



ХҒТАР 31.15.35
Ғылыми мақала

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-153-4-139-151>

Орман өрттерін бақылауда ұшқышсыз ұшу аппараттарының деректерін өңдеу үшін Python бағдарламаларын пайдалану

Х.Молдамурат , Д.Калманова* , А. Базарбек , С.К.Атанов ,
Н. Ырыскелді 

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

E mail: moldamurat@yandex.kz, dinara_kalmanova@mail.ru,
asyl.bazarbek.92@mail.ru, atanov5@mail.ru, n.yryskeldi@mail.ru

Аңдатпа. Табиғи қауіпсіздіктің заманауи сын-қатерлері орман өрттері сияқты қауіп-қатерлерге жедел әрекет ету үшін инженерлік және ақпараттық технологияларды біріктіруді талап етеді. Перспективалы бағыттардың бірі-ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) геоақпараттық жүйелермен (ГАЗ) және деректерді өндіруге арналған бағдарламалық жасақтамамен бірге қолдану. Бұл жұмыста орман өрттерінің таралуын бақылау және болжау үшін Python тілінде іске асырылған бағдарламалық шешімді құру жобасы қарастырылады. Әр түрлі сенсорлармен жабдықталған үш дрон (мультиспектрлі камера, жылу түсіргіш, RGB камерасы) зарядтау уақытын ескере отырып, үздіксіз бақылауды қамтамасыз ететін кесте бойынша жұмыс істеді. Жүйенің ұсынылған архитектурасы оны әртүрлі географиялық жағдайлар мен міндеттерге бейімдеуге мүмкіндік береді. Нәтижелер графиктер, жылу карталары және кестелер түрінде ұсынылған, бұл жүйені операторлар мен талдаушылар үшін ыңғайлы етеді. Жұмыс «Инженерия және технология» бағыты шеңберінде өзекті болып табылады және экологиялық қауіпсіздік міндеттері үшін ақпараттық және инженерлік шешімдердің синтезін көрсетеді.

Түйін сөздер: пилотсыз ұшу аппараттары, орман өрттері, мониторинг, геоақпараттық жүйелер, мультиспектрлік түсірілім, тепловизор, пилотсыз технологиялар.

Кіріспе

Орман өрттері жыл сайын экологияға, экономикаға және адам өміріне айтарлықтай зиян келтіреді. Климаттың өзгеруі, температураның жоғарылауы және ұзаққа созылған құрғақшылық өрттің көбеюіне ықпал етеді, әсіресе жаз мезгілінде. Сондықтан өрт ошақтарын ерте анықтауға және олардың таралуын бақылауға қабілетті инженерлік шешімдерге қажеттілік артып келеді [1-2].

Инженерлік бақылау жүйелері цифрлық технологиялармен, соның ішінде ұшқышсыз ұшу аппараттарымен (ұшқышсыз ұшу аппараттары), сенсормен, спутниктік деректермен және үлкен деректерді талдау құралдарымен көбірек интеграциялануда [3-5]. Бұл жүйелер нақты уақыт режимінде орман алқаптарын бақылаудың автоматтандырылған шешімдерін жасауға мүмкіндік береді.

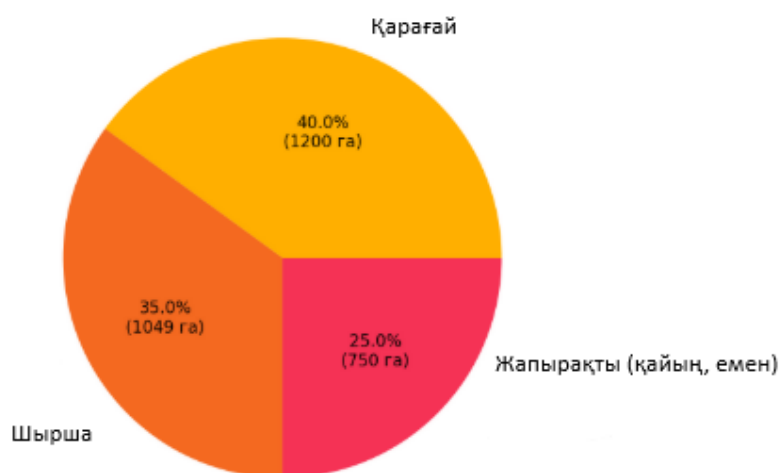
Python тілін және оның визуализациялық және аналитикалық кітапханаларын пайдалану икемді жүйені құруға мүмкіндік береді, онда әрбір элемент — түсірілімнен аналитикаға дейін — нақты тапсырмаларға бейімделеді. Бұл тұрғыда ұшқышсыз ұшу аппараттары қол жетімді емес аймақтарда деректерді жинауға қабілетті мобильді сенсорлық платформаларға айналады [6-8].

Бұл жұмыс ҰҰА деректерімен жұмыс істейтін және карталар мен графиктер түрінде нәтижелер беретін бағдарламалық ГАЗ жүйесінің прототипін әзірлеуге және көрсетуге бағытталған [9-10]. Негізгі міндет-нақты уақыт режимінде өрт қаупін бағалау және минималды энергия шығындарымен тиімді бақылау маршруттарын жоспарлау.

Зерттеу аумағы және деректер

Тұжырымдаманы сынау үшін үш секторға бөлінген 3000 гектар шартты орман алқабы таңдалды. Әр сектор координаталық шекараларды, өсімдік тығыздығын және климаттық параметрлерді алды. Шілде айының ауа-райына байланысты (температура 26-32°C, ылғалдылық 30-45%, жел 4 м/с дейін) өрт қаупінің индексі анықталды.

Сонымен қатар, орманның тұқымдық құрамы ескерілді: А секторында қарағай, В секторында шырша, С секторында жапырақты ағаштар (қайың, емен) басым болды (сурет 1). Отырғызу тығыздығы да әр гектарға 800-ден 1200 ағашқа дейін өзгерді. Бұл деректер жану индексі мен жылу жинақталуын есептеуге әсер етті, бұл өрт ошақтарын болжау үшін өте маңызды.



1-сурет. Орманның тұқымдық құрамы және ауданы бойынша таралуы

Бақылау үшін қолданыстағы коммерциялық қол жетімді модельдердің сипаттамалары бірдей, бірақ нақты өндірушілерді көрсетпейтін үш шартты дрон түрі (D1, D2, D3) қолданылды. Сипаттамалары:

- Бірінші дрон (көп спектрлі камера): салмағы 1.6 кг, ұшу қашықтығы 7 км-ге дейін, батареяның қызмет ету мерзімі 40-45 мин, ұшу биіктігі 120 м, өлшемі: 35×35×18 см, батарея сыйымдылығы: 6200-6800 мА·с (6s LiPo, 22.2 V).

- Екінші дрон (тепловизор): салмағы 1,5 кг, диапазоны 6 км-ге дейін, биіктігі 100 м, ұшу ұзақтығы 40 мин, өлшемі: 30×30×15 см, батарея сыйымдылығы: 5500-6200 мА·с (6s LiPo, 22.2 V).

- Үшінші дрон (RGB камерасы 4K): салмағы 1.4 кг, диапазоны 5 км-ге дейін, ұшу уақыты 35-40 мин, биіктігі 80 м, өлшемі: 28×28×14 см, батарея сыйымдылығы: 4800-5500 мА * с (4s LiPo, 14.8 V немесе 6s LiPo, 22.2 V).

Бұл зерттеуде секторлар бойынша тәуекел карталары мен уақыттық графиктерді құру үшін метеорологиялық және ормандық параметрлерге негізделген жеңілдетілген интегралды өрт тәуекел индексінің формуласы қолданылды, бұл әдіс Канадалық өрт ауа райы индексі (FWI), Нестеров индексі және орман пирометриясының ұлттық нұсқаулары сияқты өрт қауіптілігін бағалаудың жалпы қабылданған әдістеріне сүйене отырып әзірленген.

Әрбір нүкте мен күн үшін тәуекелдің жалпыланған индексі мына формула бойынша есептелді:

$$R = \alpha T_{norm} + \beta(1 - H_{norm}) + \gamma W_{norm} + \delta D_{norm} \quad (1)$$

мұнда:

R - интегралды тәуекел индексі (0-1 диапазонында);

T_{norm} - қалыпты ауа температурасы;

H_{norm} - қалыпты салыстырмалы ылғалдылық;

W_{norm} - қалыпты жел жылдамдығы;

D_{norm} - сүректің тығыздығы (нормаланған мәні);

α, β, γ, δ - факторлардың салмақ коэффициенттері (жалпы = 1)

Біздің есептеу үшін салмақ коэффициенттері төменде сипатталған (кесте 1)

1-Кесте. Салмақ коэффициенттері

Параметр	Белгілеу	Салмақ
Ауа температурасы	α	0.4
Ауаның ылғалдылығы (кері пропорционалды)	β	0.3
Желдің жылдамдығы	γ	0.2
Отырғызу тығыздығы (орман жүктемесі)	δ	0.1

Әрбір параметр 0-1 диапазонында сызықтық шкала бойынша қалыпқа келтірілді:

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (2)$$

мұнда X - әрбір параметр 0-1 диапазонында сызықтық шкала бойынша қалыпқа келтірілді.

$X_{\min}, X_{\max}$ - үлгі бойынша минималды және максималды мәндер (мысалы, ай немесе аймақ бойынша).

Орман алқабы шартты түрде үш секторға бөлінді және әр секторға ағаш жамылғысының түрі мен отырғызу тығыздығына байланысты сипаттама берілді. А секторында қылқан жапырақты, ересек ағаштар басым, бұл аймақтағы отырғызу тығыздығы салыстырмалы шкала бойынша 0.8-ге тең деп қабылданды. В секторы аралас түрдегі орманмен сипатталады, яғни жапырақты және қылқан жапырақты ағаштар орташа тығыздықта өседі; бұл сектор үшін отырғызу тығыздығы 0.6 деңгейінде белгіленді. Ал С секторы сирек орналасқан, жас ағаштардан тұрады және оның тығыздығы шартты түрде 0.4 деп бағаланды. Бұл көрсеткіштер өрт қаупін бағалау формуласының құрамына енгізіліп, жалпы тәуекел индексіне үлесін қосты.

2025 жылдың шілде айына арналған есептеулер үшін температура, ауа ылғалдылығы мен жел жылдамдығы сияқты метеорологиялық көрсеткіштердің шартты мәндері пайдаланылды. Атап айтқанда, 5 шілдеде ауа температурасы 26°C, 15 шілдеде — 33°C және 25 шілдеде — 27°C деңгейінде болды. Бұл көрсеткіштер алдыңғы жылдардың орташа мәліметтеріне (мысалы, NOAA және Copernicus көздері) сүйене отырып алынған. Ауа ылғалдылығы сәйкесінше 45%, 28% және 42% болды, бұл параметр индекс есебінде кері пропорциямен ескеріледі, яғни ылғалдылық неғұрлым төмен болса, өрт қаупі соғұрлым жоғары. Жел жылдамдығы да айтарлықтай рөл атқарады: 5 шілдеде — 3.1 м/с, 15 шілдеде — 5.4 м/с және 25 шілдеде — 3.0 м/с болып тіркелді.

Әдіснама

Қауіпсіздікті қамтамасыз ету және соқтығысу ықтималдығын болдырмау үшін барлық үш ұшқышсыз ұшу аппараттары белгіленген маршруттық бақылау секторларына бөлінді. Әрбір дрон өзіне тағайындалған аймақ — А, В немесе С шегінде және белгілі бір ұшу биіктігінде қатаң әрекет етеді. Олардың әрқайсысы берілген траектория бойынша өз секторының ұшуын дербес орындайды. Биіктіктерді есепке алу қиылыстарды болдырмайды және маршруттарды оңтайландырады.

Мысалы, 1 формула бойынша А секторы үшін 15 шілде күні есептелген өрт қаупінің интегралдық индексі R мәні 0,814-ке тең болды. Бұл жоғары тәуекел деңгейін көрсетеді және ол жоғары температура (33 °C), төмен ауа ылғалдылығы (28%) және орташа жоғары жел жылдамдығы (5,4 м/с) сияқты қолайсыз метеожағдайлардың, сондай-ақ ағаш отырғызу тығыздығының (0,8) жоғары болуына байланысты қалыптасты.

Маршруттар мен кесте батареяның шектеулерін ескере отырып жасалған (ұшу уақыты ~45 минут, зарядтау ~60 минут). Әрбір Бақылау күнінің басында сағат 10: 00-де барлық үш дрон толық қамту үшін бір уақытта іске қосылады. Бірінші циклден кейін бір дрон зарядтауға ауысады, ал қалған екеуі бақылауды жалғастырады. Әрі қарай, дрондар схема бойынша ауысады: екеуі ұшуда, біреуі қайта зарядтауда, сағат 20.00-ге дейін үздіксіз қамтуды қамтамасыз етеді. Маршруттар мен кесте батареяның шектеулерін ескере отырып жасалған (ұшу уақыты ~45 минут, зарядтау ~60 минут). Күн сайын сағат 10.00 — ден 20.00-ге дейін екі ұшқышсыз ұшу, біреуі зарядта. Уақытты циклдік бөлу бүкіл аумақты тұрақты қамтуды қамтамасыз етті.

Интерактивті карта Folium көмегімен жүзеге асырылады және тәуекел аймақтарын көрсетеді (түсті кодтау: жасыл — төмен, қызғылт сары — Орташа, Қызыл — жоғары). Деректер әр сектор бойынша кестеде жинақталған: тәуекел деңгейі, бақылау уақыты, ұшу

саны және сенсор түрі.

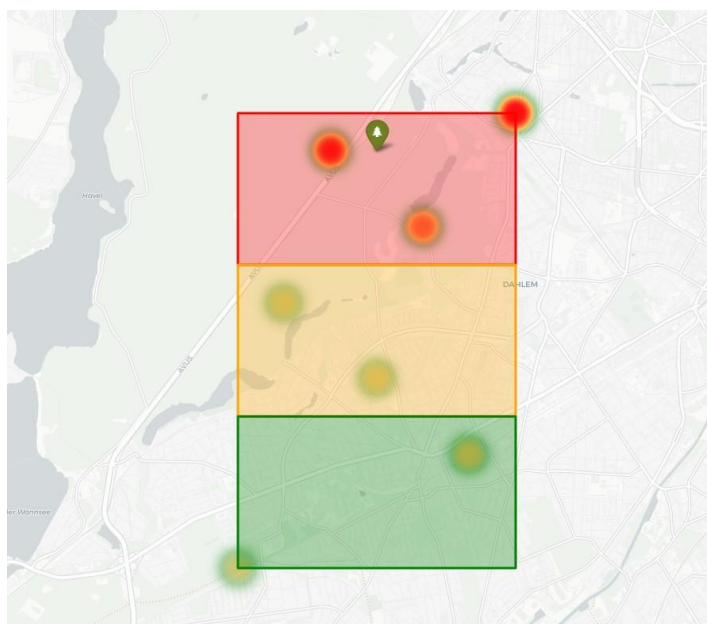
Pandas пайдалану ақпаратты уақытша слоттарға (15 минут) біріктіруге және дрондардың белсенділігін көрсететін жылу диаграммаларын құруға мүмкіндік берді. Matplotlib аппараттық жүктеменің сызықтық графиктерін және уақыт тәуекел терезелерін құру үшін қолданылады.

Кестенің таралуы төмендегі 2-кестеде келтірілген:

2- Кесте. Дрондардың уақыт әрі цикл бойынша ұшуы

Уақыт	Белсенді дрондар (ұшу кезінде)	Зарядталып жатқан дрон
10:00–10:45	D1, D2, D3	–
11:00–11:45	D1, D2	D3
12:00–12:45	D1, D3	D2
13:00–13:45	D2, D3	D1
14:00–14:45	D1, D2	D3
15:00–15:45	D1, D3	D2
16:00–16:45	D2, D3	D1
17:00–17:45	D1, D2	D3
18:00–18:45	D1, D3	D2
19:00–19:45	D2, D3	D1

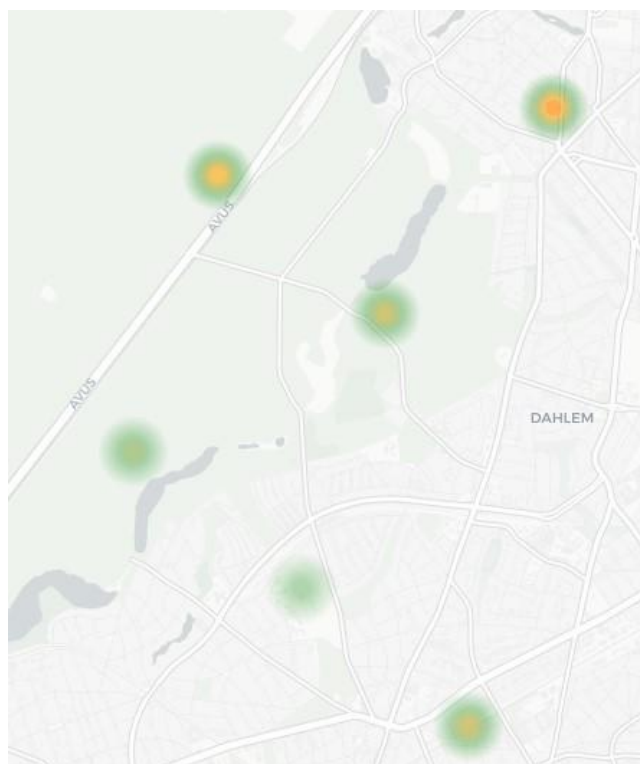
Өрт қаупінің кеңістіктік өзгергіштігін бағалау үшін шілдедегі ауа-райына негізделген орман өрттерінің қаупін көрсететін интерактивті жылу картасы салынды (2-суретті қараңыз). Тәуекел деңгейі ауа температурасы, ылғалдылық және желдің жылдамдығы факторларын ескере отырып, шартты түрде есептелді.



2-сурет. Тәуекелдің жылу картасының сипаттамасы

Көрнекіліктің түс шкаласы градиент принципі бойынша қабылданады: жасылдан (төмен тәуекел) қызылға дейін (жоғары тәуекел). Бұл дрондарды пайдалану арқылы басымдықты бақылауды қажет ететін аумақтың ықтимал қауіпті учаскелерін анық анықтауға мүмкіндік берді. Жылу картасы маршруттарды жедел жоспарлауға көмектеседі және өрттің жоғары ықтималдығы бар учаскелерді бақылаудың тиімділігін арттырады.

Дала өрттері қаупінің кеңістіктік таралуын модельдеу аясында Folium кітапханасы мен HeatMap плагинін қолдана отырып интерактивті жылу картасы салынды. Карта шілде айындағы ауа температурасын, ылғалдылықты және жел күшін қамтитын шартты Климаттық параметрлерге негізделген өрт қаупін көрсетеді. Картаның әр сегменті осы параметрлердің жиынтық мәніне байланысты боялған: жасыл түс-қауіптің төмен деңгейі (салқын ауа - райы, жоғары ылғалдылық, жеңіл жел), қызғылт сары-орташа тәуекел деңгейі (орташа жоғары температура, төмен ылғалдылық), қызыл түс-өрттің жоғары қаупі (жоғары температура, төмен ылғалдылық, қатты жел).

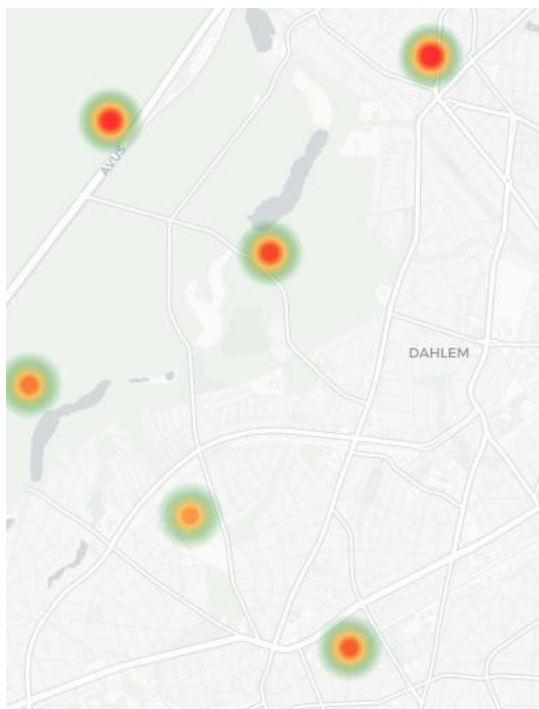


3-сурет. 5 шілдеге арналған

Өрт қаупі үш метеорологиялық параметрдің жиынтығымен анықталды-ауа температурасы, салыстырмалы ылғалдылық және желдің жылдамдығы. Осы мәліметтер негізінде қалыпқа келтірілген өрт қаупі индексі құрылды, онда әр нүкте 0-ден 1-ге дейінгі шкала бойынша бағаланды. Индексі 0.8-ден жоғары аймақтар өте қауіпті (қызыл түспен), 0.6 — 0.8 арасында — Орташа (Қызғылт сары) және 0.4-тен төмен-қауіпсіз (жасыл) деп белгіленді. Мұндай бөлу табиғи тәуекелдердің нақты сценарийлерін көрсетеді және ұшқышсыз ұшу аппараттарымен бақылаудың басымдықтарын анықтауға негіз болады.

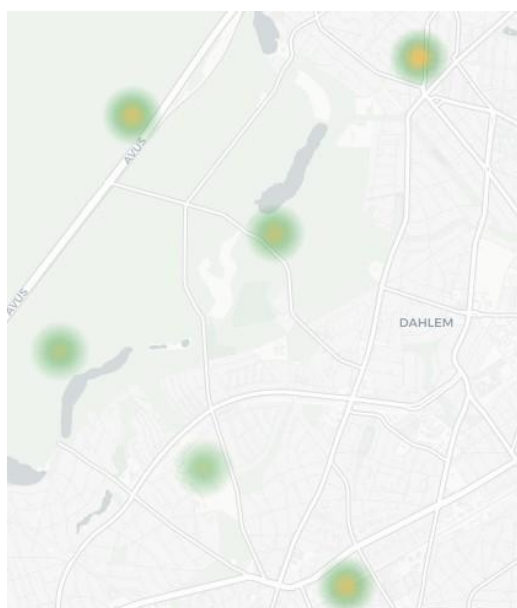
Шартты тәуекел коэффициенттері 0.3-тен 0.95-ке дейін бақылаудың бүкіл аумағында біркелкі бөлінген жеті негізгі нүкте картаға түсірілді. Бұл жағдайлардың гетерогенділігін

көрсетуге және өртті бақылау және ерте анықтау кезінде басымдықты қажет ететін учаскелерді көзбен анықтауға мүмкіндік берді.



4-сурет. 15 шілдеге арналған

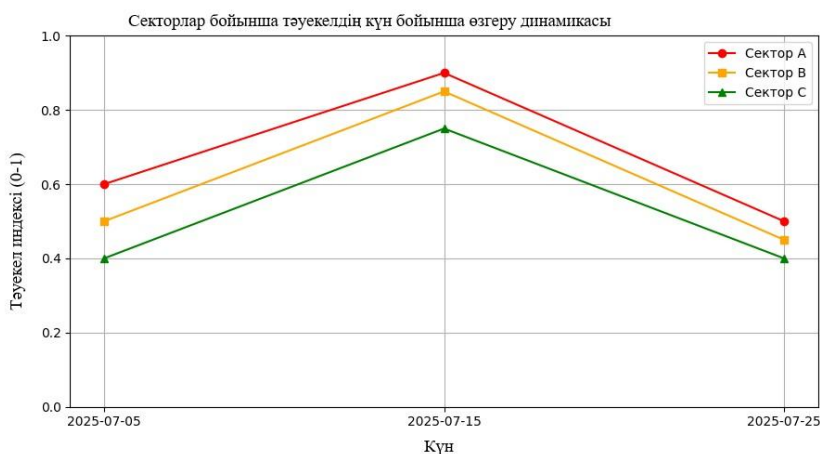
Тәуекелдің жылу картасын құру үшін 2025 жылдың шілдесіне тән ауа температурасының, ылғалдылықтың және желдің жылдамдығының орташа мәндері пайдаланылды.



5-сурет. 25 шілдеге арналған

Модель тәуліктік динамиканы ескермейді, бірақ ай бойы өрт қаупінің жалпыланған таралуын көрсетеді.

Өрт қаупін уақытша талдаудың айқындылығы мақсатында 2025 жылдың шілдесіне тән үш күн таңдалды: басталуы (5 шілде), өрт қауіптілігі шыңы (15 шілде) және белсенді кезеңнің аяқталуы (25 шілде). Бұл нүктелер (сурет 3-5) бір ай ішінде тәуекелдің өзгеруінің әдеттегі динамикасын көрсетеді. 2025 жылдың шілде айындағы бір бақылау нүктесінде орман өрттері қаупі индексінің өзгеру динамикасы. Көрсеткіштер Климаттық параметрлердің жиынтығы бойынша есептеледі: ауа температурасы, ылғалдылық және жел. Тәуекелдің ең жоғары деңгейі 15 шілдеде тіркелді, бұл осы кезеңде өте жоғары температура мен төмен ылғалдылыққа байланысты. Көрсетілген күнге дейін және одан кейін өрт қаупінің айтарлықтай төмендеуі байқалады. Бұл күндерге тән климаттық жағдайлардың бастапқы, шыңы мен аяқталу кезеңдерін көрсету үшін 6-суретте график тұрғызылды.



6-сурет. Үш сектор бойынша тәуекелді өзгерту кестесі

Нәтижелер және талқылау

Талдау көрсеткендей, тәуекелдің ең жоғары деңгейі айдың ортасында (15 Шілдеде) барлық үш секторда байқалды. А секторында тәуекел 0.9 максималды мәніне жетті, бұл өте жоғары температура мен минималды ылғалдылыққа байланысты. В және С секторлары ұқсас динамиканы көрсетті, бірақ ең төменгі мәндермен (сәйкесінше 0.85 және 0.75). Шыңға дейін және одан кейін тәуекелдің айтарлықтай төмендеуі байқалады, бұл уақыт шектеулі жоғары өрт қаупі бар терезені көрсетеді. Бұл нәтижелер ресурстарды қайта бағдарлай отырып, айдың ортасында күшейтілген бақылау қажеттілігін растайды.

Бүкіл жүйені басқару үшін тек екі адам қажет болды: автономдық режимінде бірден үш дронды басқаратын бір оператор және техникалық ақаулар болған жағдайда визуалды бақылауды және араласуға дайындықты қамтамасыз ететін бір бақылаушы (сақтандыру операторы).

Ұшу PIX4DCAPTURE, UGCS немесе QGroundControl сияқты ұшқышсыз ұшу аппараттарымен үйлесімді мамандандырылған бағдарламалық жасақтаманы қолдана отырып, алдын-ала жасалған траекториялар бойынша қатаң түрде жүргізілді. Бұл жүйелер әртүрлі бақылау аймақтары үшін биіктік параметрлерін, суреттердің қабаттасуын, маршрут шекараларын және ұшу профильдерін орнатуға мүмкіндік береді.

Ұшудың сараланған биіктіктерінің (мысалы, үш аппарат үшін 80 м, 100 м және 120 м), сондай-ақ нақты бөлінген секторлардың арқасында траекториялардың қиылысу қаупін азайтуға және бүкіл күндізгі уақытта аумақты үздіксіз қамтуды қамтамасыз етуге мүмкіндік туды.

Барлық ұсынылған есептеулер, маршруттарды модельдеу, ауысым кестелері, сондай-ақ өрт қаупі индексін бағалау ашық климаттық және орман түгендеу деректері негізінде теориялық жағдайларда жүргізілгенін атап өткен жөн. Кіріс параметрлерінің шартты сипатына қарамастан, бақылау жүйесін құрудың құрылымы мен логикасы ұшқышсыз ұшу миссияларының нақты талаптарына сәйкес келеді және белгілі бір аумаққа, нақты дрондарға және ауа-райына бейімделу кезінде тәжірибеде қолданыла алады. Ұсынылған әдістеме орман мониторингі, Қоршаған ортаны қорғау және төтенше жағдайлардың алдын алу саласындағы нақты пилоттық жобаларға енгізу үшін негіз бола алады.

Қорытынды

Осы жұмыс шеңберінде Python тіліндегі бағдарламалық құралдарды пайдалана отырып, орман өрттерін мониторингтеу және болжау міндеттерінде ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) қолдану мүмкіндігі қарастырылды. Ұсынылған тәсіл ауа температурасын, салыстырмалы ылғалдылықты, желдің жылдамдығын, тұқымдық құрамын және қону тығыздығын қоса алғанда, климаттық және орманды түгендеу параметрлері бар үш дронда орнатылған мультиспектрлік, термиялық және RGB сенсорларынан деректерді біріктіруге мүмкіндік берді.

Ауданы 3000 га аумақты жабудың секторлық схемасы дрондардың дербес жұмыс режимін, оларды қайта зарядтау кезектілігін және ұшу биіктігі мен жеке маршруттар бойынша айырмашылықтар есебінен соқтығысу ықтималдығын азайтуды ескере отырып оңтайландырылды. Бақылаушының қолдауымен бір оператордың жұмысы ресурстарды көп қажет ететін басқару қажеттілігін азайта отырып, бірден үш аппаратты басқаруға мүмкіндік береді.

Python әзірлеген алгоритм интерактивті карталарды (секторлар, тәуекелдер, маршруттар), дөңгелек және сызықтық диаграммаларды, ауысым графиктерін және дрон белсенділігін генерациялауды, сондай-ақ секторлар мен күндер бойынша өрт қаупі индексінің өзгеруін визуализациялауды қамтыды. Өрт қаупі ең жоғары деңгейге жеткен кезде 2025 жылдың шілдесіндегі температура жағдайларын талдауға ерекше назар аударылды. Уақыт шкаласы бар жылу картасы айдың негізгі кезеңдерінде қауіптің өзгеруін бақылауға мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелері орман өрттері қаупіне алдын ала бақылау және жылдам әрекет ету мақсатында геоаппараттық жүйелерді, климаттық деректерді және ҰҰА технологияларын біріктірудің тиімділігін растады. Алынған жүйені әртүрлі орман алқаптарына масштабтауға және нақты ауа-райы жағдайлары мен бақылау міндеттеріне бейімдеуге болады.

Сонымен қатар, жылу картасын пайдалану жедел шешім қабылдауды және ұшқышсыз ұшу маршруттарын жоспарлауды жеңілдетеді және операторға күшейтілген бақылау үшін ең осал аймақтарды анықтауға және ауа райы деректерін түсіндіру кезінде адам қателігінің ықтималдығын азайтуға мүмкіндік береді.

Қаржыландыру

Бұл мақала AP23486167 «Аэроғарыштық деректерді зияткерлік өңдеумен орман өрттерінің таралуын мониторингілеу мен болжаудың геоақпараттық жүйесін әзірлеу» жобасы бойынша нәтижелермен жарияланды.

Авторлардың қосқан үлесі

Х. Молдамурат - мәліметтер жинау, мақаланы түзету.

Д. Калманова - деректерді талдау, зерттеу нәтижелерін талдау және синтездеу.

А. Базарбек - мәліметтер жинау, зерттеу жүргізу.

С. Атанов - мәліметтер жинау, әдебиетпен жұмыс.

Н. Ырыскелді - әдебиеттік шолу, мәліметтер жинау.

Әдебиеттер тізімі

1. Zhou, G., & Zhang, H. (2021). Forest Fire Detection Using UAV-Based Aerial Imagery and Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*, 13(3), 498. <https://doi.org/10.3390/rs13030498>
2. Sahin, Y., Ince, I. F., & Basaraner, M. (2020). UAV-based forest fire detection using thermal imaging. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B1-2020, 397–402.
3. Jing, L., Cheng, F., & Xu, L. (2020). Review on forest fire detection methods based on remote sensing data. *Environmental Earth Sciences*, 79(13), 1–15.
4. Ghamry, K. A., Kamel, M. S., & Badawy, T. M. (2019). Multiple UAVs for Forest Fire Monitoring and Detection. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 16(2). <https://doi.org/10.1177/1729881419841025>
5. Ahmed, M., Hu, Y., & Bai, X. (2022). Integration of UAV and GIS for Wildfire Risk Mapping. *Geocarto International*, 37(4), 1042–1059.
6. Chuvieco, E., & Giglio, L. (2016). Global characterization of fire activity: Toward defining fire regimes from Earth observation data. *Remote Sensing of Environment*, 193, 209–224.
7. Ball, J. E., Anderson, D. T., & Chan, C. S. (2017). Comprehensive survey of deep learning in remote sensing: theories, tools, and challenges for the community. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(4), 042609.
8. Kukko, A., Kaartinen, H., Hyypä, J., & Chen, Y. (2012). Multiplatform mobile laser scanning: Usability and performance. *Sensors*, 12(9), 11712–11733.
9. Vincent, M. A., & Horning, N. (2014). Using GIS and Remote Sensing for Fire Risk Assessment. In: *Forest Fire: Control and Use*, Springer.
10. Sharma, S. C. (2019). *Python for Geospatial Analysis*. CRC Press. ISBN: 9780367332181.

Х. Молдамурат, Д. Калманова*, А. Базарбек, С. Атанов, Н. Ырыскелді

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

Использование программ Python для обработки данных беспилотных летательных аппаратов для мониторинга лесных пожаров

Аннотация. Современные вызовы природной безопасности требуют интеграции инженерных и информационных технологий для быстрого реагирования на такие угрозы,

как лесные пожары. Одним из многообещающих направлений является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сочетании с географическими информационными системами (ГИС) и программным обеспечением для интеллектуального анализа данных. В данной работе рассматривается проект создания программного решения, реализованного на языке Python для мониторинга и прогнозирования распространения лесных пожаров. В качестве условного полигона использовались 3000 га лесных массивов, разделенных на секторы. Каждый сектор был проанализирован на основе данных о погоде (температура, влажность, скорость ветра), плотности растительности и расчетов индекса пожарной опасности. Для реализации использовались библиотеки Folium (для интерактивного картографирования), Pandas (для обработки табличных данных) и Matplotlib (для визуализации). Три дрона (мультиспектральная камера, тепловизор, камера RGB), оснащенные различными датчиками, работали по расписанию, обеспечивая непрерывный мониторинг с учетом времени зарядки. Предлагаемая архитектура системы позволяет адаптировать ее к различным географическим условиям и задачам. Результаты представлены в виде графиков, тепловых карт и таблиц, что делает систему удобной для операторов и аналитиков. Работа актуальна в рамках направления "Инженерия и технология" и отражает синтез информационных и инженерных решений задач экологической безопасности.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, лесные пожары; мониторинг, геоинформационные системы, мультиспектральная съемка, тепловизор, беспилотные технологии.

Kh. Moldamurat, D. Kalmanova*, A. Bazarbek, S. Atanov, N. Yrskeldi

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

Using Python programs to process data from unmanned aerial vehicles for forest fire monitoring

Abstract. Modern challenges to environmental safety require the integration of engineering and information technologies to quickly respond to threats such as forest fires. One promising area is the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in combination with geographic information systems (GIS) and data mining software. In this paper, we consider a project to create a software solution implemented in Python for monitoring and predicting the spread of forest fires. 3,000 hectares of woodlands divided into sectors were used as a conditional landfill. Each sector was analyzed based on weather data (temperature, humidity, wind speed), vegetation density, and fire hazard index calculations. The libraries Folium (for interactive mapping), Pandas (for tabular data processing) and Matplotlib (for visualization) were used for implementation. Three drones (multispectral camera, thermal imager, RGB camera), equipped with various sensors, worked on a schedule, providing continuous monitoring based on charging time. The proposed architecture of the system makes it possible to adapt it to various geographical conditions and tasks. The results are presented in the form of graphs, heat maps and tables, which makes the system convenient for operators and analysts. The work is relevant in the field of "Engineering and Technology" and

reflects the synthesis of information and engineering solutions to environmental safety problems.

Keywords: unmanned aerial vehicles, forest fires; monitoring, geoinformation systems, multispectral imaging, thermal imager, unmanned technologies.

References

1. Zhou, G., & Zhang, H. (2021). Forest Fire Detection Using UAV-Based Aerial Imagery and Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*, 13(3), 498. <https://doi.org/10.3390/rs13030498>
2. Sahin, Y., Ince, I. F., & Basaraner, M. (2020). UAV-based forest fire detection using thermal imaging. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B1-2020, 397–402.
3. Jing, L., Cheng, F., & Xu, L. (2020). Review on forest fire detection methods based on remote sensing data. *Environmental Earth Sciences*, 79(13), 1–15.
4. Ghamry, K. A., Kamel, M. S., & Badawy, T. M. (2019). Multiple UAVs for Forest Fire Monitoring and Detection. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 16(2). <https://doi.org/10.1177/1729881419841025>
5. Ahmed, M., Hu, Y., & Bai, X. (2022). Integration of UAV and GIS for Wildfire Risk Mapping. *Geocarto International*, 37(4), 1042–1059.
6. Chuvieco, E., & Giglio, L. (2016). Global characterization of fire activity: Toward defining fire regimes from Earth observation data. *Remote Sensing of Environment*, 193, 209–224.
7. Ball, J. E., Anderson, D. T., & Chan, C. S. (2017). Comprehensive survey of deep learning in remote sensing: theories, tools, and challenges for the community. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(4), 042609.
8. Kukko, A., Kaartinen, H., Hyypä, J., & Chen, Y. (2012). Multiplatform mobile laser scanning: Usability and performance. *Sensors*, 12(9), 11712–11733.
9. Vincent, M. A., & Horning, N. (2014). Using GIS and Remote Sensing for Fire Risk Assessment. In: *Forest Fire: Control and Use*, Springer.
10. Sharma, S. C. (2019). *Python for Geospatial Analysis*. CRC Press. ISBN: 9780367332181.

Авторлар туралы мәлімет

Молдамурат Х. – қауымдастырылған профессор, т.ғ.к., Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Қ.Сәтбаев көшесі, 2, 010000, Астана, Қазақстан.

Базарбек А. – доцент м.а., PhD, Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Қ.Сәтбаев көшесі, 2, 010000, Астана, Қазақстан.

Калманова Д. – хат-хабар үшін авторы, доцент м.а., п.ғ.к., Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Қ.Сәтбаев көшесі, 2, 010000, Астана, Қазақстан.

Атанов С. – профессор, т.ғ.д., Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Қ.Сәтбаев көшесі, 2, 010000, Астана, Қазақстан.

Ырыскелді Н. – аға оқытушы, магистр, Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Қ.Сәтбаев көшесі, 2, 010000, Астана, Қазақстан.

Молдамурат Х. – ассоциированный профессор, к.т.н., ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, ул. К. Сатпаева, 2, 010000, Астана, Казахстан

Базарбек А. – и.о. доцент, PhD, ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, ул. К. Сатпаева, 2, 010000, Астана.

Калманова Д. – автор по корреспонденции, и.о. доцент, к.п.н., ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, ул. К. Сатпаева, 2, 010000, Астана, Казахстан.

Атанов С. – профессор, д.т.н., ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, ул. К. Сатпаева, 2, 010000, Астана, Казахстан.

Ырыскелді Н. – старший преподаватель, магистр, ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, ул. К. Сатпаева, 2, 010000, Астана, Казахстан.

Kh. Moldamurat - associate professor, PhD, L. N. Gumilyov ENU, 2 Satbaeva str., 010000, Astana, Kazakhstan.

A. Bazarbek – acting associate professor, PhD L. N. Gumilyov ENU, 2 Satbaeva str., 010000, Astana, Kazakhstan.

D. Kalmanova. – the corresponding author, acting associate professor, PhD, L. N. Gumilyov ENU, 2 Satbaeva str., 010000, Astana, Kazakhstan.

S. Atanov - professor, Doctor of Science, L. N. Gumilyov ENU, 2 Satbaeva str., 010000, Astana, Kazakhstan.

N. Yriskeldi - senior lecturer, master, L. N. Gumilyov ENU, 2 Satbaeva str., 010000, Astana, Kazakhstan.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)