

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2025-1-28-37>

УДК 623.746.-519; МРНТИ 29.31.29

ДАЛА ӨРТІНЕ ҚАРСЫ ОПТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЖЫЛУ МОДЕЛЬДЕРІ: ҰҰА МЕН ТЕЛЕМЕТРИЯ ИНТЕГРАЦИЯСЫ

Х. Молдамұрат, Д. М. Калманова, Ө. К. Әбдірашев*, Ғ. А. Әнуар, Ә. Ақан

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

** Байланыс үшін E-mail: abdirashev_ok@enu.kz*

Бұл мақалада Қазақстан Республикасындағы орман және дала өрттерінің өзекті мәселелері, олардың жиілігінің артуы, экожүйелер мен экономикаға, сондай-ақ адам қауіпсіздігіне әсері қарастырылды. Өрттерді бақылау мен басқаруда заманауи технологияларды, соның ішінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) пайдалану қажеттілігі талқыланады. Компьютерлік бағдарламалауда физикалық құбылыс ретінде жылу процесін модельдеу үшін Стефан-Больцман заңының математикалық формуласы қолданылды. Python бағдарламасындағы есептеулер нәтижесінде жылу ағынының қашықтық пен түтін коэффициентіне тәуелділігі расталды. Зерттеу барысында өртті ерте ескерту үшін оптикалық және жылулық көрсеткіштерді бағалау әдістемесіне негізделген жылу сәулеленуін есептеу нәтижелері алынған. ҰҰА мен телеметрия интеграциясының өрт жағдайларын бақылауды жақсартатыны, нақты уақытта ақпаратты жедел алу арқылы өртті болжау дәлдігін арттыратыны көрсетілді. Бұл тәсіл экожүйелер мен адамдардың өмірін қорғаудың маңызды әдісі ретінде ұсынылады.

Түйін сөздер: дала өрттері, ұшқышсыз ұшу аппараты, геоақпараттық жүйелер, оптикалық модельдеу, жылу модельдеу, телеметрия, датчиктер мен сенсорлар.

КІРІСПЕ

Қазақстан Республикасында соңғы жылдары дала өрттері, соның ішінде орман өрттері орын алуда, өрт салдары экожүйелер мен адам қауіпсіздігіне ең үлкен қауіп төндіруде. Жыл сайын олардың жиілігі мен қарқындылығы артуда, көбінесе климаттың өзгеруі, адамның іс-әрекеті және өртті абайсыз пайдалану нәтижесінен туындауда.

Дала өрттері – экожүйеге, экономикаға және қоғамға айтарлықтай әсер ететін күрделі табиғи және антропогендік құбылыс. Қазақстан аумағында дала өрттері орманды-дала және шөлейтті аймақтарда жиі кездесіп, табиғи ресурстарға, ауыл шаруашылығына және халықтың өмір сүру жағдайына кері ықпал етеді. Климаттың өзгеруі, құрғақшылықтың күшеюі және антропогендік факторлардың артуы бұл мәселеге ерекше назар аударуды талап етеді.

Әлемде дала өрттерімен күресудің әртүрлі әдістері мен стратегиялары әзірленіп, қолданысқа енгізілуде. Соңғы жылдары ғарыштық мониторинг, жасанды интеллект, дрондар мен заманауи сенсорлық жүйелерді пайдалану дала өрттерін ерте анықтау мен тиімді сөндірудің басты құралдарына айналды. Осы зерттеуде дала өрттерінің Қазақстан үшін өзектілігі қарастырылып, оларды болжау, бақылау және алдын алу бойынша халықаралық ғылыми тәжірибе мен озық технологиялар талданады. Бұл зерттеу дала өрттерін басқару саласындағы заманауи әдістер мен олардың Қазақстандағы қолдану мүмкіндіктерін анықтауға бағытталған. Сондай-ақ, халықаралық ғылыми практика негізінде өрттің алдын алу, таралуын болжау және тиімді сөндіру әдістеріне әдебиеттік шолу жасалады.

Бұл тұрғыда орман өрттерін бақылау мен басқарудың тиімді әдістерін әзірлеу қажеттілігі туын-

дайды, бұл экологиялық, экономикалық және әлеуметтік салдарға байланысты елеулі шығындарды ескере отырып, қауіпсіздігіміз үшін өзекті мәселелердің бірі болып табылуда. Өткен жылдардағы 2021 жылғы 10 мамырда Қазақстанның шығысындағы Риддерде ауқымды өрт болды. Өрт орманды алқаптан қалаға тез тарады. Өрттің қатты болғаны соншалық, Риддерде төтенше жағдай жарияланды. Өрт барысында сөндіруге 86 бірлік техника, екі тікұшақ және 528 адам қатысты. Өрт екі күннен кейін – 12 мамырда сағат 14:30-да сөндірілді. Бірақ содан кейін де ғимараттар бірнеше күн бойы жанып, түтіндеуін жалғастырды, осыған дейін де орманда қысқа өрт ошақтары пайда болды. Орман өртінің жалпы ауданы 276,4 гектарды, материалдық шығын – 252 миллион 472 мың 463 теңгені құрады [1].

Өрт салдарынан 51 учаске зардап шекті, 31 тұрғын үй толығымен өртенді, 13 учаскеде тұрғын үйлер зардап шеккен жоқ, 37 шаруашылық ғимараттар, АВТО шеберхана, алты автомобиль, автомобиль тіркемесі, қарда жүретін көлік өрттен жойылды. Басқа мүліктер де өрттен зақымдалды: құрылыс материалдары, отын, қоршаулар, жеке заттар және т.б. адамдар ешнәрсемен – баспанасыз, құжаттарсыз және заттарсыз қалды.

Қазақстанда өрттер негізінен жазда және күзде болады, олар әсіресе ормандарға әсер етеді; ауыл шаруашылығына да айтарлықтай экономикалық зиян келтіреді. Қазақстан аумағы 2 миллион 700 мың шаршы шақырымнан астам аумақты алып жатыр. Бұл аумақтың шамамен 5%-ын ормандар немесе орманды аумақтар алып жатыр. «Жасыл Ел 2022» мемлекеттік бағдарламасына сәйкес, қолданыстағы орман қорының үлесін ұлғайту және сақтау туралы айтылды. Жақында, 2022 жылдың қыркүйегінде

Қостанай облысында өрт салдарынан 43 мың гектар орман зардап шекті, бұл Қазақстанда орын алған соңғы маңызды төтенше жағдай [2].



1 сурет. Риддер қаласының ТЖК

Деректерге сүйенетін мысалдар көптеп кездесуде. 2023 жылдың 8 маусымында Абай облысының 8 маусым күні сағат 12:03-те Семей қаласынан 25 шақырымдай қашықтықтағы Батпаев орман шаруашылығының 66 кварталында өрт шыққаны туралы хабар түсті. Өрт найзағайдың 2 рет соғуынан шыққан. Өрт 13 шілде күні сағат 13:00-де толығымен сөндірілді [3].



2 сурет. Қостанай облысындағы өрт көрінісі

Өртенген учаскенің жалпы ауданы 60 000 гектарды құрады. Жұмылдырылған күштер мен құралдардың көмегімен жалын 14 маусымда сағат 21:00-де оқшауланған еді, алайда бір ай өткен соң ғана толық сөндірілді. Google Earth деректері осы зерттеу аймағында қарағай, терек, қайың және басқа ағаштардан тұратын қалың орманды көрсетеді. Бұл орманды алқапты дала қоршап жатыр. Семей қаласы осы орман алқабының оңтүстік жағында орналасқан және оған іргелес орналасқан (3-сурет).



3 сурет. 2023 жылдың 8 маусымында
Абай облысындағы өрт

Өрт ошақтары туралы мысалдар көптеп келтіруге болады. Олардың нақты уақыттағы жағдайын тікелей анықтайтын жүйе әлі толық қолданыста жоқ, сонымен қатар өрт ошақтарын алдын ала анықтау мен болжау әдістеріде жоқтың қасы [4].

Сондықтан арнайы ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) арқылы дала өрттерін зерттеуге және нақты уақытта оқиға орнын тікелей бақылап ақпарат алуда бұл - таптырмайтын әдіс. ҰҰА сияқты заманауи технологиялар орман өрттерін бақылауды жақсартудың бірегей мүмкіндіктерін ұсынады. Ағымдағы жағдайлар мен ықтимал қауіптер туралы жедел ақпарат алуға мүмкіндік беретін орман алқаптарының аумағы мен жай-күйі туралы деректерді жинау үшін ҰҰА жылдам барлауға болады. Ұшқышсыз ұшу аппараттарымен бірге телеметрия құрылғысын пайдалану температура, ылғалдылық, оптикалық қасиеттер және өрт қаупін талдау және оның салдарын бағалау үшін маңызды нәтиже береді. Сонымен қатар басқа параметрлер туралы деректерді нақты уақыт режимінде жіберуге мүмкіндік береді.

Бұл мақалада ҰҰА мен телеметрия жүйесін пайдалануға баса назар аударып, дала өрттерімен күресте оптикалық және жылу модельдерінің интеграциясы қарастырылған. Өрттің пайда болуы мен таралуы кезінде болатын негізгі физикалық процестерді талдаудан бастаймыз. Әрі қарай оптикалық және жылу сипаттамаларын есептеу әдістемесі, сондай-ақ оларды орман өрттерін бақылау үшін қолдану қарастырылады. Қорытындылай келе, ұсынылған модельдердің тиімділігін бағалау және оларды табиғи ресурстарды басқарудың қолданыстағы жүйелері шеңберінде практикалық қолдану ұсынылады. Оған арнайы ЭЕМ арналған компьютерлік бағдарлама көмегімен дала өрттерін анықтаудың физикалық әдістерін пайдалана отырып жылу түсіргіштерді және телеметриялық жүйелермен ұшқышсыз ұшу аппараттарында қолдануды зерттейміз [5].

Бұл зерттеуде қазіргі заманғы технологиялардың орман өрттерімен күресудің тиімділігін арттыруға, олардың пайда болуы мен дамуының болжайтын және нақты уақыт оқиғасын тікелей бақылауға, сондай-ақ экожүйеге де, адамзатқа да зиянды азайтуға қарастырылған.

ӘДІСТЕМЕ

Бұл мақалада орман өрттерін ерте анықтау мен олармен күресуге арналған оптикалық және жылу модельдерін, сондай-ақ ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА) мен телеметрия технологияларын біріктіру қарастырылған. Дала өрттерінің себептері найзағайдың әсерінен, адам әрекеттерінен, туризмнің ықпалынан және оттың жақын маңдағы елді мекендерден таралуынан болуы мүмкін. Экожүйеде артық қоқыстарды немесе жапырақтарды жағу кезінде өрттің бақылаусыз қалуы да табиғи қауіптің бір түрі ретінде көрініс табады [6].

Зерттеудің әдістемелік негізін түсіндіру үшін физикалық терминдер мен қолданылатын технологиялық шешімдерге және олардың қолдану аймақтарына шолу берілген.

1. *Оптикалық модельдер* – жарықтың, әсіресе көрінетін және инфрақызыл диапазондардың, атмосфералық заттармен өзара әрекеттесуін сипаттайды. Дала өрттері жағдайында бұл модельдер жер бетіндегі жарықтың шағылысуы мен сіңірілуін талдап, өсімдіктердің күйін бағалауға және өрт қаупін болжауға мүмкіндік береді. ҰҰА-ға осы модельдерді біріктіру арқылы жерді қашықтан үздіксіз бақылау қамтамасыз етіледі.

2. *Жылу модельдері* – жылу алмасу және сәулеленудің физикалық принциптеріне негізделеді. Бұл модельдер ормандардағы жылу ағындарын бағалап, өрт ошақтарын ерте кезеңде анықтауға көмектеседі. Жылу сәулеленуін есептеу үшін Стефан-Больцман заңы қолданылады.

3. *Ұшқышсыз ұшу аппараттары (ҰҰА)* – орманды алқаптарды бақылау және деректер жинау үшін арнайы сенсорлармен жабдықталған құрылғылар. Термиялық және оптикалық сенсорлары бар ҰҰА орманның үлкен аумақтарын үздіксіз бақылап, қауіпке жедел жауап беруді қамтамасыз етеді.

4. *Телеметрия* – нақты уақыт режимінде қоршаған орта параметрлерін өлшеу және деректерді беру технологиясы. Телеметрия температура, ылғалдылық, жел туралы мәліметтерді және ҰҰА-дағы сенсорлардан жиналған ақпаратты жедел жеткізеді.

5. *Датчиктер мен сенсорлар* – қоршаған орта параметрлерін қабылдауға арналған құралдар. Орман өрттері жағдайында ыстық нүктелерді анықтауға арналған жылу камералары, өсімдік күйін бағалайтын оптикалық сенсорлар және ауа-райы жағдайын анықтайтын метеодатчиктер қолданылады.

6. *Геоақпараттық жүйелер (ГАЖ)* – кеңістіктік деректерді басқару, талдау және визуализациялау үшін қолданылады. ГАЖ қауіпті аймақтарды картаға түсіріп, өрттің таралуын бейнелеп, сөндіру операцияларының тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Орман өрттерін бақылау, анықтау және басқару тиімділігін арттыруда осы технологиялардың интеграциясы маңызды рөл атқарады. Аталған әдістердің үйлесімді түрде қолданылуы экожүйелер мен

адамдар қауымдастығына қауіпсіз жағдай туғызуға көмектеседі.



4 сурет. Дала өрттерін бақылауға арналған заманауи ұшқышсыз ұшу аппараттарының көрінісі

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының жіктелуі. Ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ұшқышсыз ұшу аппараттары) әртүрлі критерийлер бойынша жіктеуге болады, соның ішінде дизайны, мақсаты, басқару әдісі және ұшу биіктігінің ауқымы. Төменде ұшқышсыз ұшу аппараттарының негізгі санаттары берілген [7]:

Дизайн бойынша:

– *квадрокоптерлер*: ұшу кезінде жоғары маневрлік және тұрақтылықпен сипатталатын төрт роторы бар аппараттар. Олар тікелей визуалды бақылауды қажет ететін тапсырмаларды орындау үшін өте қолайлы.

– *мультикоптерлер*: төртеуден көп ұшқышсыз ұшу аппараттары. Бұл құрылғылар жүк көтергіштігін арттырады және оларды жабдықтар мен материалдарды жеткізу үшін пайдалануға болады.

– *ұшақтар*: бекітілген қанаттары бар ұшақтар. Олар қысқа уақыт ішінде үлкен аумақтарды қамтуға мүмкіндік береді және әдетте жоғары диапазонға ие.

– *гибридті жүйелер*: квадрокоптерлер сияқты тігінен ұшып, қонып, ұшақтар сияқты көлденең ұшуды жүзеге асыра алатын біріктірілген ұшқышсыз ұшу аппараттары. Бұл олардың әртүрлі операциялардағы мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Мақсаты бойынша:

– *бақылау*: қоршаған ортаның жай-күйі туралы деректерді визуалды бақылау және жинау үшін қолданылады.

– *көлік*: жету қиын жерлерге керек-жарақтарды, жабдықтарды немесе материалдарды жеткізу үшін қолданылады.

– *аналитикалық*: температура, түгін және өрт қаупі талдауға қажетті басқа параметрлер туралы деректерді жинауға арналған сенсорлармен жабдықталған.

Басқару әдісі бойынша:

– *автономды ұшқышсыз ұшу аппараттары*: GPS және басқа навигациялық жүйелерді қолдана отырып, оператордың араласуынсыз тапсырмаларды орындай алатын бағдарламаланатын құрылғылар.

– *басқарылатын ұшқышсыз ұшу аппараттары*: оператордың үнемі басқаруын қажет ететін құрылғылар, бұл аппаратқа дәлірек және күрделі маневрлер жасауға мүмкіндік береді.

Ұшу биіктігінің диапазоны бойынша:

– *төмен деңгейлі ұшқышсыз ұшу аппараттары*: 1000 метрге дейін жұмыс істейді. Жеке аймақтарды егжей-тегжейлі бақылау және тексеру үшін өте қолайлы.

– *жоғары деңгейлі ұшқышсыз ұшу аппараттары*: 1000 метрден астам биіктікте жұмыс істей алады және кең ауқымды бақылау үшін қолданылады.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарының сипаттамалары. Өртке қарсы күресте оларды пайдалану үшін маңызды ұшқышсыз ұшу аппараттарының негізгі сипаттамаларына мыналар жатады:

– *жүк көтергіштігі*: бақылау және талдау үшін қажетті сенсорларды, камераларды және басқа жабдықтарды тасымалдау мүмкіндігі.

– *ұшу уақыты*: ҰҰА тапсырмаларды орындай алатын ұзақтығы, бұл уақтылы талдау жүргізу үшін өте маңызды.

– *жылдамдық пен маневр*: ұшудың жоғары жылдамдығы және маневр жасау мүмкіндігі жағдайдың өзгеруіне жедел жауап беруге мүмкіндік береді.

– *сенсорлардың болуы*: ҰҰА әртүрлі деректерді жинауға мүмкіндік беретін жылу және оптикалық камералармен, метеорологиялық датчиктермен және басқа құрылғылармен жабдыкталуы мүмкін.

– *навигация жүйесі*: GPS және басқа жүйелерге негізделген автономды ұшу мүмкіндігі, бұл операциялардың дәлдігі мен тиімділігін арттырады.

Дала өртіне қарсы күресте ұшқышсыз ұшуды қолданудың артықшылықтары. Дала өртіне қарсы күресте ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану бірқатар маңызды артықшылықтар береді. Тиімділік: ұшқышсыз ұшу аппараттарын қысқа мерзімде орналастыруға және іске қосуға болады, бұл ықтимал қауіптерге жылдам жауап беруге және нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. Қол жеткізу қиын жерлерге қол жеткізу: ҰҰА дәстүрлі бақылау әдістері шектеулі болуы мүмкін шалғай және жету қиын аймақтарға ұшуға қабілетті. Нақты уақыттағы деректерді жинау: көптеген сенсорлармен жабдықталған ҰҰА температура, тұман деңгейі және басқа параметрлер туралы деректерді жібере алады, бұл өзекті ақпарат негізінде жедел шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Адам өміріне қауіп-қатерді азайту: ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану қауіпті аймақтарда құтқарушылар мен өрт сөндірушілердің тікелей болу қажеттілігін азайтады, осылайша олардың денсаулығы мен өміріне қауіп төндіреді. Экономикалық тиімділік: ұшқышсыз ұшу операциясы әдетте тікұшақтарды немесе ұшақтарды пайдалану сияқты дәстүрлі дала өрттерін бақылау және сөндіру әдістерімен салыстырғанда аз ресурстар мен қаржылық шығындарды қажет етеді. Геоақпараттық жүйелермен уақыт режимінде жиналған деректерді беру арқылы ұшқышсыз ұшақтарды өрттің таралуын болжауға көмектесетін өзекті карталар мен модельдер жасау үшін ақпараттық жүйелерді біріктіруге болады. ҰҰА дала өрттерімен күресудің қуатты құралы болып табылады, бұл осы саладағы бақылау, талдау және шешім қабылдау тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Олардың көмегімен өрттің пайда болуына тезірек жауап беруге, болжауды жақсартуға және экожүйелер мен адамзат қауымдастығына зиянды азайтуға болады [8].

Жылу түсіргіштердің жұмыс принципі

Жылу көздерін анықтау үшін жылу түсіргіштер – тепловизорлар қолданылады. Жылу түсіргіштер-бұл инфрақызыл сәулеленуді әртүрлі аймақтардың температуралары ерекшеленетін кескінге айналдыру арқылы объектілер мен беттердің температурасының таралуын визуализациялауға мүмкіндік беретін құрылғылар. Бұл құрылғылар әртүрлі салаларда, соның ішінде медицинада, құрылыста, энергетикада және, әрине, дала өрттерімен күресуде кеңінен қолданылады. Жылу көздерін анықтау контекстінде олардың жұмыс принципі мен мүмкіндіктерін қарастырдық. Жылу түсіргіштер инфрақызыл термография принципі негізінде жұмыс істейді. Температурасы абсолютті нөлден жоғары әрбір объект инфрақызыл сәуле шығарады. Бұл процесс объектінің температурасының жоғарылауымен күшейеді. Тепловизор осы инфрақызыл сәулеленуді қабылдайтын және оны электрлік сигналдарға айналдыратын арнайы сенсорларды пайдаланады.

Инфрақызыл сәулеленуді анықтау: жылу түсіргіштің ішінде құрылғының көру аймағындағы объек-

тілерден шығатын жылу сәулеленуін түсіретін детектор орнатылған. Детекторлар әр түрлі болуы мүмкін, соның ішінде пирометрлер, болометрлер және матрицалық детекторлар (мысалы, амидті матрицалар).

Сигналды түрлендіру: жиналған инфрақызыл деректер электрлік сигналдарға айналады. Содан кейін бұл сигналдар жылу кескінін қалыптастыру үшін арнайы процессормен өңделеді.

Жылу кескінін жасау: өңдеуден кейін деректер әртүрлі түстер басқа температура деңгейлеріне сәйкес келетін жылу картасы ретінде көрсетіледі. Әдетте жылы жерлер ашық түстермен (мысалы, қызыл немесе сары), ал салқын жерлер қою түстермен (мысалы, көк немесе қара) бейнеленген.

Калибрлеу және талдау: өлшеу дәлдігін жақсарту үшін жылу түсіргіштерді белгілі температура стандарттарын қолдана отырып калибрлеуге болады. Бұл жылу ауытқуларын анықтау және талдау сапасын жақсартуға мүмкіндік береді [9].

Жылу көздерін анықтауда жылу түсіргіштер дала өрттерімен күресуде, әсіресе жылу көздері мен ыстық нүктелерді анықтауда маңызды рөл атқарады. Олардың мүмкіншіліктері:

- *өрт ошақтарын ерте анықтау:* жылу түсіргіштер температураның шамалы өзгеруін түсіре алады, бұл жалын әлі көрінбесе де, өрттің бастапқы кезеңдерін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл кең ауқымды өрттердің алдын алудың шешуші факторы болуы мүмкін.

- *өрттің таралуын бақылау:* орман өртінің таралу процесінде жылу түсіргіштер өрттің таралу қарқындылығы мен бағытын жедел бағалауға мүмкіндік бере отырып, әртүрлі учаскелердің жай-күйін тұрақты бақылауды қамтамасыз етеді.

- *ыстық баспаналарды анықтау:* жылу түсіргіштер өрт кезінде адамдар мен жануарларға қауіп төндіретін ыстық баспаналарды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл іздеу-құтқару жұмыстары үшін өте маңызды, өйткені олар дереу эвакуациялауды қажет ететін жерлерді анықтауға көмектеседі.

- *өсімдік жамылғысының температурасын талдау:* жылу түсіргіштерді өсімдік жағдайын бағалау, өрт қаупі жоғары кептірілген немесе зақымдалған жерлерді анықтау үшін пайдалануға болады.

- *сөндіруден кейінгі бақылау:* өртті сөндіру процесі аяқталғаннан кейін, жылу түсіргіштер өрттің қайта өртенуіне жол бермей, өрт сөндірушілер мен зерттеушілер үшін қауіпсіздікті қамтамасыз ете отырып, ыстық аймақтарды бақылауға көмектеседі.

Жылу түсіргіштер орман өрттерін бақылауда жылу көздерін анықтауға арналған жоғары тиімді құралдар болып табылады. Олардың өрттің алғашқы кезеңдерінде де температураны түсіру қабілеті, сондай-ақ жергілікті жердің жағдайын үнемі бақылауды қамтамасыз ету қабілеті оларды төтенше жағдайлардың алдын алу және әрекет ету жүйесінде таптырмас құралы болып табылады. Қазіргі жағдайда, дала

өрттері жиі және қарқынды бола бастаған кезде, жылу түсіргіштерді қолдану экожүйелерді қорғау және адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін маңызды қадам болып табылады [10].

Оптикалық модельдер: жарықтың әртүрлі материалдармен және беттермен өзара әрекеттесуінің математикалық және физикалық сипаттамалары. Жарықтың мінез-құлқын және оның объектілермен әрекеттесудегі өзгерістерін болжау үшін қолданылады.

Оптика негіздері: физиканың жарықты және оның қасиеттерін, соның ішінде таралуын, сынуын, шағылысуын және шашырауын зерттейтін саласы. Рефлексия Заңы және сыну заңы сияқты Оптиканың негізгі заңдары жарық сәулелерінің беттермен әрекеттесу кезінде өзін қалай ұстайтынын сипаттайды.

Жарық сәулеленуі: денелер электромагниттік толқындар түрінде шығаратын Энергия. Көрінетін жарық-бұл адамның көзі қабылдайтын спектрдің бөлігі, бірақ оптикадағы әртүрлі қосымшалар үшін маңызды инфрақызыл және ультракүлгін сәулелер де бар.

Жарықтың шағылысу және шашырау принциптері: Рефлексия: жарық сәулелері бетінен оралатын Процесс. Шағылысу Заңы шағылысу бұрышы түсу бұрышына тең екенін айтады.

Шашырау кезінде жарық қоршаған ортаның бөлшектеріне немесе гетерогенділігіне таралатын Процесс. Шашырау таяз (мысалы, ауа молекулаларында) немесе үлкен (мысалы, жаңбыр тамшыларында) болуы мүмкін.

Атмосфералық жағдайлардың оптикалық бақылауларға әсері: ауа райы жағдайлары (жылу дәрежесі, ылғалдылық, бұлттылық, ауаның ластануы) оптикалық бақылаулардың сапасына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Тұман мен түтін сияқты факторлар оптикалық өлшеулердің көрінуі мен дәлдігін төмендетіп, жарықты әлсіретуі немесе таратуы мүмкін.

Бұл ұғымдар оптикалық модельдерді түсінуге және оларды әртүрлі физикалық құбылыстарды, соның ішінде орман өрттерін бақылауды және басқа да экологиялық міндеттерді зерттеуде қолдануға негіз болады.

Жылуды модельдеу ауадағы және жер бетіндегі жылудың динамикасы мен таралуын сипаттайтын математикалық және физикалық модельдерді құру процесі. Бұл жылу көздерін модельдеуді және олардың қоршаған ортаға әсерін қамтиды. Жылу модельдері жердегі температура мен жылудың таралуын бағалау үшін қолданылатын құралдар. Бұл тәулік уақыты, атмосфералық жағдайлар және жер бедері модельдері жылудың көздерден қалай таралатынын және оның қалай өзгеретінін болжауға мүмкіндік береді.

Жылу деректерін өңдеу әдістері көмегімен алынған деректерді талдау және түсіндіру әдістері. Бұл дәл жылу карталары мен визуализацияларды жасау үшін ҰҒА-нан алынған деректерді іріктеу, калибрлеуді және біріктіруді қамтиды. Температура мен

жылудың таралуын бағалауда дала өрттерінің өсуі мен таралуын бақылау, өрт қаупін бағалау және сөндіруді жоспарлау үшін өте маңызды болып табылатын әр түрлі аймақтардағы температураның өзгеруін болжау үшін жылу модельдерін қолдану [7].

ҰҰА пайдалану арқылы температура ауытқулары мен жердегі ыстық нүктелер туралы деректерді жинау үшін жылу камераларымен жабдықталған ұшқышсыз ұшу аппараттары. ҰҰА үлкен аумақтарды тез және тиімді бақылауға және ақпаратты жедел алуға мүмкіндік береді. Бұл ұғымдар жылуды модельдеуде және олардың таралуында қолданылатын әдістер мен технологияларды түсінуге негіз болып табылады, бұл табиғи ресурстарды тиімді басқару және орман өрттерінен болатын зиянды азайту үшін өте маңызды.

Жылу модельдеуде белгілі бір аумақта температура мен жылудың таралуын болжау үшін қолданылатын математикалық және компьютерлік жүйелер. Олар жылудың әртүрлі көздерден қалай таралатынын және қоршаған ортаға қалай әсер ететінін түсінуге көмектеседі.

Температураны бағалауда жылу модельдерін қолдана отырып, жердің әр түрлі аймақтарының жылу көрсеткіштерін анықтау процесі. Бұл орман өрттері сияқты экологиялық өзгерістерді бақылау және табиғи ресурстарды басқару үшін маңызды.

Жылудың таралуда Күн радиациясы, ылғалдылық және рельеф сияқты факторларға байланысты температураның әртүрлі аймақтарда қалай өзгеретінін талдау. Жылудың таралуын түсіну жерді зерттеу және қоршаған ортаны қорғау саласындағы жоспарлау мен шешім қабылдауға көмектеседі.

Жылу деректерін өңдеу әдістері қолдануда жылу түсіргіштер мен ұшқышсыз ұшу аппараттарының көмегімен жиналған деректерді талдауға арналған әртүрлі әдістер мен алгоритмдер. Бұған дәл және ақпараттық жылу карталарын алуға мүмкіндік беретін сүзу, кескінді өңдеу және статистикалық талдау кіреді.

Ауадан жылу деректерін жинау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану. ҰҰА үлкен аумақтардағы температура ауытқулары туралы жедел ақпарат жинауды қамтамасыз етеді, бұл өрт сияқты қауіптерді бақылау және тану тиімділігін айтарлықтай арттырады.

Бұл ұғымдар экологиялық зерттеулер мен табиғи ресурстарды басқаруда шешуші рөл атқаратын жылу модельдері мен деректерді өңдеу әдістерін қолдануды түсінуге негіз болады. Технологияны біріктіруде деректерді жинау мен талдауда тиімдірек нәтижелерге қол жеткізу үшін әртүрлі технологиялар мен құралдарды біріктіру процесі. ҰҰА мен жылу түсіргіштер контекстінде бұл ақпараттың кең ауқымын қамтуға мүмкіндік береді [3].

ҰҰА мен жылу түсіргіштер сияқты әртүрлі көздерден алынған ақпаратты біріктірдік. Бұл талданатын объектілердің немесе аумақтардың толық және

дәл карталарын жасауға көмектеседі. Деректерді жинау процестеріде әртүрлі сенсорлардан ақпарат алу үшін қолданылатын әдістер мен технологиялар. Бұған автоматтандырылған спутниктік бақылаулар, ұшқышсыз ұшу аппараттары, температура мен визуалды деректерді алу үшін стационарлық және мобильді сенсорларды пайдалану кіруі мүмкін. Деректерді талдауда үлгілер мен тенденцияларды анықтау мақсатында жиналған ақпаратты өңдеу және түсіндіру. Бұл процесс статистикалық талдауды, машиналық оқытуды және негізделген шешімдер қабылдау үшін деректерді визуализациялауды қамтуы мүмкін.

Телеметрия жүйелерінің өзара әрекеттесуіде нақты уақыттағы ұшқышсыз ұшу аппараттарының сенсорларынан деректерді беруді және өңдеуді қамтамасыз ететін технологиялар кешені. Бұл ұшу параметрлерін және жиналған деректердің сапасын тиімді бақылауға, сондай-ақ жағдайды жедел талдауға мүмкіндік береді. Бұл ұғымдар қоршаған ортаны бақылауда және басқа салаларда дәлдік пен жеделдікті айтарлықтай арттыратын ҰҰА мен жылу бейнелеу құрылғыларынан деректерді талдауға технологияларды біріктірудің маңыздылығын түсінуге негіз құрайды.

ҰҰА мен телеметрияның интеграциясы: ұшқышсыз ұшу аппараттарының (ұшқышсыз ұшу аппараттарының) мүмкіндіктерін орман өрттерін бақылау және басқару үшін телеметрия жүйелерімен біріктіру. Бұл нақты уақыттағы деректерді алуға мүмкіндік береді және үйлестіруді жақсартады.

Өрт қаупі бар аумақтарды бақылау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану. Ұшқышсыз ұшу аппараттарындағы жылу түсіргіштер ыстық нүктелерді анықтауға көмектеседі, бұл өрттің бастапқы кезеңіне тез жауап беруге мүмкіндік береді.

Ерте ескерту жүйелерін ескере отырып өрттің пайда болуы туралы шұғыл қызметтерді хабардар ететін жүйелерді құру үшін ҰҰА мен телеметрия деректерінің тіркесімі. Бұл жауап беру жылдамдығын арттырады және шешім қабылдау уақытын қысқартады. Сондай-ақ экожүйеге беріп жатқан зиянды бағалауда дала өрттерінің салдары туралы деректерді жинау және зақымдануды бағалау үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын қолдану. Бұл процесс қалпына келтіру жұмыстарын тиімді жоспарлауға және өрттен кейін экожүйенің күйін бақылауға мүмкіндік береді. ҰҰА мен телеметриядан алынған ақпарат негізінде әртүрлі қызметтер мен дала өрттерімен күресетін ұйымдар арасындағы өзара әрекеттесуді жақсарту. Бұл ресурстарды оңтайландыруға және сөндірудің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл ұғымдар орман өртіне қарсы технологияны біріктірудің тиімділігін көрсетеді және экожүйе мен инфрақұрылымға зиянды азайту үшін жедел әрекет ету мен үйлестірудің маңыздылығын көрсетеді.

ҰҰА пайдалана отырып, дала өрттерін анықтау және бақылау контекстінде пайдаланылуы мүмкін жылу моделін жасау үшін - жылу алмасуды модельдеуге негізделген қарапайым тәсілді қолданамыз.

Опциялардың бірі - Стефан-Больцман заңын объектіден жылу шығаруды бағалау үшін қолдану. Объектінің беттің бірлік ауданынан еннің жиілік интервалындағы сәулеленудің қуаты

$$R_{v,T} = \frac{dW_{v_1v+dv}^{cay.}}{dv} \quad (1)$$

$dW_{v_1v+dv}^{cay.}$ мұндағы – электромагниттік сәулеленудің энергиясы, ол бірлік уақытта объектінің бетінің бірлік ауданынан v ден $v + dv$ -ге дейінгі жиілік интервалында шығарылады. Сәулеленудің өлшем бірлігі, Дж/(м²·с).

Денелердің оларға түскен сәулелерді жұтуы жұту қабілетімен сипатталады:

$$A_{v,T} = \frac{dW_{v_1v+dv}^{жyту.}}{dW_{v_1v+dv}} \quad (2)$$

Ол бірлік уақытта объектінің бетінің бірлік ауданынан бірлік жиілік интервалында өтетін, денеге түскен электромагниттік толқындар таситын $dW_{v_1v+dv}^{жyту.}$ жұтылатын dW_{v_1v+dv} энергия бөлігін көрсетеді. Осы заңдылықты пайдалана отырып төмендегі алгоритмді қолдана отырып ЭЕМ арналған компьютерлік бағдарлама көмегімен дала өрттерін анықтаудың физикалық әдістерін пайдалана отырып жылу түсіргіштермен және телеметриялық жүйелермен үшқышсыз ұшу аппараттарында қолдануды зерттейміз.

Бағдарламада Стефан-Больцман заңын қолдана отырып, объектіден жылу сәулеленуін есептейтін `calculate_thermal_radiation` функциясы жүзеге асырылады. Берілген бастапқы параметрлер: температура, эмиссивтілік және бетінің ауданы. Нәтижелер жылу ағыны үшін және қажет болған жағдайда берілген қашықтықта алынған ағын үшін шығарылады.

Бұл бағдарлама күрделі физикалық әсерлерді қоса алғанда немесе қоршаған орта мен атмосфералық жағдайлардың әсері сияқты қосымша параметрлерді қосу арқылы одан әрі дамытуға болатын негізгі модель болып табылады.

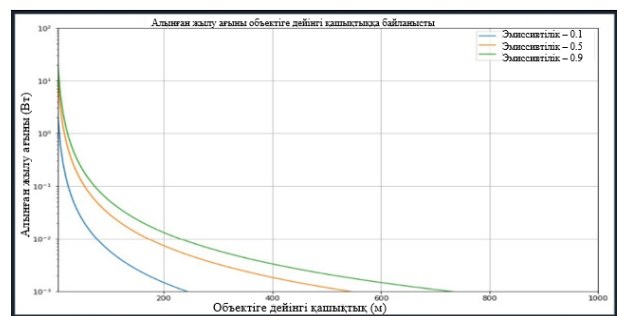
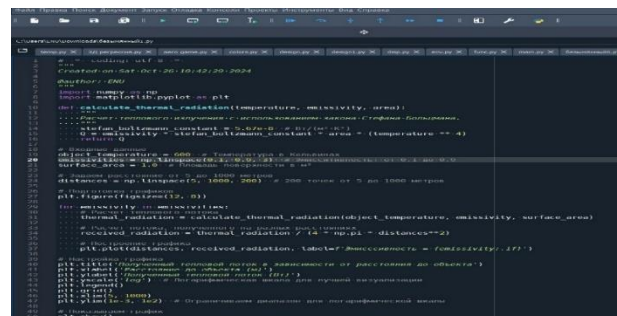
Нысан ретінде дала өрті зерттелді. Жылу сәулеленуінің нәтижелерін әр түрлі қашықтықта және әр түрлі түтін коэффициенттерімен графикалық бейнелеу үшін арнайы Python-да Matplotlib кітапханасын қолдана аламыз. Бұл мысалда түтін коэффициентінің әртүрлі мәндерінде объектіден қашықтық 5-тен 1000 метрге дейін ұлғайған кезде алынған жылу ағынының (рентген) қалай өзгеретінін көрсететін графиктер жасай аламыз.

Негізгі алгоритм моделін ескере отырып арнайы тапсырма ретінде 5-тен 1000 метрге дейінгі қашықтықты және 0,1-ден 0,9-ға дейінгі үш түтін коэффициентін өзгерту үшін нәтижелердің графикалық визуализациясы жасалынды және бағдарламалық код алынды.

Арнайы кітапханаларды қосу NumPy және Matplotlib кітапханалары негізінде іске асырылады:

Бағдарлама кодының үзіндісі:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
def calculate_thermal_radiation(temperature, emissivity, area):
    """
    Стефан-Больцман заңын қолдана отырып, жылу сәулеленуін есептеу.
    """
    stefan_boltzmann_constant = 5.67e-8 # Вт/(м²·Дейін⁴)
    Q = emissivity * stefan_boltzmann_constant * area * (temperature ** 4)
    return Q
# Kipic параметрлері
object_temperature = 600 # Кельвиндегі Температура
emissivities = np.linspace(0.1, 0.9, 3) # Эмиссивтілік: 0.1-ден 0.9-ға дейін
surface_area = 1.0 # бетінің ауданы м²
# 5-тен 1000 метрге дейінгі қашықтықты орнатыңыз
distances = np.linspace(5, 1000, 200) # 200 нүкте 5-тен 1000 метрге дейін
# Кестелерді дайындау
plt.figure(figsize=(12, 8))
for emissivity in emissivities:
    # Жылу ағынын есептеу
    thermal_radiation = calculate_thermal_radiation(object_temperature, emissivity, surface_area)
    # Әр түрлі қашықтықта алынған ағынды есептеу 0,1 ден 0,9
    received_radiation = thermal_radiation / (4 * np.pi * distances**2)
    # График құру
    plt.plot(қашықтықтар, received_radiation, label=f' Эмиссивтілік = {emissivity:.1f}')
# Графикті орнату
plt.тықырып ('Нысанға дейінгі қашықтыққа байланысты алынған жылу ағыны')
plt.xlabel ('объектіге дейінгі қашықтық (м)')
plt.ylabel ('алынған жылу ағыны (Вт)')
plt.yscale ('log') # жақсы визуализация үшін логарифмдік шкала
plt.legend()
plt.grid()
plt.xlim(5, 1000)
plt.ylim(1e-3, 1e2) # логарифмдік шкала үшін диапазонды шектеніз
# Кестені көрсету
plt.show()
```



5 сурет. Қашықтығы 5-тен 1000 метрге дейінгі өрт аймағының бетіндегі қашықтықтан анықтаудағы эмиссивтілік: 0,1-ден 0,9-ға дейін біркелкі бөлінген үш эмиссивтілік мәнінің бағдарламасы мен нәтижесі

Осы бағдарламаны іске қосқаннан кейін алынған жылу ағынының өрт болып жатқан объектіге дейінгі қашықтыққа қарай ҰҒА (телеметрия құрылғысы тіркелген) қалай төмендейтінін көрсететін әр түрлі

эмиссия коэффициенттері үшін сызықтарды көрсететін графигі алынды. Бұл әртүрлі жағдайларда жылу өнімділігін талдау үшін пайдалануға болады.

НӘТИЖЕЛЕР МЕН ТАЛҚЫЛАУЛАР

Зерттеу нәтижесінде Python бағдарламасы арқылы орман өрттерімен күресу үшін жылу және оптикалық модельдердің тиімділігі талданды. Бағдарлама негізінде жылу сәулеленуін есептеудің негізгі кезеңдері мен параметрлері анықталып, олардың қашықтық пен эмиссивтілік мәндеріне тәуелділігі зерделенді. Жылу ағынын есептеу нәтижелері жылу сәулеленуінің қашықтықтың ұлғаюына байланысты төмендейтінін көрсетті, бұл өрттің ықпал ету аймағын дәл бағалауға маңызды негіз болады.

Жылу түсіргіштермен жабдықталған ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) қолдану температура, ылғалдылық және зиянды түтіндер деңгейі туралы жедел ақпарат алуға мүмкіндік береді. Инфрақызыл сәулеленуді тепловизор арқылы бейнелеу ыстық нүктелерді тиімді анықтауға, ал модельдер орман өртінің шекарасын дәл белгілеуге және қарқындылығын бағалауға көмектеседі. Бұл тәсіл өрттің алдын алу мен сөндіру шараларын жоспарлауды тиімдірек етеді.

Жылу және оптикалық технологияларды біріктіру экожүйелік және экономикалық шығындарды азайтып, табиғи апаттардың болжамдылығын арттырады, сондай-ақ тәуекелдерді басқаруды жетілдіреді. Осылайша, зерттеу орманды қорғаудың заманауи және тиімді әдістерін қолдануға мүмкіндік беріп, экожүйені сақтау мен дала өрттерінің алдын алу саласында елеулі үлес қосады [11].

Бұл зерттеуде өрт ошақтарын ерте анықтау және оның таралуын болжау үшін қолданылған әдістердің тиімділігі бағаланды. Жинақталған мәліметтер негізінде бірнеше негізгі нәтижелер алынды.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, ұшқышсыз ұшу аппараттары мен телеметрия жүйелерін қолдана отырып, оптикалық және жылу модельдерін біріктіру дала өрттеріне қарсы күресте шешуші рөл атқарады. Мақалада орман өрттерін бақылау мен олардың алдын алу мақсатында Стефан-Больцман заңына негізделген жылу сәулеленуін есептеу әдісі көрсетілді, бұл орман өрттерінің туындау қаупін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Жылу камералары мен телеметриялық датчиктердің жұмысы тек жылу ағынын емес, сонымен қатар температура, ылғалдылық және оптикалық көріну туралы маңызды деректерді алуға көмектеседі, бұл өрт қаупін ертерек анықтауға және оны тиімді бақылауға жағдай жасайды. Мұндай мәліметтер, әсіресе, өрт кезінде анықталатын «ыстық нүктелерді» дәл локализациялау үшін өте маңызды, себебі дәл осы аймақтарда оттың таралу жылдамдығын бақылауға және оны тиімді шектеуге мүмкіндік туады.

Орман өрттерімен күресте қолданылатын оптикалық және жылу сипаттамаларын есептеу арқылы

әзірленген модельдер ҰҰА-ның табиғат қорғау қызметінде пайдаланудың тиімділігін көрсетеді. Python бағдарламасы арқылы жылу сәулеленуінің қашықтыққа және түтін коэффициентіне тәуелділігін есептеудің нәтижелері бұл технологияның орман өрттерінің өсу динамикасын болжау және олардың дамуын басқару үшін пайдалы екендігін дәлелдейді. ҰҰА-лар, сонымен қатар, қатты түтін немесе жоғары температуралы орта жағдайында да жұмыс істей алатындықтан, алдыңғы шептен түсірілім жасап, оттың орналасу аймағын дәл бақылау мүмкіндігін береді.

Талдау нәтижелері көрсеткендей, осы технологияларды тиімді қолдану арқылы тек экожүйелік шығындарды азайтып қана қоймай, адамдардың өмірін сақтап қалуға мүмкіндік туады. ҰҰА мен жылу бейнелеу технологиялары орман өрттері кезіндегі төтенше жағдайларды тиімді басқаруға және қажетті іс-шараларды уақытылы жүзеге асыруға жағдай жасайды. Бұл, өз кезегінде, табиғат пен қоғамға тигізетін әсерді азайтып, болашақта орман және дала өрттерін тиімді түрде алдын алу және оларға қарсы іс-қимыл шараларын жетілдіру үшін қажет технологиялық жетістіктердің бірі болып табылады.

Ризашылық, мүдделер қақтығысы

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары Білім Министрлігінің Ғылым Комитеті тарапынан қаржыландырылды (Жоба ИРН № AP23486167). Авторлар осы мақалаға қатысты ешқандай мүдделер қақтығысы жоқ екенін мәлімдейді және зерттеу барысында көрсетілген қолдау мен ынтымақтастық үшін барлық әріптестер мен мекемелерге ризашылығын білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. J. A. Smith and L. B. Jones, Дала өрттерін басқарудағы қашықтықтан зондтау: қолдану және жетістіктер // Экологиялық менеджмент журналы. – 2020. – Vol. 256. – Art. No. 109961. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109961>
2. Kursiv Media, «Елімізде соңғы үш жылда 2251 орман өрті тіркелген». – 2023. <https://kz.kursiv.media/kk/2023-06-12/elimizde-songghy-uesh-zhylda-2251-orman-oerti-tirkegen/>
3. Makat Tynysy, «Дала өртінің алдын алу керек». – 2023. <https://maqat-tynysy.kz/zhanalyqtar/audan/dala-ortinin-aldyn-alu-kerek.html>
4. Y. Zhang and H. Zhang, Орман өрттерін бақылау және басқару үшін ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдалану: Шолу // Халықаралық Қашықтықтан Зондтау Журналы. – 2019. – Vol. 40, No. 12. – P. 4694–4715. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1589703>
5. Kazinform, «Қазақстанның қай өңірлерінде орман өрті жиі болады». – 2023. https://kazinform.kz/news/kazakstannyn-kay-onirlerinde-orman-orti-zhii-bolady_a4057729
6. H. Balzter and B. A., Өртті бағалау үшін оптикалық және термиялық қашықтықтан зондтау: әдістемелері мен қолданылуы // Қоршаған ортаны қашықтықтан

- зондтау. – 2021. – Vol. 255. – Art. No. 112278.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112278>
7. F. N. Kogan, Дала өрттерін спутниктік бақылау: жаңа тәсіл // Жерді бақылау және қашықтықтан зондтауды қолдану. – 2019. – Vol. 48. – P. 145–152.
<https://doi.org/10.1016/j.eoear.2019.06.005>
8. W. Liu and Z. Zhou, Өртті анықтау мен басқарудағы ұшқышсыз ұшу аппараттарының (ҰҰА) рөлі: Шолу // Өрт Технологиясы. – 2020. – Vol. 56, No. 3. – P. 971–992. <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00941-6>
9. C. Karki and T. Parker, Ұшқышсыз ұшу аппараттарындағы өртті анықтау үшін термиялық бейнелеуді интеграциялау // Жағдайлық зерттеу, Датчиктер. – 2021. – Vol. 21, No. 9. – Art. No. 3060. <https://doi.org/10.3390/s21093060>
10. J. P. Boulanger and D. Fortin, Өрттің таралуын болжау: қазіргі әдістер мен технологияларға шолу // Орман экологиясы және басқару. – 2018. – Vol. 410. – P. 167–177, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.009>
11. C. Chu and H. T., Орман өрттерін термиялық қашықтықтан зондтаудағы жетістіктер: технологиялар және қолдану // Халықаралық қолданбалы жерді бақылау және геоаппараттық журнал. – 2022. – Vol. 105. – Art. No. 102556. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102556>
3. Makat Tynysy, “Preventing grassland fires is necessary”. – 2023. <https://maqat-tynysy.kz/zhanalyqtar/audan/dala-ortinin-alдын-alu-kerek.html>
4. Y. Zhang and H. Zhang, Using unmanned aerial vehicles for forest fire monitoring and management: A review // International Journal of Remote Sensing. – 2019. – Vol. 40, No. 12. – P. 4694–4715. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1589703>
5. Kazinform, “In which regions of Kazakhstan are forest fires frequent”. – 2023. https://kaz.inform.kz/news/kazakstannyn-kay-onirlerinde-orman-orti-zhii-bolady_a4057729
6. H. Balzter and B. A., Optical and thermal remote sensing for fire assessment: methodologies and applications // Remote Sensing of Environment. – 2021. – Vol. 255. – Art. No. 112278. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112278>
7. F. N. Kogan, Satellite monitoring of grassland fires: a new approach // Earth Observation and Remote Sensing Applications. – 2019. – Vol. 48. – P. 145–152, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.eoear.2019.06.005>
8. W. Liu and Z. Zhou, The role of unmanned aerial vehicles (UAVs) in fire detection and management: A review // Fire Technology. – 2020. – Vol. 56, No. 3. – P. 971–992. <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00941-6>
9. C. Karki and T. Parker, Integrating thermal imaging for fire detection in unmanned aerial vehicles: A case study // Sensors. – 2021. – Vol. 21, No. 9. – Art. No. 3060. <https://doi.org/10.3390/s21093060>
10. J. P. Boulanger and D. Fortin, Forecasting fire spread: A review of current methods and technologies // Forest Ecology and Management. – 2018. – Vol. 410. – P. 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.009>
11. C. Chu and H. T., Advances in thermal remote sensing for forest fires: technologies and applications // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2022. – Vol. 105. – Art. No. 102556. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102556>

REFERENCES

ОПТИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ МОДЕЛИ ПРОТИВ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ: ИНТЕГРАЦИЯ БПЛА И ТЕЛЕМЕТРИИ

Х. Молдамурат, Д. М. Калманова, О. К. Абдирашев*, Г. А. Ануар, А. Акан

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

* E-mail для контактов: abdirashev_ok@enu.kz

В данной статье рассмотрены актуальные проблемы лесных и степных пожаров в Республике Казахстан, их увеличение частоты, влияние на экосистемы и экономику, а также на безопасность человека. Обсуждается необходимость использования современных технологий в контроле и управлении пожарами, в том числе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В компьютерном программировании математическая формула закона Стефана-Больцмана использовалась для моделирования теплового процесса как физического явления. В результате расчетов в программе Python была подтверждена зависимость теплового потока от расстояния и коэффициента дыма. В ходе исследования получены результаты расчета теплового излучения на основе методики оценки оптических и тепловых показателей для раннего предупреждения пожара. Было показано, что интеграция БПЛА и телеметрии улучшает контроль над пожарными условиями, повышает точность прогнозирования пожаров за счет оперативного получения информации в режиме реального времени. Этот подход предлагается как важный способ защиты экосистем и жизни людей.

Ключевые слова: лесные пожары, беспилотные летательные аппараты, геоинформационные системы, оптическое моделирование, тепловое моделирование, телеметрия, датчики и сенсоры.

OPTICAL AND THERMAL MODELS AGAINST FOREST FIRES:
INTEGRATION OF UAVS AND TELEMETRY

Kh. Moldamurat, D. M. Kalmanova, O. K. Abdirashev*, G. A. Anuar, A. Akan

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

** E-mail for contacts: abdirashev_ok@enu.kz*

This article discusses the current problems of forest and steppe fires in the Republic of Kazakhstan, their increasing frequency, impact on ecosystems and the economy, as well as on human safety. The necessity of using modern technologies in fire control and management, including unmanned aerial vehicles (UAVs), is discussed. In computer programming, the mathematical formula of the Stefan-Boltzmann law was used to model a thermal process as a physical phenomenon. As a result of calculations in the Python program, the dependence of heat flow on distance and smoke coefficient was confirmed. In the course of the study, the results of calculating thermal radiation based on the methodology for evaluating optical and thermal indicators for early fire prevention were obtained. It has been shown that the integration of UAVs and telemetry improves control over fire conditions, increases the accuracy of fire forecasting by promptly obtaining information in real time. This approach is proposed as an important way to protect ecosystems and human life.

Keywords: forest fires, unmanned aerial vehicles, geoinformation systems, optical modeling, thermal modeling, telemetry, sensors.