеу мен алдын ала ескерту тетіктерін әзірлеудің өзектілігін айқын көрсетеді [1].

Қазақстанда соңғы жылдары, әсіресе елдің солтүстік және шығыс өңірлерінде, су басу құбылыстардың жиілігі артып келеді. Соңғы жылдары Қазақстан Республикасы климаттық факторлардың күшеюі мен гидрологиялық режимнің өзгеруіне байланысты су тасқыны құбылыстарының жиілеуімен бетпе-бет келіп отыр. 2024 жылы ел аумағында бұрын-соңды болмаған ауқымдағы су тасқындары тіркеліп, олардың салдарынан бірқатар елді мекендер су астында қалып, инженерлік және көлік инфрақұрылымына елеулі зиян келтірілді, сондай-ақ бірнеше өңірде халықты жаппай эвакуациялау және төтенше жағдайлардың салдарын жою шараларын жүргізу қажеттілігі туындады. Ғарыштық деректер мен гидрологиялық модельдерге негізделген және су тасқындарын болжауға арналған Tasqyn мемлекеттік ақпараттық жүйесі су тасқыны қаупін 30 күн бұрын анықтау мүмкіндігін көрсетті [2]. Аталған жүйе гидрометеорологиялық деректер мен гидробекеттерден алынатын мәліметтер негізінде су тасқыны сценарийлерін модельдеуге мүмкіндік бергенімен, әсіресе шалғай және инфрақұрылымы әлсіз аумақтарда локальды су басуларды ерте кезеңде анықтау мәселесі әлі де өзекті болып қалып отыр.

Қазақстанда және шетелдік ғылыми ортада жүргізіліп жатқан заманауи зерттеулер су тасқындарын мониторингтеудің ақпараттық технологияларға негізделген жаңа тәсілдерінің дамып келе жатқанын көрсетеді. Осы бағыттағы басқа зерттеулерге сүйенетін болсақ, табиғи апаттарды нақты уақыт режимінде тіркеуге қабілетті қазіргі заманғы смартфондар мүмкіндіктері кеңінен қарастырылады. Мәселен, мобильді желілер арқылы жер сілкіністерін анықтауға арналған MyShake жүйесі және қалалық ортада су тасқындары туралы деректерді краудсорсинг негізінде жинайтын FloodCitiSense платформасы осы бағыттағы тиімді шешімдердің қатарын көрсетеді [3]. Шығыс Қазақстан облысында қашықтан зондтау деректері мен геоақпараттық технологияларға сүйенген жерүсті суларын мониторингтеу жүйелері енгізіліп, ағынның кеңістіктік-уақыттық таралуы мен су басу аймақтарының динамикасын талдауға жағдай жасалуда. Халықаралық тәжірибеде терең оқыту әдістерін қолдана отырып су айдындарын сегментациялау және су тасқынын мониторингтеу, сондай-ақ GNSS-рефлектометрия технологиялары негізінде су тасқыны динамикасын жаһандық деңгейде картографиялау бағытындағы зерттеулер жүргізілуде [4]. Бұл жұмыстар ерте ескерту жүйелеріне жаңа дерек көздерін біріктірудің жоғары әлеуетін айқындайды. Аталған бағыттағы нәтижелер мониторингтің жеделдігі мен кеңістіктік нақтылығын арттыруға қабілетті технологияларды одан әрі дамыту қажеттігін көрсетеді.

Google Play Store платформасындағы 14 мобильді қосымшаны талдау табиғи апаттарды басқаруда пайдаланушыға бағытталған функцияларды және краудсорсингті біріктірудің маңызын көрсетеді. Су тасқынына дайындық пен алдын ала ескертуге арналған мобильді қосымшалар байланыс орнату, жедел хабарландыру және әрекеттерді үйлестіруде шешуші рөл атқаратыны бойынша Kangana, Kankanamge [5] зерттеген. Қоғамның ұзақ мерзімді тұрақтылығы геймификация, ведомствоаралық ынтымақтастық және интерактивті коммуникация құралдарына байланысты көрсетілген. EscapeWildFire сияқты қосымшалар орман өрттері кезінде нақты уақыттағы эвакуацияны қолдауда жоғары тиімділік көрсететіні зерттеулерде Kamilaris, Filippi [6] айтылған, алайда олардың нәтижелілігі модельдеу дәлдігіне, жедел ескертуге және жүйені үздіксіз жетілдіруге тәуелді. IoT-негізіндегі жүйелер бұлттық платформалар мен гетерогенді датчиктерді біріктіру арқылы медициналық төтенше жағдайлар, өрттер мен апаттар кезінде төмен кідірісті хабарландыруды қамтамасыз етеді, бұл Zhang, Zhang [7] зерттеулерінде көрсетілген. Мұндай шешімдер жоғары дәлдігімен және ауқымдылығымен ақылды қалалар мен инфрақұрылым үшін перспективалы болып табылады. Сонымен қатар, жасанды интеллект әдістері (ХАІ, машиналық және терең оқыту, деректерді біріктіру) болжау, ерте ескерту

және ресурстарды бөлу жүйелерін жетілдіруге мүмкіндік береді, дегенмен түсіндірмелілік пен деректер шектеулері өзекті мәселе болып қала береді, бұл туралы Albahri, Khaleel [8] атап өткен.

Цифрлық трансформация табиғи апаттарды басқаруда маңызды бағыт ретінде қарастырылып, ұйымдық және технологиялық өзгерістерді біріктіруші тұжырымдамалық құрылымдар ұсынылуда, бұл Fischer-Preßler, Bonaretti [9] зерттеулерінде көрсетілген.

Әлеуметтік осал топтарға арналған платформалар мен жедел медициналық көмек жүйелері деректерді қауіпсіз тасымалдау және ведомствоаралық үйлесімділік арқылы төтенше жағдайларға дайындықты күшейтеді, бұл идея Nakai, Itatani және Perera, Karunapayaaka [10] зерттеулерінде сипатталған. Сонымен қатар мобильді қосымшалар арқылы жүзеге асырылатын краудсорсинг төтенше жағдайлар туралы деректерді халықтан жинаудың нәтижелі әдісі ретінде кеңінен танылуда. Мысалы, су деңгейін бақылау және табиғи апаттар туралы хабарлау бойынша әзірленген мобильді платформалар енгізу шығындары салыстырмалы түрде төмен бола отырып, ауқымды деректер жиынтығын жинауға мүмкіндік береді [4].

Қазақстанда қазіргі уақытқа дейін су тасқындарын болжаудың негізгі құралдары ретінде спутниктік деректер, гидрологиялық өлшемдер және өзендер мен су қоймаларының жай-күйі туралы ақпарат ағындарын талдайтын мамандандырылған мемлекеттік жүйелер, соның ішінде Tasqyn ақпараттық жүйесі қолданылып келеді[2]. Жүйенің салыстырмалы сипаты келесі бөлімде ашып көрсетілген.

Алайда бұл жүйелер, әсіресе жергілікті сипаттағы су тасқындарын жедел дамуы жағдайында, жекелеген елді мекендер деңгейінде жеткілікті кеңістіктік айқындамалық пен дер кезінде әрекет ету мүмкіндігін толық қамтамасыз ете бермейді. Сонымен қатар спутниктік бейнелер мен геоақпараттық технологияларды пайдалана отырып су нысандарын мониторингтеу бағытындағы зерттеулер қашықтан зондтау деректерін өзге ақпарат көздерімен біріктіру арқылы жерүсті суларын талдаудың дәлдігін арттыруға болатындығын көрсетеді.

Осы тұрғыда жергілікті деңгейде, яғни тікелей тұрғындардан «жер бетінен» жиналатын деректерге негізделген мобильді платформаны әзірлеу қашықтан және ғарыштық бақылау әдістерін толықтыратын перспективалы бағыт ретінде қарастырылады.

Төтенше жағдайлардың алдын алу және олардың салдарын жою саласындағы Қазақстан Республикасының нормативтік-құқықтық базасы табиғи сипаттағы төтенше жағдайлардың алдын алу шараларын регламенттейтін «Азаматтық қорғау туралы» Заңды [11], сондай-ақ су басу қауіптерді бақылау мен жедел әрекет етуге жауапты Қазақстан Республикасының Төтенше жағдайлар министрлігі (ТЖМ) сияқты уәкілетті органдардың қызметін қамтиды. Алайда бұл құжаттар құқықтық негіз қалыптастырғанымен, жергілікті деңгейдегі қауіп-қатерлерді жедел анықтау және нақты уақыт режимінде басқарушылық шешімдер қабылдау үшін жеткілікті деректерді толық көлемде қамтамасыз ете бермейді.

Осыған байланысты краудсорсингке негізделген мобильді деректерді, GNSS позициялау мүмкіндіктерін және геокеңістіктік талдау әдістерін біріктіретін инновациялық ақпараттық жүйелерді әзірлеу мен енгізудің ғылыми әрі практикалық маңыздылығы артып отыр. Мұндай жүйелер жоғары кеңістіктік айқындамалықты қамтамасыз етіп, жергілікті су басу ошақтарын дер кезінде анықтауға және төтенше жағдайлар қызметтерінің шешім қабылдау үдерісін тиімді қолдауға мүмкіндік береді.

Зерттеу мақсаты: Android құрылғыларын пайдалана отырып, азаматтардың кеңінен қатысуына (citizen science) негізделген су тасқындарын анықтау және алдын ала ескертуге арналған кешенді мобильді және веб-платформаны әзірлеу

Материалдар мен зерттеу әдістері.

Зерттеу жүргізу барысында төтенше жағдайларды мониторингтеудің заманауи әдістері, краудсорсингтік деректерді талдау тәсілдері және геокеңістіктік технологиялары қолданылды.

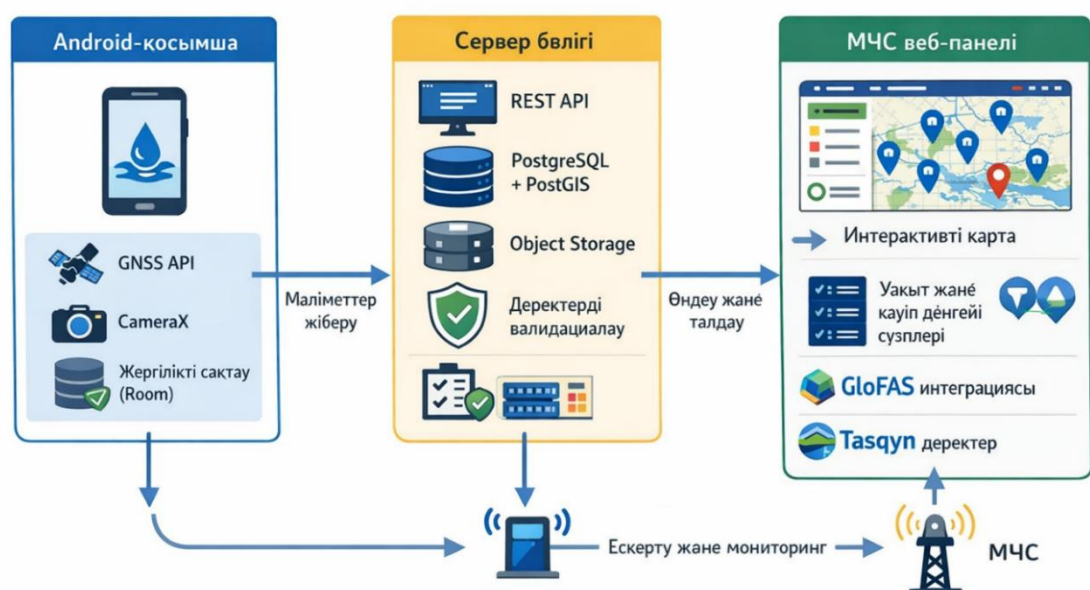
Бірінші кезеңде спутниктік қашықтан зондтау платформалары және citizen science мобильді қосымшаларын қоса алғанда, ұлттық және халықаралық су тасқындарын мониторингтеу жүйелерінің шолу жұмысы жүргізілді. Жүйенің моделін әзірлеу үшін соңғы үш жылдағы гидробекеттер, спутниктік бақылаулар, ҚР ТЖМ статистикасы және төтенше жағдайлардың алдын алу жөніндегі нормативтік-құқықтық актілер сияқты сенімді дерек көздері таңдалды. Осы кезеңнің мақсаты — GNSS-координаттарды, фотодокументацияны және контекстік параметрлерді (су деңгейі, ағын жылдамдығы, жер бедері түрі) жинауды қамтитын мобильді краудсорсингтік жүйенің құрылымдық моделін жасау, сондай-ақ EXIF метадеректері мен хабарламаларды кеңістіктік-уақыттық кластерлеу арқылы олардың сенімділігін талдау болды.

Екінші кезеңде мобильді қосымшаның прототипін сынау жүргізілді, оған Қазақстанның әртүрлі өңірлерінен 43 волонтер қатыстырылды. Деректер 3 ай бойы жиналды, кейін ақпарат көпдеңгейлі тексеруден өткізіліп, ресми гидробекеттер деректерімен синхрондалды. Жүйенің тиімділігін бағалау үшін PostgreSQL мәліметтер қорымен және PostGIS кеңейтімімен кеңістіктік-уақыттық талдау қолданылды. Бұл жергілікті су басулардың жылу карталарын құруға, квазиреалды уақыт режимінде қауіп деңгейін бағалауға және ТЖМ әрекет ету сценарийлерін модельдеуге мүмкіндік берді.

Нәтижелер және оларды талқылау.

Зерттеу барысында Қазақстан Республикасының жағдайына бейімделген су тасқындарын ерте анықтау және хабарландыруға арналған мобильді краудсорсингтік жүйе әзірленіп, сынақтан өткізілді. Жүйе азаматтардан алынатын деректерді жинау, геокеңістіктік талдау және ресми ақпарат көздерімен интеграциялау мүмкіндігін біріктіреді, бұл жергілікті су басуларды анықтаудың дәлдігі мен оперативтілігін арттырып, төтенше жағдайлар қызметтерінің ресурстарын тиімді бөлуді қамтамасыз етеді.

Жүйенің архитектурасы үш өзара байланысқан компоненттен тұрады: мобильді Android-қосымша, серверлік бөлік және төтенше жағдайлар қызметтері үшін веб-панель (сурет – 1).



Сурет 1 – Су тасқынын анықтау мақсатын көздейтін краудсорсингтің мобильді жүйенің архитектурасы

Kotlin тілінде MVVM және Clean Architecture принциптері бойынша әзірленген мобильді қосымша GNSS API-пен интеграцияланған және 8–12 метр дәлдікпен координаттарды автоматты жинау, EXIF метадеректерімен фотодокументация жасау, сондай-ақ су деңгейі мен жер бедері типін енгізу мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Деректердің жергілікті сақтау мүмкіндігі оффлайн режимде де жұмыс істеуге мүмкіндік беріп, оқиғаларды шалғай аудандарда тіркеуге жағдай жасайды.

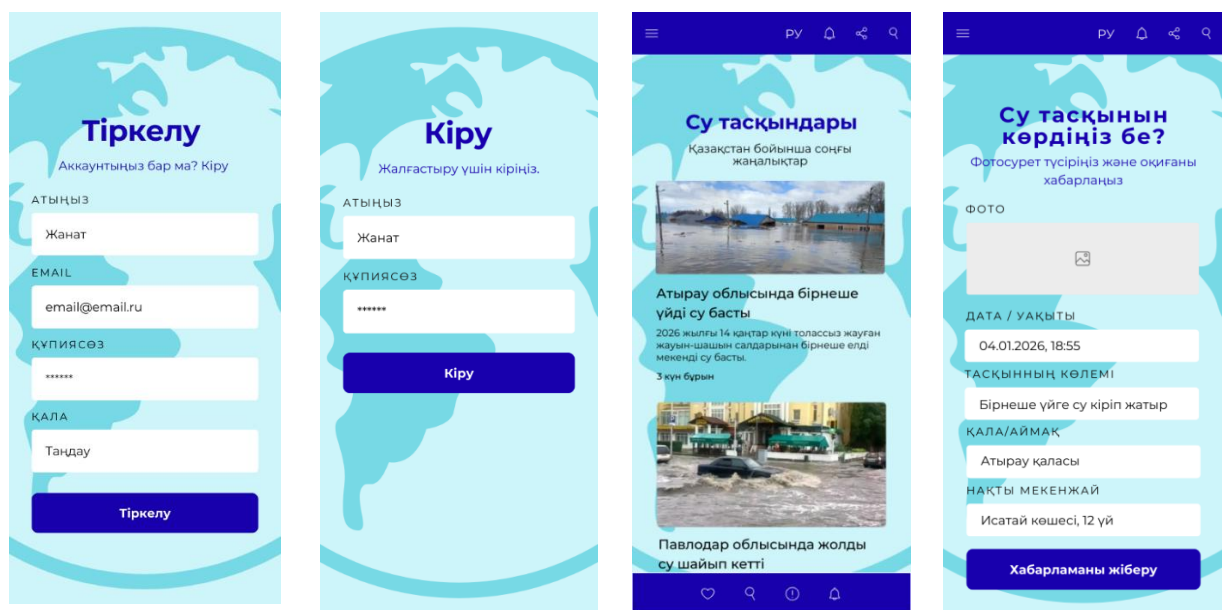
Серверлік бөлік Spring Boot (Java) негізінде, REST API арқылы, PostgreSQL мәліметтер қорымен (сурет - 2) және PostGIS кеңейтімімен кеңістіктік деректерді сақтап, өңдейді, хабарламаларды кластерлеу және су басу жылу карталарын құру функцияларын орындайды.

```
CREATE TABLE flood_reports (
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  user_id INT REFERENCES users(id),
  location GEOGRAPHY(POINT, 4326),
  accuracy FLOAT,
  altitude FLOAT,
  water_level_cm INT,
  flow_speed VARCHAR(10),
  area_type VARCHAR(20),
  description TEXT,
  status VARCHAR(20) DEFAULT 'PENDING',
  threat_level VARCHAR(10),
  created_at TIMESTAMP DEFAULT NOW()
);
```

Сурет 2 – Су тасқыны жайлы есептер кестесі

Object Storage жүйесі фотосуреттерді масштабты сақтау мүмкіндігін береді, ал хабарламаларды өңдеу кешігулерін азайту үшін кезек жүйесі қолданылады. Деректерді көпдеңгейлі тексеру EXIF, GNSS дәлдігі және хабарламалардың кеңістіктік-уақыттық үйлесімділігін қарастырады, ал ТЖМ мамандарының орталықтандырылған тексеруі жалған сигналдар қаупін төмендетеді.

Веб-панель оқиғаларды интерактивті картада визуализациялауға, уақыт пен қауіп деңгейі бойынша сүзуге Tasqun сияқты ұлттық ақпарат көздерімен интеграциялауға мүмкіндік береді, бұл төтенше жағдайлар қызметтері үшін бірыңғай ақпараттық кеңістік қалыптастырады. Төмендегі суреттерде мобильді қосымша прототипінің интерфейсі көрсетілген (сурет - 3)



Сурет 3 – Мобильді қосымша прототипінің интерфейсі

Жүйенің бизнес-логикасы қатысушыларды тіркеу, бастапқы деректерді жинау, хабарламаларды су басу тереңдігі мен тығыздығына қарай приоритизациялау, SMS, Push және Email арқылы қызметтерді автоматты хабарландыру, сондай-ақ картада интерактивті сүзгілер мен жылу карталарымен визуализациялауды біріктіреді. Ерекшелігі — азаматтар кеңістікте үлестірілген сенсорлар ретінде қызмет атқарып, мобильді құрылғылар толыққанды өлшеу құралы ретінде жұмыс істейді. Бұл жергілікті су басуларды тек спутниктік деректермен салыстырғанда ертерек тіркеуге мүмкіндік береді. Азаматтардың бақылау деректері серверге түсіп, веб-жүйеде көрініс табу жүйесі сурет 4-де көрсетілген (сурет 4).



Сурет 4 – Android құрылғыларын пайдалана отырып белсенді азаматтардың хабарлама жіберу алгоритмі

Жүйені пилоттық сынақтар тасқындық маусым кезінде Қазақстанның бірнеше өңірінде өткізілді. Талдау нәтижесі көрсеткендей, хабарламалардың орташа геопозициялық дәлдігі 9–13 метрді құрады, ал пайдаланушы оқиғаны тіркегеннен картада көрсетуге дейінгі уақыт үш минуттан аз болды. Бұл төтенше жағдайлар қызметтеріне хабарламалардың тығыздығына қарай ресурстарды жылдам қайта бөлуге және жергілікті су басуларға уақытылы әрекет етуге мүмкіндік берді.

Қорытынды.

Tasqyn және спутниктік мониторинг деректерімен салыстырғанда, краудсорсингтік жүйе жергілікті су басуларды бұлттылық жағдайында да жылдам әрі егжей-тегжейлі тіркеуге мүмкіндік беретіндігі дәлелденді. Келесі кесетеді жүйенің салыстырмалы артықшылықтары көрсетілген (кесте - 1)

Төтенше гидрологиялық құбылыстарды бақылауға арналған Tasqyn мемлекеттік жүйесі мен ұсынылып отырған краудсорсингтік GNSS-жүйесін салыстыру олардың архитектурасы, деректерді жинау қағидаттары және жедел әрекет ету мүмкіндіктері бойынша айтарлықтай айырмашылықтарын көрсетеді. Бұл айырмашылықтар қолданылатын дереккөздермен қатар, халықтың мониторинг үдерісіне тартылу деңгейімен де анықталады.

Кесте 1 – Tasqyn мемлекеттік жүйесі мен ұсынылып отырған краудсорсингтік мобильді жүйенің негізгі басым көрсеткіштері бойынша салыстырмалы талдау

Көрсеткіш	Мемлекеттік жүйе (Tasqyn)	Ұсынылып отырған краудсорсингтік GNSS-жүйе
Деректер көзі	Спутниктік бақылаулар, гидрологиялық бекеттер, метеодеректер	Азаматтардың смартфондары + GNSS + фотосуреттер + EXIF
Аумақтық қамту	Елдің бүкіл аумағы, бірақ кеңістіктік айқындығы шектеулі	Қатысушылар бар жерлерде жоғары жергілікті қамту
Кеңістіктік айқындық	Төмен — жүздеген метр / километр	Жоғары — ондаған метр
Уақыттық айқындық (оперативтілік)	Орташа — бірнеше сағаттан тәулікке дейінгі кідіріс	Жоғары — минуттар деңгейіндегі кідіріс
Инфрақұрылымға қажеттілік	Стационарлық датчиктер мен спутниктік арналарды талап етеді	Ең аз — тек пайдаланушылардың смартфондары
Ауа райы жағдайларына тәуелділік	Спутниктік деректер бұлттылықпен шектеледі	Бұлттылыққа тәуелсіз; оқиға орнынан фотосурет
Жергілікті оқиғаларды анықтау жылдамдығы	Төмен — жергілікті су тасқындары назардан тыс қалуы мүмкін	Жоғары — пайдаланушылардың жедел әрекеті
Халықтың қатысуы	Формалды түрде жоқ	Белсенді (citizen science)
Позициялау дәлдігі	Датчиктер тығыздығымен шектеледі	Шамамен 8–12 м дейін (смартфон GNSS)
Байланыс инфрақұрылымына қойылатын талаптар	Жоғары (тұрақты байланыс арналары)	Бейімделгіш (оффлайн буферлеу + желі пайда болғанда жіберу)
Төтенше қызметтермен интеграция	ТЖМ тарапынан тікелей басқару	API арқылы тікелей байланыс + операторларға арналған панель
Ақпараттық қауіпсіздік / ҚР ГОСТ талаптарына сәйкестік	Ұлттық стандарттар аясында	Жоба бастапқыдан ГОСТ талаптарына сай жобаланады
Нақты уақыт режимінде визуализациялау мүмкіндігі	Шектеулі	Веб-панель және API арқылы қамтамасыз етіледі
Енгізу және қолдау шығындары	Жоғары (инфрақұрылым, датчиктер, спутниктер)	Төмен (бағдарламалық қамту + краудсорсинг)

Tasqyn жүйесі спутниктік бақылауларға, гидрологиялық бекеттерге және метеорологиялық деректерге негізделген дәстүрлі мониторинг тәсілін қолданады. Мұндай әдіс ел аумағының толық қамтылуын және ұлттық ақпараттық қауіпсіздік стандарттарына сәйкестікті қамтамасыз етеді. Алайда деректердің кеңістіктік ажыратымдылығы төмен деңгейде қалып (жүздеген метрден километрге дейін), бұл шағын аумақтарда пайда болатын және тез дамиды су тасқыны құбылыстарын анықтауды қиындатады. Сонымен қатар ақпаратты өңдеу мен жеткізудегі уақытша кідіріс бірнеше сағаттан тәулікке дейін жетуі мүмкін, бұл жедел әрекет ету тиімділігін төмендетеді.

Ұсынылып отырған краудсорсингтік GNSS-жүйе азаматтардың смартфондары арқылы жиналатын деректерге, соның ішінде GNSS координаттарына, фотоматериалдарға және EXIF метадеректеріне сүйенеді. Бұл тәсіл кеңістіктік ажыратымдылықты ондаған метр деңгейіне дейін арттыруға және деректердің минуттық кідіріспен дерлік нақты уақыт

режимінде түсуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Жергілікті төтенше жағдайларды анықтау жылдамдығы пайдаланушылардың оқиға орнынан тікелей әрекет етуі есебінен едәуір жоғарылайды.

Инфрақұрылымдық талаптар тұрғысынан Tasqyn жүйесі стационарлық датчиктерге, спутниктік байланыс арналарына және тұрақты телекоммуникациялық желілерге тәуелді, бұл оны енгізу мен пайдаланудың жоғары шығындарына әкеледі. Ал краудсорсингтік GNSS-жүйе үшін арнайы физикалық инфрақұрылымның қажеттілігі минималды, себебі ол пайдаланушылардың қолда бар мобильді құрылғыларын және желі болмаған жағдайда деректерді уақытша сақтап, байланыс пайда болғанда жіберу сияқты бейімделгіш механизмдерді қолданады.

Краудсорсингтік тәсілдің маңызды артықшылықтарының бірі – бұлттылық пен қашықтан зондтауға тән басқа да шектеулерге тәуелді болмауы, өйткені ақпарат тікелей оқиға орнынан түседі. Смартфондардағы GNSS-модульдермен қамтамасыз етілетін позициялау дәлдігі (шамамен 8–12 м) қатысушылардың жеткілікті тығыздығы жағдайында стационарлық бекеттер желісі сирек орналасқан дәстүрлі жүйелердің мүмкіндіктерінен асып түсуі ықтимал.

Әлеуметтік және басқарушылық тұрғыдан алғанда да екі жүйе арасында айқын айырмашылық бар. Tasqyn орталықтандырылған басқару моделіне негізделіп, төтенше қызметтермен тікелей интеграцияланғанымен, халықтың белсенді қатысуын қарастырмайды. Керісінше, краудсорсингтік GNSS-жүйе citizen science қағидаттарын іске асырып, азаматтарды деректерді жинау үдерісіне тарту арқылы қоғамдық хабардарлықты және төтенше жағдайларға орнықтылықты арттырады. Бұл жүйенің экстремдік қызметтермен өзара әрекеттесуі API және операторларға арналған панельдер арқылы жүзеге асады, нәтижесінде оны қолданыстағы басқару жүйелеріне икемді түрде енгізуге болады.

Қорытындылай келе, Tasqyn мемлекеттік жүйесі макродеңгейде сенімді әрі стандартталған мониторинг құралын білдірсе, ұсынылып отырған краудсорсингтік GNSS-жүйе жергілікті деңгейде жоғары нақтылықты, жеделдікті және экономикалық тиімділікті қамтамасыз етуге бағытталған. Екі жүйені бір-біріне қарсы қоюдан гөрі, оларды өзара толықтырушы құралдар ретінде пайдалану неғұрлым перспективалы болып табылады, себебі краудсорсингтік деректер мемлекеттік мониторингтің жергілікті және жылдам дамиды қауіпті процестерге сезімталдығын арттыра алады.

Осылайша, жүргізілген зерттеудің нәтижелері краудсорсингтік деректерді, GNSS-позициялауды және кеңістіктік-уақыттық талдауды біріктірудің ғылыми әрі практикалық маңыздылығын айқын көрсетеді. Әзірленген жүйе су тасқындарын ерте кезеңде анықтауға мүмкіндік беріп, Төтенше жағдайлар органдарының жедел әрі негізделген шешім қабылдауын қамтамасыз етеді және табиғи сипаттағы төтенше жағдайларды мониторингтеудің жаңа тәсілі ретінде Қазақстан жағдайында мұндай технологияларды кең ауқымда енгізуге берік негіз қалайды. Алдағы кезеңдерде жүйені мемлекеттік мониторинг платформаларымен біріктіру, пайдаланушылардан келіп түсетін хабарламаларды автоматты түрде талдау үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану, сондай-ақ кеңістіктік-уақыттық модельдер негізінде жергілікті су басулардың даму сценарийлерін болжау перспективалы бағыттар ретінде қарастырылады. Бұған қоса, азаматтардың белсенді қатысуын ынталандыру тетіктерін жетілдіру және байланыс шектеулі жағдайларда деректерді офлайн жинап, кейін синхрондау мүмкіндіктерін енгізу жүйенің практикалық құндылығын арттыра алады.

Әдебиеттер тізімі

1. Премьер-Министр Республики Казахстан. (2024). Паводки 2024 года: социальная помощь гражданам, строительство и восстановление домов и инфраструктуры. <https://primeminister.kz>

2. Қазақстан Республикасы Су ресурстары және ирригация министрлігі. (n.d.). Tasqyn ақпараттық жүйесі еліміздің 10 облысында су тасқыны жағдайын болжауға мүмкіндік берді. <https://www.gov.kz/>
3. Kong, Q., Allen, R. M., Schreier, L., & Kwon, Y.-W. (2016). MyShake: A smartphone seismic network for earthquake early warning and beyond. *Science Advances*, 2, e1501055. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501055>
4. Teguh, R., Adji, F., Benius, B., & Aulia, M. (2021). Android mobile application for wildfire reporting and monitoring. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 10(6), 3412–3421. <https://doi.org/10.11591/eei.v10i6.3256>
5. Kangana, N., Kankanamge, N., De Silva, C., Mahamood, R., Ranasinghe, D., & Goonetilleke, A. (2025). Harnessing mobile technology for flood disaster readiness and response: A comprehensive review of mobile applications on the Google Play Store. *Urban Science*, 9, 106. <https://doi.org/10.3390/urbansci9020106>
6. Kamilaris, A., Filippi, J. B., Padubidri, C., Koole, R., & Karatsiolis, S. (2023). Examining the potential of mobile applications to assist people to escape wildfires in real-time. *Fire Safety Journal*, 136, 103747. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103747>
7. Zhang, H., Zhang, R., & Sun, J. (2025). Developing real-time IoT-based public safety alert and emergency response systems. *Scientific Reports*, 15, 29056. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-29056>
8. Albahri, A. S., Khaleel, Y. L., Habeeb, M. A., Ismael, R. D., Hameed, Q. A., Deveci, M., Homod, R. Z., Albahri, O. S., Alamoodi, A. H., & Alzubaidi, L. (2024). A systematic review of trustworthy artificial intelligence applications in natural disasters. *Computers & Electrical Engineering*, 118, 109409. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109409>
9. Fischer-Preßler, D., Bonaretti, D., & Bunker, D. (2024). Digital transformation in disaster management: A literature review. *Journal of Strategic Information Systems*, 33, 101865. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2024.101865>
10. Perera, D. T. M., Karunanayaka, K. G., Jayasinghe, L. S., Dissanayake, N. A. K., Rathnasiri, Y. K. A., Samaraweera, K. S., Jagoda, J. K. S. K., & Dillipriya, T. A. H. (2025). RescueMed: Real-time health data exchange through a secure mobile and web-based emergency platform. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 9, 1822–1831.
11. Қазақстан Республикасы. (n.d.). «Азаматтық қорғау туралы» Қазақстан Республикасы Заңының жобасы. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1200001325>

References

1. Prem'er-Ministr Respubliki Kazahstan. (2024). Pavodki 2024 goda: social'naja pomoshh' grazhdanam, stroitel'stvo i vosstanovlenie domov i infrastruktury. <https://primeminister.kz>
2. Қазақстан Республикасы Су ресурстары және ирригация министрлігі. (n.d.). Tasqyn ақпараттық жүйесі еліміздің 10 облысында су тасқыны жағдайын болжауға мүмкіндік берді. <https://www.gov.kz/>
3. Kong, Q., Allen, R. M., Schreier, L., & Kwon, Y.-W. (2016). MyShake: A smartphone seismic network for earthquake early warning and beyond. *Science Advances*, 2, e1501055. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501055>
4. Teguh, R., Adji, F., Benius, B., & Aulia, M. (2021). Android mobile application for wildfire reporting and monitoring. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 10(6), 3412–3421. <https://doi.org/10.11591/eei.v10i6.3256>
5. Kangana, N., Kankanamge, N., De Silva, C., Mahamood, R., Ranasinghe, D., & Goonetilleke, A. (2025). Harnessing mobile technology for flood disaster readiness and response: A comprehensive review of mobile applications on the Google Play Store. *Urban Science*, 9, 106. <https://doi.org/10.3390/urbansci9020106>

6. Kamilaris, A., Filippi, J. B., Padubidri, C., Koole, R., & Karatsiolis, S. (2023). Examining the potential of mobile applications to assist people to escape wildfires in real-time. *Fire Safety Journal*, 136, 103747. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103747>
7. Zhang, H., Zhang, R., & Sun, J. (2025). Developing real-time IoT-based public safety alert and emergency response systems. *Scientific Reports*, 15, 29056. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-29056>
8. Albahri, A. S., Khaleel, Y. L., Habeeb, M. A., Ismael, R. D., Hameed, Q. A., Deveci, M., Homod, R. Z., Albahri, O. S., Alamoodi, A. H., & Alzubaidi, L. (2024). A systematic review of trustworthy artificial intelligence applications in natural disasters. *Computers & Electrical Engineering*, 118, 109409. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109409>
9. Fischer-Preßler, D., Bonaretti, D., & Bunker, D. (2024). Digital transformation in disaster management: A literature review. *Journal of Strategic Information Systems*, 33, 101865. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2024.101865>
10. Perera, D. T. M., Karunanayaka, K. G., Jayasinghe, L. S., Dissanayake, N. A. K., Rathnasiri, Y. K. A., Samaraweera, K. S., Jagoda, J. K. S. K., & Dilpriya, T. A. H. (2025). RescueMed: Real-time health data exchange through a secure mobile and web-based emergency platform. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 9, 1822–1831.
11. Қазақстан Республикасы. (n.d.). «Azamattyқ қорғau тuralы» Қазақстан Республикасы Заңуның жобасы. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1200001325>

КРАУДСОРСИНГОВАЯ МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ НАВОДНЕНИЙ

***Аннотация.** Статья посвящена задаче оперативного реагирования на паводковые ситуации, которые регулярно возникают на территории Республики Казахстан. Актуальность исследования обусловлена недостаточной обеспеченностью достоверными и оперативными пространственными данными, необходимыми для раннего выявления и мониторинга паводков. Целью исследования является разработка и оценка эффективности краудсорсинговой мобильной информационной системы мониторинга паводков на основе данных глобальной навигационной спутниковой системы (Global Navigation Satellite System, GNSS).*

Объектом исследования является процесс сбора и обработки пространственных данных о паводках, предметом исследования — методы сбора данных с использованием мобильных устройств в рамках концепции citizen sensing. В ходе работы применялись методы проектирования и разработки мобильного приложения для операционной системы Android, интеграция с прикладным программным интерфейсом глобальной навигационной спутниковой системы (Application Programming Interface, GNSS API), а также методы фотофиксации с использованием стандартизированных метаданных изображений (Exchangeable Image File Format, EXIF).

В результате исследования разработана архитектура комплексной информационной системы мониторинга паводков, включающая мобильное приложение, серверный модуль хранения и обработки данных и веб-панель для служб по чрезвычайным ситуациям. Разработанное мобильное приложение обеспечивает автоматическую фиксацию координат с точностью 8–12 метров, геопривязку фотоматериалов и ввод контекстной информации о уровне воды и типе рельефа. Результаты пилотного эксперимента, проведенного на локальном уровне, подтверждают практическую применимость предложенной системы для раннего выявления паводков и повышения оперативности реагирования в условиях Республики Казахстан.

Ключевые слова: Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), метод краудсорсинга, мобильная система, гражданский мониторинг, мониторинг наводнений, архитектура информационной системы.

A CROWDSOURCING MOBILE SYSTEM BASED ON MAҚСАТЫНДА GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM DATA FOR EARLY FLOOD DETECTION

Abstract. The paper addresses the problem of rapid response to flood events, which frequently occur in the territory of the Republic of Kazakhstan. The relevance of the study is determined by the lack of reliable and timely spatial data required for early flood detection and monitoring. The aim of the research is to develop and evaluate a crowdsourcing-based mobile information system for flood monitoring using data from the Global Navigation Satellite System (GNSS).

The object of the study is the process of collecting and processing spatial flood data, while the subject of the research focuses on mobile data collection methods based on the citizen sensing concept. The methodology includes the design and development of a mobile application for the Android operating system, integration with the Global Navigation Satellite System Application Programming Interface (GNSS API), and photo documentation using standardized image metadata (Exchangeable Image File Format, EXIF).

As a result, an integrated architecture of a flood monitoring information system has been developed. The proposed architecture consists of a mobile application, a server-side module for data storage and processing, and a web-based control panel for emergency management services. The mobile application provides automatic coordinate acquisition with an accuracy of 8–12 m, geotagging of photographic data, and input of contextual information such as water level and terrain type. The results of a local pilot experiment demonstrate that the proposed system is practically applicable for early flood detection and supports timely decision-making and emergency response under the conditions of Kazakhstan.

Keywords: Global Navigation Satellite System (GNSS), crowdsourcing method, mobile system, citizen sensing, flood monitoring, information system architecture.

Авторлар туралы мәлімет

Сейтахметова Жанат Маратовна	PhD, С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің қауымдастырылған профессоры, Өскемен қ., Қазақстан E-mail: zhanat.seitahmetova@gmail.com
Адиқанова Салтанат	PhD, С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университетінің профессоры, Өскемен қ., Қазақстан, E-mail: adikanovas@gmail.com
Нұрғожаев Шыңғыс Болатұлы	PhD, І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан E-mail: nurgozhayevsh@gmail.com
Умарова Жанат Рысбаевна	PhD, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан Республикасы Email: Zhanat.umarova@gmail.com
Айхынбай Кулайша Тешебаевна	аға оқытушы, М.Әуезов атындағы ОҚУ, Ақпараттық коммуникациялық технологиялар кафедрасы, Шымкент қаласы., Қазақстан. E-mail: Akulaisha78@mail.ru

Сведения об авторах

Сейтахметова Жанат Маратовна	PhD, ассоциированный профессор Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан, E-mail: zhanat.seitahmetova@gmail.com
Адиқанова Салтанат	PhD, профессор Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан, E-mail: adikanovas@gmail.com
Нұрғожаев Шыңғыс Болатұлы	PhD, Жетісуский университет имени И. Жансугурова, Талдықорған, Казахстан E-mail: nurgozhayevsh@gmail.com
Умарова Жанат Рысбаевна	PhD, Южно-Казахстанский университет имени М.Ауезова, г.Шымкент, Казахстан. E-mail: Zhanat.umarova@gmail.com

Айхынбай Кулайша Тешебаевна	старший преподаватель кафедры информационно-коммуникационных технологий, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан. E-mail: Akulaisha78@mail.ru
--------------------------------	--

Information about the authors

Seitakhmetova Zhanat	PhD, Associate Professor, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: zhanat.seitahmetova@gmail.com
Adikanova Saltanat	PhD, Professor, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: adikanovas@gmail.com
Nurgozhayev Shynggys	PhD, Zhetysu University named after I. Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan E-mail: nurgozhayevsh@gmail.com
Umarova Zhanat	PhD, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan E-mail: Zhanat.umarova@gmail.com
Kulaisha Aikhynbai	Senior Lecturer, Department of Information and Communication Technologies, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan. E-mail: Akulaisha78@mail.ru