



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

Azərbaycan Elm Fondunun
“Qarabağ Azərbaycandır!” məqsədli qrant
müsabiqəsinin (AEF-MQM-QA-1-2021-4(41) qalibi
olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **İşğaldan azad edilmiş ərazilərdə davamlı inkişafı və təhlükəsizlik mühitini təmin etmək üçün PUA-ların monitorinqi metodlarının təkmilləşdirilməsi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Abbasov Əli Məhəmməd oğlu**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MQM-QA-1-2021-4(41)-8/01/1-M-01**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **22 noyabr 2022-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 dekabr 2022-ci il - 01 dekabr 2024-cü il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar

Layihənin məqsədi post-müharibə prosesində, işğaldan azad edilmiş, regional konflikt təhlükəsi mövcud olan ərazilərin davam etdirilə bilən inkişafı və təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün PUA-lar üzərində vahid mərkəzdən idarə olunan monitorinq vasitələrinin yaradılması və təkmilləşdirilməsidir.

Layihənin həyata keçirilməsi üçün aşağıdakı məsələlərin həlli nəzərdə tutulmuşdu:

- Layihə ilkin mərhələdə müxtəlif tipli heterogen quraşdırma texnologiyalarına cavab verən PUA növlərinin çoxrotorlu, sabit qanadlı və hibrid kateqoriyalı dronlarda, tərəfimizdən hazırlanmış elektron izləmə modullarının quraşdırılması və sistemdə istifadə olunması üzərində aparılacaq təcrübələrlə əsaslandırılacaqdır.
- Sistemin və KPUA-da yerləşdirilmiş izləmə modullarının işğaldan azad edilmiş ərazilərdə quraşdırılmış NB-IoT şəbəkəsini dəstəkləmək imkanına sahib olması və təhlükəsizliyin təmin olunması üçün dizayna elektromaqnit müdaxilələrdən qorunmuş elektron modulların və çiplərin daxil edilməsi istiqamətində işlərin görülməsi.
- PUA-ların monitorinqini təmin edən və PUA-ların gövdəsinə daxil ediləcək elektron izləmə modulunun və akkumulyatorun çəkisinin optimallığının təmin olunması istiqamətində işlərin aparılması.
- KPUA-ların monitorinqinin həyata keçiriləcəyi Portalın dizayn edilməsində server (idarəetmə mərkəzi) üçün Monitorinq, Fövqəladə Halların İdarə Edilməsi hava şəraitini nəzərə alaraq uçuşların planlaşdırması, hava sahəsinin vəziyyəti və hava nəqliyyatının axını ilə əlaqəli bütün məlumatları özündə saxlayan Məlumat Bazasının yaradılması. Bu bazaya, mülki aviasiya idarəedilməsində dispetçer operatorlarının istifadə etdiyi məlumatlardan əlavə həm də, fəvqəladə vəziyyətlərlə bağlı məlumatlar daxil olunacaqdır.

Yuaxırda sadalanan məsələlərin həlli gedişində elmi araşdırmalar aparılmış və nəzəri sahədə aşağıdakı işlər görülmüşdür:

Azərbaycanın işğaldan azad edilmiş əraziləri dağlar və meşələrlə səciyyələnir. Bu ərazilərdə infrastrukturun və kənd təsərrüfatının inkişafına informasiya dəstəyini təmin etmək üçün bəzi hallarda pilotsuz texnologiyalardan istifadə etməklə yerin monitorinqi tələb olunur. Bununla əlaqədar, dağlıq və meşəlik landşaftda yerüstü pilotaj zamanı helikopter tipli pilotsuz uçuş aparatı olan kvadrokopterin 3D trayektoriyasının formalaşdırılması alqoritmi təklif olunur ki, bu da mümkün maneələri dəf etmək üçün avtonom manevr etməyi nəzərdə tutur. Baza model olaraq, məkənin qeyri-səlis sektorlarını əks etdirən linqvistik dəyişənlər şəklində giriş xarakteristikası olan qeyri-səlis çıxarış sistemindən istifadə edilmişdir ki, burada maneələrin mövcudluğu və onlara qədər olan məsafə verbal şəkildə, yəni terminlər şəklində şərh olunur. Üfqü müstəvidə fırlanma bucağının, uçuş hündürlüyünün və kvadrokopterin sürətinin dəyişməsinə əks etdirən çıxış linqvistik dəyişənlərin şərtləri kimi tərtib edilmiş sistemin qeyri-səlis nəticələri əsasında maneələrin aradan qaldırılması təklif olunur, giriş linqvistik dəyişənlərinin şərtlərinin müxtəlif ssenariləri üzrə model davranışının nəticələri təhlil edilir.

Bundan əlavə, yerin monitorinqi şəraitində kvadrokopterin avtonom manevrini təmin etmək üçün iki alt şəbəkəni özündə birləşdirən strukturlaşdırılmış iyerarxik neyron şəbəkə idarəetmə modelindən istifadə etmək təklif olunur: "Reasonable" və "Instinktiv" neyron şəbəkələr. Bu şəbəkələrin təlimi (öyrədilməsi) baxışın beş sektorunda mümkün maneələrin aradan qaldırılması ilə bağlı kvadrokopterin davranışının müxtəlif ssenariləri üzrə həyata keçirilir. Öyrətmə nümunələrinin (uçuş ssenarilərinin) formalaşması üçün yuxarıda adı çəkilən qeyri-səlis çıxarış sistemindən istifadə olunması nəzərdə tutulub.

Kvadrokopter avtopilot qaydada uçuşu ideyasını həyata keçirmək üçün giriş, gizli və çıxış laylardan ibarət iyerarxik üç laylı neyron şəbəkəsi signal çeviricisi (konvertoru) kimi qəbul edilir. Şəbəkə giriş siqnallarını gizli laydan gələn sinoptik əlaqələrin çəkələrinə və qizli layın qeyri-xətti neyronların hədlərinə uyğun olaraq çevirir, bunlar öyrənmə prosesi zamanı tənzimlənir ki, şəbəkə çıxışlarda istənilən siqnalları induksiya etsin. Şəbəkənin öyrənilməsi prosesi müəyyən edilmiş parametrlərin ixtiyari seçimi ilə başlayır, ona görə də ilkin mərhələdə şəbəkə çıxışları arzu olunanlardan əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənəcək. Şəbəkə cari çıxışları arzu olunanlarla müqayisə edir və əldə etdiyi çıxışlarla arzu olunan çıxışlar arasındakı fərq məqbul dəyərə qədər azalana qədər onun parametrlərini tənzimləyir. Ümumiyyətlə, bu əks əlaqəli neyron şəbəkəsinin necə öyrədilməsinin nümayişidir.

Aproksimasiya qabiliyyətinə görə bu neyron şəbəkəsi çevikdir, yəni yeni funksiyaları əldə etməklə və mövcud funksiyalarını dəyişdirməklə yeni giriş surətlərə "ağıllı" cavab verə bilər. Bununla belə, bu şəbəkə yalnız müəyyən bir zaman nöqtəsində sabitlənmiş statik giriş-çıxış münasibətlərinə cavab verə bilər. Zamanla dəyişən giriş vektorları ilə bir sıra çıxış vektorları arasında dinamik əlaqəni təmin etmək üçün gizli layın qeyri-xətti neyronların əlaqə çəkələrinin və hədlərinin əlavə tənzimlənməsi tələb olunur ki, bu da artıq zamandan asılıdır. Müəyyən giriş təsirlərinə uyğun davranış nümunələrini saxlaya biləcəyiniz əlavə yaddaş qovşaqlarına ehtiyacınız olacaq. Aydın ki, nəticədə bu, şəbəkənin həcminə gətirib çıxaracaq və bununla da öyrənmə prosesini əhəmiyyətli dərəcədə yubadacaq, bu isə qəbul edilməzdir, çünki real vaxt rejimində giriş nümunələrini emal edən kvadrokopter operativ manevr etməlidir.

Kvadrokopterin davranışına real vaxt rejimində nəzarət etmək üçün müxtəlif davranış nümunələri yarada bilən neyron şəbəkə modelindən istifadə etmək təklif olunur. İki növ çoxlaylı şəbəkələri birləşdirən strukturlaşdırılmış iyerarxik neyron şəbəkə modeli təklif edilir: "Reasonable" və "instinktiv" şəbəkələr. Quadrokopter sensorlarından alınan məlumatlar olan giriş siqnalları ($x_1 = \text{Ön}$, $x_2 = \text{Sol}$, $x_3 = \text{Sağ}$, $x_4 = \text{Daha yüksək}$, $x_5 = \text{Aşağı}$) $[0, 1]$ intervalında dəyişir. Hər bir giriş dəyişəni x_k ($k = 1 \div 5$) kvadrokopterin hərəkəti istiqamətində üfüqi və ya şaquli olaraq fəza sektoruna uyğun gəlir, onun daxilində maneələrin mövcudluğu və onlara olan məsafə təhlil edilir. Çıxış dəyişənlərinə təsir göstərmək kvadrokoptərə üfüqi müstəvidə fırlanma bucağını ($y_1 = \text{Fırlanma}$), hərəkət sürətini ($y_2 = \text{Sürət}$) və uçuş hündürlüyünü ($y_3 = \text{Hündürlük}$) dəyişdirərək maneə ilə toqquşmadan qaçmağa imkan verir.

Quadcopter sensor siqnalları birbaşa Reasonable neyron şəbəkənin giriş layına verilir, bu, giriş vektorunun müəyyən bir davranış nümunəsinə uyğunluğunu yoxlayır və yalnız bundan sonra kvadrokopter davranış modelini təşkil edir. Belə bir kvadrokopter davranış modelinə misal olaraq: "Sensor uçuş yolu boyunca hər hansı maneə aşkarlayana qədər istiqaməti, hündürlüyü və sürəti dəyişmədən irəliləmək."

İnstinktiv neyron şəbəkəsi sensor giriş və kvadrokopterin müəyyən manevr zamanı əməl etməli olduğu bir sıra davranışlar arasındakı uyğunluğu müəyyən edir. İnstinktiv şəbəkə tərəfindən verilən əmrə misal olaraq: "Sensor maneələrin mövcudluğunu aşkar edəne qədər sağa və sola hərəkətlərin dövrəsini təkrarlayın." Quadrokopter çox vaxt bu cür hərəkətləri ardıcılıqla yerinə yetirməli olur, ona görə də dağlıq meşə landşaftının çətin əldə edilən ərazilərində yerin monitorinqi şəraitində kvadrokopterin idarə edilməsi üçün neyron şəbəkədən istifadə edərkən instinktiv şəbəkənin funksiyası vacibdir.

Kvadrokopter, sensor məlumatların tipik (əvvəlcədən təyin edilmiş) davranış nümunələri təyin etdiyi hallarda Reasonable şəbəkə tərəfindən idarə olunur və belə sensor məlumatı almadığı hallarda və bir sıra hərəkətləri yerinə yetirməyə məcbur olduqda İnstinktiv şəbəkə tərəfindən idarə olunur.

Nəzəri sahədə görülən işləri ümumiləşdirilmiş şəkildə aşağıdakı şəkildə ifadə etmək olar:

- 1) yerüstü monitoring şəraitində kvadrokoptərə nəzarət etmək üçün əsas model kimi iki alt şəbəkədən ibarət strukturlaşdırılmış iyerarxik neyron şəbəkə strukturu təklif olunur: “ağlabatan” və “instinktiv”, bunların sıx əlaqədə işləməsi kvadrokoptərə real şəraitdə manevr etməyə və maneələri dəf etməyə imkan verir;
- 2) yerüstü monitoring şəraitində kvadrokopterin 3D trayektoriyasının yaradılması alqoritmi işlənilib hazırlanmışdır;
- 3) helikopter tipli pilotsuz uçuş aparatlarına, yəni kvadrokoptərlərə aid zəif rəsmiləşdirilmiş texniki obyektlər üçün hibrid idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsi üsulları işlənilib hazırlanmışdır;
- 4) IloT (industrial IoT) təbəqələri arasında körpü kimi “Bulud” hesablama istifadə edən pilotsuz uçuş aparatına əsaslanan ağıllı IloT monitoring və idarəetmə sistemi təklif olunmuşdur;
- 5) Multikopterdə süni görmə sisteminə əsaslanan və GPS siqnalından ayrıldıqda hərəkəti dayandırmaq və qayıdış trayektorusunu axtarmaq (tanımaq) imkanı verən yanaşma təklif olunmuşdur.

Layihə çərçivəsində aşağıda təsvir olunan praktiki işlər görülmüşdür:

Layihənin ilkin mərhələsində dronların elektron izlənməsi üçün GPS və GSM modulları quraşdırılmış Arduino Mega platasından istifadə etməklə idarəetmə bloku (elektron izləmə modulu) yaradılmış və GPS və GSM modulları arasında tələb olunan informasiya mübadiləsi yoxlanılmışdır. Test sınaqlarının nəticələri müsbət olmuşdur.

Bu mərhələdə layihədən gözlənilən nəticələr dəqiqləşdirilərək aşağıdakı şəkildə ifadə olunmuşdur:

Layihə çərçivəsində yaradılan sistem aşağıdakı imkanlara malik olacaqdır:

- Hava nəqliyyatının təhlükəsizliyinin təmin olunması
- Pilotlu uçuş aparatlarının hava sahəsinə müdaxiləsinin minimuma endirilməsi
- Xüsusilə post-müharibə prosesində olan və regional konflikt təhlükəsi mövcud olan ərazilər üçün şəxsi həyatın toxunulmazlığının təmin olunması, sənaye obyektlərinin, məxfi araşdırma mərkəzlərinin və hərbi zonaların konfidensiallığının qorunmasının təmin olunması
- Kiçik PUA-ların qeydiyyatının və monitoringinin təmin olunması
- Pilot yönümlü tətbiq vasitəsilə uçuş icazələrinin, kiçik PUA-ların hərəkət trayektoriyası, hündürlüyü və vaxtının vahid mərkəzdən izlənməsi.

Layihənin 2-ci mərhələsində aşağıdakı işlər görülmüşdür:

- ✓ PUA-ların izlənməsi (monitorinqi) sisteminin arxitekturası işlənilib hazırlanmışdır;
- ✓ PUA-ların izlənməsi qurğusunun komponentləri müəyyənləşdirilmişdir;
- ✓ PUA-ların izlənməsi qurğusuna qoyulan əsas tələblər müəyyənləşdirilmişdir;
- ✓ İdarəetmə prosessoru modullarının təsnifatı aparılmış və izləmə qurğusunun prototipinin hazırlanması üçün elementlər seçilmişdir.

PUA-ların izləmə sisteminin strukturuna ona quraşdırılmış GNSS izləyiciləri və GSM modulları ilə birlikdə aşağıdakı komponentlər də daxildir:

1. *Quraşdırılmış GNSS izləyicisi və GSM modulu olan dron.* Belə dronda GNS izləyicisi dronun yerini müəyyənləşdirmək işini yerinə yetirir, GSM modulu isə məlumatların ötürülməsi üçün mobil şəbəkə ilə əlaqəni təmin edir.

2. *GNSS izləyicisi*. Bu, adətən GPS və ya digər peyk pozisiyalama sistemlərinə əsaslanan və peyk siqnallarından istifadə edərək dronun coğrafi koordinatlarını (enlik və uzunluq, hündürlük) təyin edən cihazdır.

3. *GSM modulu*. Bu, dronun mobil operatorun mobil şəbəkəsi ilə əlaqə saxlamasına imkan verən cihazdır. Bu cihaz dronun mövqeyini və digər parametrlərini ötürmək üçün 2G, 3G, 4G və ya NB-IoT kimi texnologiyalardan istifadə edir.

4. *Server və ya bulud platforması*. Bu platforma GSM modulları vasitəsilə dronlardan məlumatları qəbul edən və onları emal edən sistemin mərkəzi qovşağıdır. Server və ya platforma məlumatların saxlanması təmin edərək, dronun yeri haqqında məlumatı xəritədə göstərmə, cihazı idarə etmə və bildirişlər və analitika kimi əlavə funksiyalar yerinə yetirə bilər.

5. *İstifadəçi interfeysi*. Bu, istifadəçilərə dron izləmə sistemi ilə qarşılıqlı əlaqə yaratmağa imkan verən interfeysdir. O, istifadəçilərin dronların yerləşdiyi yerə baxa bilməsi, bildirişlər ala bilməsi və cihazları idarə etmə bilməsi üçün veb proqram və ya mobil proqram kimi təqdim edilə bilər.

Hazırlanması nəzərdə tutulan PUA-ların izlənməsi blokuna monitorinq əməliyyatlarının keyfiyyətinin təmin edilməsi məqsədilə aşağıdakı əsas tələblər qoyulmuşdur:

- Etibarlılıq və sabitlik
- GNSS-in yüksək həssaslığı və dəqiqliyi
- Mobil şəbəkələrin dəstəklənməsi
- Aşağı enerji sərfi
- Kompakt ölçüdə və yüngül olması
- Asan inteqrasiya və proqramlaşdırma
- Normalara və standartlara uyğunluq.

Layihənin 3-cü və 4-cü mərhələlərində aşağıdakı işlərin görülməsi planlaşdırılmışdır:

- ✓ PUA-ların izlənməsi (monitorinqi) üçün idarəetmə blokunun prototipləri hazırlanmış və korpusa quraşdırılmışdır;
- ✓ Prototiplərin idarə olunması üçün proqram təminatları hazırlanmışdır;
- ✓ Hazırlanmış prototiplərin parametrlərinin optimallaşdırılması üçün tədqiqatlar aparılmışdır;
- ✓ Hazırlanmış prototiplərinin sınaq testləri zamanı çatışmazlıqlar aşkara çıxarılmışdır

Bu mərhələnin icrası nəticəsində PUA-nın uçuş trayektoriyası, uçuş hündürlüyü və uçuş sürəti haqqında məlumatların real vaxt rejimində ötürülməsinə imkan verən izləmə modulunun prototipləri hazırlanmışdır.

Bu mərhələdə idarəetmə blokuna daxil olan komponentlərin onların üzərinə qoyulan funksiyaları yerinə yetirməsini təmin etmək məqsədilə müvafiq proqram təminatları da hazırlanmışdır.

Alınan nümunənin parametrlərinin optimallaşdırılması üzrə aparılan tədqiqatlar nəticəsində idarəetmə blokunun çəkisini azaltmaq imkanı müəyyən edilmişdir ki, bu da uçuş çəkisi (faydalı yük) kimi PUA parametrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən cəhətdir.

Layihənin icrasının 5-ci mərhələsində PUA-ların izlənməsi (monitorinqi) üçün idarəetmə blokunun optimallaşdırılması üzrə işlər davam etdirilmiş, PUA-ların monitorinqi üçün veb-portalın yaradılması üzrə texniki tələblər işlənib hazırlanmış, hazırlanmış tələblər əsasında PUA-ların monitorinqi sistemi funksionallıqlarını simulyasiya edən test saytı yaradılmışdır və yaradılmış test saytı vasitəsilə icarəyə götürülmüş PUA-lardan istifadə etməklə test sınaqları keçirilmiş və sınaqların nəticələri analiz olunaraq çatışmazlıqlar aradan qaldırılmışdır.

Yaradılacaq portalda aşağıdakı imkanların reallaşdırılması nəzərdə tutulmuşdur:

- PUA-ların qeydiyyatı və identifikasiyası

- Xəritədə PUA uçuşlarının izlənməsi
- Uçuşlar və cihazlar haqqında məlumat
- Statistika və təhlil
- Sistemin arxitekturası
- İzlənmə tarixçələrinə baxmaq imkanı.

Bundan başqa hazırlanan sənəddə portalın təhlükəsizliyinə və onun məhsuldarlığına tələblər də öz əksini tapmışdı. Tələblərin istifadə olunan texnologiyalar hissəsində həm də portalın yaradılmasında istifadə olunacaq proqramlaşdırma dili, verilənlər bazasını idarəetmə sistemində üzrə tələblər də əlavə olunmuşdu.

Layihənin 6-cı mərhələsində

- texniki şərtlərin hazırlanması
- prototipləşdirmə
- sistem dizaynının, istifadəçi interfeysinin yaradılması
- kontentin hazırlanması və doldurulması
- proqram təminatının hazırlanması
- qüsurların üzə çıxarılması və aradan qaldırılması

işləri planlaşdırılmışdı.

Bu mərhələdə monitorinq sisteminin yaradılması üçün texniki şərtlər (TS) müəyyən edilmişdir. Texniki spesifikasiyalara veb-platfomanın funksionallığına dair tələblər, PUA-ların qeydiyyatı və izlənilməsi üçün zəruri məlumatların siyahısı, hava şəraitinin proqnozlaşdırılması üçün parametrlər, həmçinin təhlükəsizlik və məlumatların mühafizəsi tələbləri daxildir.

Əsas tələblərə aşağıdakılar aiddir:

- İstifadəçilərin qeydiyyatı və avtorizasiyası imkanının olması
- Unikal identifikatorlarla dronların qeydiyyatı imkanının olması
- Real vaxt rejimində dronların xəritədə mövqeyini göstərmək üçün izləmə modulunun tətbiqi imkanının olması
- Hava şəraitinin proqnozlaşdırılması üçün meteoroloji xidmətlərlə inteqrasiya imkanının olması
- Uçuş icazələrinin alınması imkanının olması
- Uçuşların qeydiyyatı və monitorinq funksiyalarının olması
- Cərimə funksiyalarının olması

Bu mərhələdə görülən işlərin nəticəsi olaraq pilotsuz uçuş aparatlarının uçuşlarının effektiv və təhlükəsiz monitorinqi üçün bütün zəruri komponentləri və funksionallığı özündə əks etdirən PUA-ların uçuşunun monitorinqi sistemi platformasının arxitekturası hazırlanmışdır. Veb platforma istifadəçilərə dronları qeydiyyatdan keçirməyə, onları real vaxt rejimində izləməyə, uçuş icazələri əldə etməyə və hava şəraitinə əsasən uçuş vaxtlarını planlaşdırmağa imkan verəcək. Sistem inzibatçıları məlumat və analitik hesabatlar təqdim etmək, həmçinin avtorizasiya, giriş və monitorinq funksiyalarını idarə etmək üçün alətlərə malik olacaqlar.

Layihənin 7-ci və 8-ci mərhələlərində aşağıdakı işlər həyata keçirilmişdir:

- PUA izləmə sisteminin informasiya-analitik platformasında test sınaqları keçirilmişdir
- məlumatların toplanması və təhlili həyata keçirilmişdir
- aşkar olunan qüsurlar və çatışmazlıqlar aradan qaldırılmışdır
- PUA monitorinq sisteminin effektivliyinin qiymətləndirilməsi metodikası təklif olunmuşdur
- əldə edilmiş nəticələrə əsasən sistemin daha da təkmilləşdirilməsi üçün tövsiyələr

hazırlanmışdır.

Mərhələlərin icrası gedişində test sınaqlarının keçirilməsi metodikası hazırlanmış, sınaqlarda istifadə olunacaq avadanlıqlar müəyyənləşdirilmiş və Sistemin xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla əldə edilmiş məlumatların təhlili aparılmışdır.

Bu tövsiyələrin həyata keçirilməsi yüksək səviyyədə uçuşların təhlükəsizliyini və səmərəliliyini təmin etməyə qadir olan PUA monitoring sistemini yaratmağa imkan verir.

Bu mərhələdə görülən işlərin nəticəsi olaraq pilotsuz uçuş aparatlarının uçuşlarının effektiv və təhlükəsiz monitoringi üçün bütün zəruri komponentləri və funksionallığı özündə əks etdirən PUA-ların uçuşunun monitoringi sistemi platforması test sınaqlarının keçirilməsi üçün hazırlıq vəziyyətinə gətirilmiş, əlavə olaraq PUA monitoring sisteminin effektivliyinin qiymətləndirilməsi metodikası hazırlanmış və əldə edilmiş nəticələrə əsasən sistemin daha da təkmilləşdirilməsi üçün tövsiyələr hazırlanmışdır. Bu tövsiyələr aşağıdakılardan ibarətdir:

- İstifadə olunan texnologiyaların diapazonunun genişləndirilməsi: Sistemin etibarlılığını artırmaq üçün barometr, maqnitometr və akselerometr kimi əlavə sensorlardan istifadə etmək tövsiyə olunur.
- Məlumatların filtrasiyası alqoritmlərinin hazırlanması: Koordinatların müəyyən edilməsinin düzgünlüyünü artırmaq üçün kənar məlumatları aradan qaldırmaq və nəticələrin etibarlılığını artırmaq üçün verilənlərin filtrlənməsi alqoritmlərini hazırlamaq lazımdır.
- Rabitə kanallarının artıqlığını təmin etmək: Sistemin etibarlılığını artırmaq üçün artıq rabitə kanallarını, məsələn, peyk rabitəsini təmin etmək lazımdır.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr** (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərməlidir)

- 1) yerüstü monitoring şəraitində kvadrokoptərə nəzarət etmək üçün əsas model kimi iki alt şəbəkədən ibarət strukturlaşdırılmış iyerarxik neyron şəbəkə strukturu təklif olunur: "ağlabatan" və "instinktiv", bunların sıx əlaqədə işləməsi kvadrokoptərə real şəraitdə manevr etməyə və maneələri dəf etməyə imkan verir;
- 2) yerüstü monitoring şəraitində kvadrokopterin 3D trayektoriyasının yaradılması alqoritmi işlənib hazırlanmışdır;
- 3) helikopter tipli pilotsuz uçuş aparatlarına, yəni kvadrokoptərlərə aid zəif rəsmiləşdirilmiş texniki obyektlər üçün hibrid idarəetmə sistemlərinin layihələndirilməsi üsulları işlənib hazırlanmışdır;
- 4) IloT (industrial IoT) təbəqələri arasında körpü kimi "Bulud" hesablamada istifadə edilən pilotsuz uçuş aparatına əsaslanan ağıllı IloT monitoring və idarəetmə sistemi təklif olunmuşdur;
- 5) Multikopterdə süni görmə sistemində əsaslanan və GPS signalından ayrıldıqda hərəkəti dayandırmaq və qayıdış trayektoriyasını axtarmaq (tanımaq) imkanı verən yanaşma təklif olunmuşdur;
- 6) Pilotsuz uçuş aparatlarının uçuşlarının effektiv və təhlükəsiz monitoringi üçün bütün zəruri komponentləri və funksionallığı özündə əks etdirən PUA-ların uçuşunun monitoringi sistemi platformasının arxitekturası hazırlanmışdır. Veb platforma istifadəçilərə dronları qeydiyyatdan keçirməyə, onları real vaxt rejimində izləməyə, uçuş icazələri əldə etməyə və

	hava şəraitinə əsasən uçuş vaxtlarını planlaşdırmağa imkan verəcək. Sistem inzibatçıları məlumat və analitik hesabatlar təqdim etmək, həmçinin avtorizasiya, giriş və monitoring funksiyalarını idarə etmək üçün alətlərə malik olacaqlar.
4	Layihə üzrə elmi nəşrlər (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmaller, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, İmpact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərilməlidir) <i>(surətlərini kağız üzərində və CD şəklinə əlavə etməli!)</i>
	<ol style="list-style-type: none"> A. Аббасов, Р. Р. Рзаев, И. Ахмедов, А. Алмасов, Т. Габиббейли, “Управление квадрокоптером в условиях наземного мониторинга с применением нейро-сетевых и нечетких методов моделирования”, <i>Нечеткие системы и мягкие вычисления</i>, 18:1 (2023), 47–62, https://doi.org/10.26456/fssc110 Abbasov, A., Rzayev, R., Habibbayli, T., Aliyev, M. Structured Neural Network Based Quadcopter Control Under Overland Monitoring. In: Kahraman, C., Sari, I.U., Oztaysi, B., Cebi, S., Cevik Onar, S., Tolga, A.Ç. (eds) <i>Intelligent and Fuzzy Systems. INFUS 2023. Lecture Notes in Networks and Systems</i>, vol 758. Springer, Cham, Vol. 1, pp.577-585 https://doi.org/10.1007/978-3-031-39774-5_64 <i>(məqalə, Scopus və Web of Science indeksli jurnalda nəşr olunub)</i> A.M. Abbasov, R.R. Rzayev and T.H. Habibbayli, "Formation of the Flight Path of a Quadcopter under Overland Monitoring by the Hybrid Modeling System," 2023 5th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics (PCI), Baku, Azerbaijan, 2023, pp. 1-4, doi: 10.1109/PCI60110.2023.10326005 , https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10326005&isnumber=10325917 <i>(məqalə, Scopus və Web of Science indeksli jurnalda nəşr olunub)</i> Ali Abbasov, Elchin Aliyev. Intelligent UAV Flight Control System//International Symposium on Unmanned Systems: AI, Design&Efficiency. National Aviation Academy, ISUDEF – 24, May 22-24, 2024, Baku, Azerbaijan, https://2024.isudef.org/abstract-book/ <i>(məqalə, Springerdə nəşr olunmaq üçün qəbul olunub)</i>
5	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər Yoxdur
6	Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərilməlidir) Yoxdur
7	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa) Yoxdur
8	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak <i>(burada doldurmalı)</i> Yoxdur
9	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərilməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq) <i>(burada doldurmalı)</i>
	1. Abbasov, A., Rzayev, R., Habibbayli, T., Aliyev, M. Structured Neural Network Based

Quadcopter Control Under Overland Monitoring. In: Kahraman, C., Sari, I.U., Oztaysi, B., Cebi, S., Cevik Onar, S., Tolga, A.Ç. (eds) Intelligent and Fuzzy Systems. INFUS 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 758. Springer, Cham, Vol. 1, pp.577-585 https://doi.org/10.1007/978-3-031-39774-5_64 (məqalə, Scopus və Web of Science indeksli jurnalda nəşr olunub)

2. **A.M. Abbasov, R.R. Rzayev and T.H. Habibbayli**, "Formation of the Flight Path of a Quadcopter under Overland Monitoring by the Hybrid Modeling System," 2023 5th International Conference on Problems of Cybernetics and Informatics (PCI), Baku, Azerbaijan, 2023, pp. 1-4, doi: [10.1109/PCI60110.2023.10326005](https://doi.org/10.1109/PCI60110.2023.10326005) , <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10326005&isnumber=10325917> (məqalə, Scopus və Web of Science indeksli jurnalda nəşr olunub)

3. **Ali Abbasov, Elchin Aliyev**. Intelligent UAV Flight Control System//International Symposium on Unmanned Systems: AI, Design&Efficiency. National Aviation Academy, ISUDEF – 24, May 22-24, 2024, Baku, Azerbaijan, <https://2024.isudef.org/abstract-book/> (məqalə, Scopus və Web of Science indeksli jurnalda nəşr olunub)

10	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları
	Yoxdur
11	Yerli həmkarlarla əlaqələr
	Layihənin icra qrupunun NB-İoT şəbəkəsinin istifadəsi ilə əlaqədar bir neçə dəfə AzerCell Telecom mütəxəssisləri ilə görüşlər keçirmişlər
12	Xarici həmkarlarla əlaqələr
	Yoxdur
13	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa)
	Yoxdur
14	Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa)
	Yoxdur
15	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa)
	Yoxdur
16	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərməlidir)
	Yoxdur

SİFARIŞÇI:

Azərbaycan Elm Fondu

Şöbə müdiri

Quliyeva Mülayim Sahib qızı

(imza)

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Abbasov Əli Məhəmməd oğlu

(imza)

“ _ ” _____ 2024-cü il

“ _ ” _____ 2024-cü il



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Elm Fondunun
“Qarabağ Azərbaycandır!” məqsədli qrant
müsabiqəsinin (AEF-MQM-QA-1-2021-4(41) qalibi
olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQIQATLARDƏ İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA MƏLUMAT VƏRƏQİ

(Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: **İşğaldan azad edilmiş ərazilərdə davamlı inkişafı və təhlükəsizlik mühitini təmin etmək üçün PUA-ların monitorinqi metodlarının təkmilləşdirilməsi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Abbasov Əli Məhəmməd oğlu**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MQM-QA-1-2021-4(41)-8/01/1-M-01**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **22 noyabr 2022-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 dekabr 2022-ci il - 01 dekabr 2024-cü il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1	Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası
	Tətbiq olunmamışdır
2	Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə

(patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

Tətbiq olunmamışdır

1. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1

Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

Layihənin nəticələri PUA-ların respublikaya gətirilməsi və istifadəsinə nəzarət edən dövlət qurumlarında istifadə oluna bilər.

SİFARIŞÇI:

Azərbaycan Elm Fondu

Şöbə müdiri

Quliyeva Mülayim Sahib qızı

(imza)

“ ” 2024-cü il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Abbasov Əli Məhəmməd oğlu

(imza)

“ ” 2024-cü il



AZƏRBAYCAN ELM FONDU

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

Azərbaycan Elm Fondunun
“Qarabağ Azərbaycandır!” məqsədli qrant
müsabiqəsinin (AEF-MQM-QA-1-2021-4(41) qalibi
olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT (Qaydalar üzrə Əlavə 17)

Layihənin adı: **İşğaldan azad edilmiş ərazilərdə davamlı inkişafı və təhlükəsizlik mühitini təmin etmək üçün PUA-ların monitorinqi metodlarının təkmilləşdirilməsi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Abbasov Əli Məhəmməd oğlu**

Layihənin nömrəsi: **AEF-MQM-QA-1-2021-4(41)-8/01/1-M-01**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **22 noyabr 2022-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **24 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 dekabr 2022-ci il - 01 dekabr 2024-cü il**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

1. Elmi əsərlər (sayı)

№	Tamlıq dərəcəsi	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Monoqrafiyalar			
	həmçinin, xaricdə çap olunmuş			
2.	Məqalələr	2		

	həmçinin xarici nəşrlərdə	2		
3.	Konfrans materiallarında məqalələr	1	1	
	O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında	1	1	
4.	Məruzələrin tezisləri			
	həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda			
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)			

2. İxtira və patentlər (sayı)

No	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə			
2.	İxtira			
3.	Səmərələşdirici təklif			

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

No	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plenary, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	Konfrans	Beynəlxalq	Dəvətli	1
2.	Simpozium	Beynəlxalq	Dəvətli	1
3.				

SİFARİŞÇİ:

Azərbaycan Elm Fondu

Şöbə müdiri

Quliyeva Mülayim Sahib qızı

(imza)

" _ " _____ 2024-cü il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Abbasov Əli Məhəmməd oğlu

(imza)

" _ " _____ 2024-cü il

