

CİB DRONLARI: MOBİL VİDEOMÜŞAHİDƏ ÜÇÜN YENİ İMKANLAR**e.o. polkovnik-leytenant Bəkir Zülfüqarov***Milli Müdafiə Universitetinin Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu*bekir.zulfuqarov@mmu.edu.az**m.t.h.e.ü.f.d, dosent, general-mayor Arif Həsənov**<https://orcid.org/0000-0002-8814-1590>*Milli Müdafiə Universitetinin Hərbi Elmi Tədqiqat İnstitutu*arif.h.hasanov@gmail.com

Xülasə. Bu tədqiqatın aktuallığı taktiki fəaliyyət, ovçuluq, turizm kimi müxtəlif sahələrdə havadan operativ müşahidəyə artan tələbatdan meydana gəlir. Elmi məqalənin predmeti minidronların ölçülərinin minimallaşdırılması və mobil cihazlara inteqrasiyası ilə portativliyin artırılmasına, habelə etibarlı idarəetmə və məlumatötürmənin təmin edilməsinə yönəlmiş innovativ texnoloji və mühəndis həlləridir. İşin məqsədi cibdə daşınmaqla yığcamlıq, funksionallıq və etibarlılıq arasında optimal balans təmin edən cib mikrotronu ideyasının əsasını qoymaq və bu ideyanın həyata keçirilməsi üçün araşdırmalara başlamaq olmuşdur. Bu məqsədə çatmaq üçün minidronlar, kameralar və ötürmə sistemlərinə dair müasir texnologiyaları, alternativ enerji təminatı və məlumatötürmə üsullarını nəzərdən keçirib tədqiq etmək, əsas texniki parametrlərini hesablamqla, konseptual nəzəri cib dronu modellərini hazırlamaq, müqayisə etmək və potensial tətbiq sahələrini müəyyənləşdirmək tapşırıqları qoyulmuşdur. Tədqiqat işində ədəbiyyatın araşdırılması və mövcud həllərin təhlili, nəzəri modelləşdirmə və hesablama, konseptual layihələndirmə və prototipləşdirmə, kompromislərin təhlili, risk və perspektivlərin kritik təhlili kimi elmi tədqiqat metodları, habelə sistemli təhlil, müqayisəli təhlil, güclü və zəif tərəflərin müəyyən edilməsi kimi təhlil metodlarından istifadə edilmişdir. Elmi yenilik cibdə daşınan FPV (First Person View) dron ideyası və onu minidronlar üzərində həyata keçirmək üçün uçuş kontrollerinin videomodul ilə inteqrasiyası, litium-kükürd batareyalarının, həmçinin radiomaneələrdən qorunma üçün ultrabənövşəyi rəbitənin tətbiqi fikirləridir. Tədqiqatın elmi nəticəsi mobil cihazlarla inteqrasiya olunan, keyfiyyətli təsvir və sabit idarəetməni təmin edən cib dronlarının konseptual nəzəri modellərinin hazırlanmasıdır. İşin tətbiqi əhəmiyyəti təklif olunan innovativ həllərin bir çox sahələrdə müxtəlif tapşırıqlar üçün operativ təsvirlər təmin edəcək portativ dronların yaradılması işində istifadə edilə biləcəyindən ibarətdir.

Açar sözlər: cib dronu, minidron, mobil cihazlara inteqrasiya, video və rəbitə modulu, innovativ həllər

Giriş

Bəzən yaxın bir ərazinin görüntülərini qısa vaxtda əldə etməyə ehtiyac yaranır. Bu, ovçuluq, təbii maneədən keçid yerinin dəqiqləşdirilməsi və ya taktiki döyüş meydanında fəaliyyət ilə bağlı ola bilər. Çox vaxt relyef, bitki örtüyü və ya tikililər görüntünü məhdudlaşdırır və bu halda yuxarıdan baxaraq baş verənlərin ətraflı mənzərəsini əldə etmək zərurəti yaranır. Müasir dronlar belə tapşırıqları həll etməyə qadirdir, lakin onların əksəriyyəti radiomaneələrə qarşı həssasdır, ayrıca pultla idarəetmə tələb edir və kifayət qədər böyükdür, buna görə də daşınması asan olmur.

Potensial dron istifadəçilərinin artıq özləri ilə smartfon gəzdirməyə alışdığı şəraitdə məhz mobil cihazla rəbitə saxlayacaq kiçik dron yaratmaq ideyası meydana gəlir. Belə dron öz qutusunda cibə rahat şəkildə yerləşdirilə və xüsusi mobil tətbiq (proqram) vasitəsilə idarə oluna bilər. Bu, cibdə daşınan kiçik bir vasitə ilə FPV görüntülər əldə etmək, video və fotoçəkiliş aparmaq imkanları yaradır.

Beləliklə, bu işin aktuallığını müxtəlif istifadəçi qruplarının havadan operativ müşahidəyə artan tələbatı müəyyən edir.

Tədqiqatın elmi problemi cibdə yerləşdiriləcək qədər yığcam, etibarlı və mobil cihazlara inteqrasiya olunmaqla keyfiyyətli görüntü təmin edən dronun mövcud olmamasıdır.

Tədqiqatın məqsədi cibdə daşınmaqla kiçik (100 m-ə qədər) hündürlükdən keyfiyyətli görüntü və onu mobil cihazda foto və video kimi saxlamaq imkanını təmin edən əsl cib dronu ideyasının əsasını qoymaq, habelə bu ideyanın həyata keçirilməsi istiqamətində işlərə start vermək olmuşdur.

Bu məqsədin həyata keçirilməsi üçün tədqiqatın qarşısında miniatur dronlar, kameralar və videosiqnalı ötürmə sistemləri sahəsində müasir texnologiyaları və innovativ həlləri nəzərdən keçirib, onları təsvirin keyfiyyəti ilə ölçülərin kiçildilməsi arasında kompromisin əldə olunması yönündən tədqiq etmək, alternativ vasitələrdən (ultrabənövşəyi rəbitədən, optik lifdən (sapdan)) istifadə etmək də daxil olmaqla, dron idarəetməsinin mobil cihazla inteqrasiyası imkanlarını təhlil etmək, funksional tələbləri və istismar parametrləri üzrə məhdudiyətləri nəzərə alaraq, optimallaşdırılmış ölçülərə, kütləyə və enerji sərfiyyatına malik konseptual nəzəri cib mikrodronu modelləri işləyib hazırlamaq, həmin modelləri müqayisə edərək, üstünlük və çatışmazlıqlarını, o cümlədən potensial tətbiq sahələrini müəyyənləşdirmək tapşırıqları qoyulmuşdur.

Tədqiqatın obyektini müasir minidronlar və onlarla birlikdə tətbiq oluna biləcək innovativ texnologiyalardır.

Tədqiqatın predmeti əsas funksionallıq saxlanmaqla ölçülərin minimallaşdırılması, idarəetmə pultunu ixtisar etmək və keyfiyyətli çəkilişə nail olmaq üçün mobil cihazlarla inteqrasiya edilməklə minidronların portativliyinin artırılmasına, həmçinin xüsusi təyinatlı modellərdə maneələrdən qorunmanın təmin edilməsinə yönəlmiş innovativ texnoloji və mühəndis həlləridir.

İşdə ədəbiyyat araşdırması və mövcud həllərin təhlili, nəzəri modelləşdirmə və hesablama, konseptual layihələndirmə və prototipləşdirmə, kompromislərin təhlili, risk və perspektivlərin kritik analizi kimi elmi tədqiqat metodları, habelə sistemli təhlil, müqayisəli təhlil, güclü və zəif tərəflərin müəyyən edilməsi kimi təhlil metodlarından istifadə edilmişdir.

Mövcud texnologiyaların nəzərdən keçirilməsi və təhlili

Konstruktiv quruluşun qısa təhlili. Ən kiçikölçülü müasir minidronların əsas komponentləri çərçivə, yığcam gövdə, 4 mikromotor, AIO FPV modulu, uçuş kontrolleri və batareyadır. Onlara birinci nümunə ölçüləri ~82×82×26 mm və kütləsi ~24 qram olan, FPV uçuş həvəskarları tərəfindən çox bəyənilən əla manevr qabiliyyətli Nimble65 kvadropteridir [1]. İkinci, ölçüləri və kütləsi birinci ilə təxminən eyni olan Blade Inductrix Pro BNF kvadropteridir. O, sabit FPV uçuşu, keyfiyyətli videosiqnal və asan idarəetmə ilə tanınır [2]. Başqa bir nümunə: əvvəlkilərlə təxminən eyni ölçülərə və ~26 qram kütləyə malik olan Eachine QX65-dir. O, keyfiyyəti qənaətbəxş olan təsviri və sabit uçuşu təmin edir, hobbii üçün mini FPV dron hesab edilir [3].

Mini dronlardan görüntü vasitələrinin qısa icmalı. Araşdırmalar göstərir ki, bu gün ən çox istifadə olunan AIO FPV (All-in-One FPV) moduludur. Bu modul kamera, videoötürücü və anteni özündə birləşdirir və belə inteqrasiya ümumi kütlə və ölçüləri əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir. AIO FPV modulu təsvirin real vaxt rejimində mobil cihaza (smartfona, planşetə) ötürülməsini təmin edir [4].

Mövcud rəbitə və məlumatötürmə texnologiyalarının qısa icmalı. Keçirilmiş təhlillərin nəticələrinə görə, müasir mini dronlarda (onların AIO FPV modullarında) videosiqnalın ötürülməsi üçün ən geniş yayılmış üsul radiotezlik protokollarının, xüsusilə də Wi-Fi-nin (2.4 GHz, 5 GHz) istifadəsidir. Bu texnologiya cüzi ləngimə, yüksək keyfiyyətli videonun ötürülməsi üçün kifayət qədər zolaq genişliyi və xüsusi proqramlar vasitəsilə mobil cihazlarla asan inteqrasiyanı təmin edir.

Beləliklə, müasir minidronlar problemin həlli üçün müxtəlif yanaşmalar təqdim edir. Onlar istehlak bazarına yönəlmiş, asan idarə olunan və keyfiyyətli təsviri təmin edən olsa da, radiomaneələrə qarşı həssasdır və ölçüləri onların cibdə asanlıqla yerləşdirilməsi üçün uyğun deyil.

İnnovativ ideyaların təklif edilməsi

Uçuş kontrollerinin AIO FPV modulu ilə integrasiyası dronun komponentlərinin sayını və onlar arasındakı birləşdirici naqillərin uzunluğunu, nəticədə komponentlərin, həmçinin dronun özünün ümumi kütlə və ölçülərini azalda bilər. Bu ideya əsasında yaradılacaq yeni modulu 4IO FPV (4-in-One FPV) adlandıraraq.

Akkumulyator batareyasını cibdə daşınacaq qutuda yerləşdirməklə, dronun elektrik qidalanması və rabitəsi üçün **optik sapdan istifadə** radiomaneəldən qorunmanı təmin edə bilər. Bu, video və rabitə modulunda anteni ixtisar etməyə imkan verəcək, həmçinin videoötürücü fərqli quruluşda olacaq. Uçuş kontrollerini də buraya əlavə etməklə (4IO FPV-də olduğu kimi) 4IO FPV fiber adlandırılan yeni növ video və rabitə modulunu yaratmaq və bununla ümumi kütlə və ölçüləri azaltmaq mümkündür.

Radiodalğalara qarşı həssas olmayan **ultrabənövşəyi rabitədən** (UVC – Ultraviolet Communication) [5] istifadə radiomaneəldən qorunmanı əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Dronla bu tip rabitə üçün müvafiq 4IO FPV modulu hazırlana və drona quraşdırıla bilər.

Enerji mənbəyi kimi minidronlarda hal-hazırda istifadə olunan litium-polimer batareyaları ilə müqayisədə daha yaxşı xarakteristikalara malik olan **litium-kükürd batareyalarından** [6] istifadə dronun kütləsini və ölçülərini azalda bilər.

Qeyd etmək vacibdir ki, VLC (Visible Light Communication) kimi tanınan və rabitə üçün görünən spektri istifadə edən optik məlumatötürmə sistemləri də radiomaneələrin təsirini minimuma endirə və 10 Gbit/san.-dən yüksək ötürmə sürəti təmin edə bildiyi üçün tədqiqatın ilkin mərhələsində onlardan istifadə də innovativ ideya kimi düşünülürdü. Lakin araşdırmalar göstərdi ki, bu sistemlər ötürücü ilə qəbuledici arasında dəqiq mövqə seçimi tələb edir [7] və buna görə də mobillik tələblərinə uyğun deyil.

Mövcud həllərin və təklif olunmuş innovativ ideyaların müqayisəli nəzəri təhlilinin nəticələri

Quruluş, komponentlər və fiziki ölçülər. Müasir minidronlar standart kvadrokopter arxitekturası üzərində qurulur. Bu arxitektura səmərəliliyini və etibarlılığını sübut etmişdir, lakin dronun cibdə rahat yerləşməsi üçün ölçülərinin daha da kiçildilməsi aktual məsələ olaraq gündəmdə qalır. 4IO FPV modulunun yaradılması və tətbiqi dronun kütləsini və ölçülərini azalda bilər. Litium-kükürd batareyaları litium-polimer batareyaları ilə müqayisədə təxminən iki dəfə çox xüsusi enerji tutumu və xüsusi enerji sıxlığına malik olduğu, həmçinin nəzəri olaraq bu fərq on dəfəyə qədər artırıla bilər [6] üçün ikincilərin əvəzinə birincilərin istifadəsi də batareyanın, son nəticədə dronun kütləsini və ölçülərini azalda bilər. Əvvəlcə akkumulyator batareyasını cibdə daşınan qutuda yerləşdirməklə, dronun elektrik qidalanması və rabitəsi üçün optik sapdan istifadənin də dronun kütləsini və ölçülərini azalda biləcəyi düşünülürdü, lakin sonrakı mərhələdə hesablamalar göstərdi ki, əslində bunun əksi baş verir.

Enerji təminatı və uçuş müddəti. Təhlillər göstərir ki, litium-polimer batareyaları ən geniş yayılmış enerji mənbəyi olaraq qalır, çünki nisbətən ucuzdur və qısamüddətli uçuşlar üçün kifayət qədər enerji tutumunu təmin edir. Lakin onların əvəzinə litium-kükürd batareyasından istifadə əhəmiyyətli dərəcədə artırıq, akkumulyator batareyasını cib qutusunda yerləşdirməklə optik sapdan istifadə isə çox böyük enerji tutumu və uçuş müddəti təmin edə bilər.

İdarəetmə və məlumatötürmə etibarlılığı. AIO FPV modulu videosiğnalı özünün Wi-Fi komponenti vasitəsilə real vaxt rejimində ötürməyə imkan verir. Belə ötürmə radioelektron maneələrə qarşı həssasdır və bu da sözügedən modulun, xüsusilə hərbi məqsədlər üçün istifadəsini məhdudlaşdırır. Ultrabənövşəyi rabitədən istifadə radiomaneəldən qorunmanı əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Cihaz belə rabitə siğnalının ötürülməsi üçün fiziki maneələri aşırıla bilən ultrabənövşəyi şüalardan (200 – 280 nm) istifadə edir. Ultrabənövşəyi rabitənin təcrübədə 2,4 Gbit/san.-ə qədər ötürmə sürəti nümayiş etdirməsi onun gələcəkdə əhəmiyyətli texnologiyaları əvəz etmək üçün böyük potensialı olduğunu göstərir [8]. Optik sapdan istifadə isə rabitə kanalının keyfiyyətini və buna görə də görüntünün keyfiyyətini və sabitliyini, şübhəsiz, artıracaq, həmçinin radioelektron maneələrdən effektiv qorunmanı təmin edə bilər [9; 10].

Mobil cihazlarla inteqrasiya və idarəetmə imkanları. Təhlillər göstərir ki, müasir minidronların əksəriyyəti bunu Wi-Fi və standart mobil tətbiqlər vasitəsilə dəstəkləyir. Bu, idarəetmə və monitorinqi asanlaşdırır. Dronla ultrabənövşəyi rabitədə və ya optik sapla rabitədə olan funksional cib qutusu isə mobil cihazla USB OTG və ya Bluetooth, Wi-Fi vasitəsilə inteqrasiya olunduqda dronun mobil cihazla rabitəsinə və idarə olunmasına vasitəçilik edə bilər. Bu halda dronla ultrabənövşəyi kanal üzrə məlumat mübadiləsinin mobil cihazla əlaqələndirilməsi üçün cib qutusunda ultrabənövşəyi rabitə siqnallarının qəbulunu, ötürülməsini və analoq-rəqəmli çevrilməni həyata keçirən xüsusi modul yerləşdirilməlidir. Belə ultrabənövşəyi rabitə modulu drondan siqnalı qəbul edərək, rəqəmli formaya çevirib kabel və ya simsiz qoşulma vasitəsilə mobil cihaza ötürə bilər. Bundan başqa, mobil cihazların gələcək modellərinə dronla birbaşa rabitə üçün bu cür modul daxil edilə bilər. Mobil cihazlarla idarəetmə üçün *xüsusi mobil tətbiqi* hazırlana, ona video və fotoçəkilişin aparılması, dronun, ehtiyac yarandıqda, bir toxunuşla, eləcə də batareyanın enerjisi tükəndikdə avtomatik olaraq buraxılma nöqtəsinə, mobil cihazla rabitəsi pozulduqda isə bir an öncə rabitədə olmuş məkana avtomatik qayıtması kimi vacib funksiyalar daxil edilə bilər.

Müqayisəli təhlil göstərir ki, mövcud həllər əsas tələblərə: dronun yığcamlığına və radiomaneəldən qorunmasına cavab vermir, təsvirin və rabitənin keyfiyyətinə, enerji təminatına, idarəetmənin sabitliyinə olan digər tələbləri isə əsasən ödəyir. Təklif olunan innovativ ideyalar ölçüləri kiçiltmək, radiomaneəldən qorunmaq və funksionallığı artırmaq üçün yeni imkanlar açır, lakin idarəetmə və rabitənin etibarlılığı sahəsində çətinliklərlə üzləşə bilər.

Konseptual modellərin nəzəri prototipləşdirilməsi və müqayisəsi

Tələblərin formaləşdirilməsi. Hazırlanacaq konseptual modellərə mövcud modellərdə olan keyfiyyətli videoçəkiliş, komanda və videosiqnalın cüzi ləngimə ilə ötürülməsi, qısa zamanda istifadəyə hazırlanma kimi funksional imkanlar saxlanmaqla, dron yerləşdirilmiş qutunun cibdə asanlıqla daşınmaya imkan verən ölçülərdə olması, dronun smartfon və ya planşet vasitəsilə idarə edilməsi və hərbi təyinatlı modellərin radiomaneəldən qorunması kimi yeni tələblər qoyulmuşdur.

Komponentlərin seçilməsi. Mövcud texnologiyalar, həllər və burada təklif olunmuş innovativ ideyalar nəzərə alınmaqla, hər bir konseptual model üçün optimal komponentlər: platforma və güc qurğusu kimi kvadrokopter çərçivəsi, tələb olunan qaldırıcı qüvvəyə malik dörd mikromotor, yüngül gövdə və sistem elektronikası (sensorlar), enerji mənbəyi kimi burada təklif olunmuş, tələb olunan enerji tutumu ilə bərabər minimal kütlə və ölçülərə malik litium-kükürd akkumulyatoru seçilmişdir. Videoötmə və rabitə üçün bu işdə təklif olunmuş üç modulun hər biri (Wi-Fi və ultrabənövşəyi rabitə üçün müvafiq 4IO FPV və optik sap üçün 4IO FPV fiber) uyğun hesab edilmiş, buna görə də onların üçün də istifadə edib, müqayisələndirmək qərarı verilmişdir.

Konseptual modellərin işlənilməsi. Yuxarıda göstərilmiş sonuncu qərar “standart kvadrokopter”, “maneələrə dayanıqlı kvadrokopter” və “optik saplı kvadrokopter” adlandırılmış üç konseptual modelin ortaya çıxmasına səbəb olmuşdur. Standart kvadrokopter Wi-Fi üzrə idarə olunan 4IO FPV modulu, dörd mikromühərrik, litium-kükürd batareyası, çərçivə, gövdə, naqillər, bərkidicilər, pərlər və dronun cibdə daşınması üçün qutudan; maneələrə dayanıqlı kvadrokopter ultrabənövşəyi kanal üzrə idarə olunan 4IO FPV modulu, dörd mikromühərrik, litium-kükürd batareyası, çərçivə, gövdə, naqillər, bərkidicilər, pərlər və dronun cibdə daşınması üçün qutudan; optik saplı kvadrokopter isə optik sap üzrə idarə olunan 4IO FPV fiber modulu, fotoelektrik çevirici, dörd mikromühərrik, çərçivə, gövdə, naqillər, bərkidicilər, pərlər və akkumulyator batareyası (litium-polimer batareyası ola bilər) da içərisində yerləşdirilmiş dron qutusunda ibarətdir.

Kütlə və ölçülərin nəzəri qiymətləndirilməsi. Ölçüləri $\sim 82 \times 82 \times 26$ mm və kütləsi $\sim 24-26$ qramdır [1-3] (bunun $\sim 4,4$ qramı AIO FPV modulu [11], ~ 3 qramı uçuş kontrolleri [12], ~ 5 qramı akkumulyator batareyası [13], $\sim 7,2$ qramı dörd mühərrik [14] və $\sim 4,4-6,4$ qramı çərçivə, gövdə, naqillər, bərkidicilər və pərlər üçün) olan mövcud kvadrokopterlər tədqiqatda qarşıya qoyulmuş yığcamlıq tələblərinə cavab vermir, çünki belə dronu daşıyan qutu hər cibə yerləşməyə bilər.

Ən güzəştli hesablamalara görə, standart kvadrokopterdə 4IO FPV modulunun kütləsi, onun tərkib hissələrinin: AIO FPV modulunun və uçuş kontrollerinin kütləsi nəzərə alınmaqla, 7 qramdan, litium-kükürd batareyasının kütləsi isə, eyni tutumlu belə batareyanın litium-polimer batareyasından iki dəfə yüngül olduğu nəzərə alınmaqla [6], 3 qramdan çox olmamalıdır. Əvvəlki təhlillərdən məlumdur ki, dronun kütləsi və ölçülərini, həmçinin mühərriklərin tələb olunan qaldırıcı qüvvəsini əsasən video və rabitə modulunun və akkumulyator batareyasının ölçüləri və kütləsi müəyyən edir. Mövcud modellərdə AIO FPV modulunun, uçuş kontrollerinin və batareyanın ümumi kütləsi ~12,4 qramdır. Burada təklif olunan 4IO FPV modulunun və batareyanın hesablanmış ümumi kütləsi isə ~10 qramdır. Bu təhlildən görüldüyü kimi, faydalı yükün və batareyanın ümumi kütləsinin (yəqin ki, həm də ölçülərinin) 19% azaldılmasına nail olmaq çətin deyil. Bu halda sadə miqyaslama tətbiq etsək, mühərriklər və pərlər, eləcə də qalan hər şey: çərçivə, gövdə, naqillər, bərkidicilər 19% kiçik seçilə, nəticədə dron özü həmin qədər yüngülləşdirilə və kiçildilə bilər. Yuxarıda göstərilənlərə əsasən, standart kvadrokopterin ölçüləri ~66×66×21 mm və kütləsi ~19-21 qram ola bilər.

Maneələrə dayanıqlı kvadrokopterlərdə 4IO FPV modulu və akkumulyator batareyası standart kvadrokopterləkinə oxşardır, buna görə də onların hesablanmış ümumi kütləsi ~10 qramdır. Standart kvadrokopterlə olduğu kimi, bütün yuxarıda göstərilənlərə əsaslanaraq, ölçülərin ~66×66×21 mm və kütlənin ~19-21 qram olacağı gözlənilir.

Optik saplı kvadrokopterlərdə 4IO FPV fiber modulunun kütləsi 4IO FPV modulunun kütləsi qədər, hətta anteni olmadığı üçün daha az ola bilər. Buna görə də onun kütləsi ~6 qram qəbul edilmişdir. Mikroelektron fotoelement istehsalçıların texniki sənədlərinə əsasən, fotoelektrik çevirici heç olmasa 1 qram [15; 16], dronun qaldırılmalı olduğu 100 m uzunluqlu optik sap isə ~9,7 qram kütləyə malik olacaq [17]. Bunları nəzərə alaraq, 4IO FPV fiber modulunun, fotoelektrik çeviricinin və optik sapın ümumi kütləsi ~16,7 qram qəbul edilə bilər. Mövcud modelin müvafiq komponentlərinin ümumi kütləsinin isə ~12,4 qram olduğu yuxarıda qeyd edilmişdir. Yenə sadə miqyaslama tətbiq etsək, optik saplı kvadrokopterlə batareyanın yer səviyyəsinə endirilməsinə baxmayaraq, o məhz nisbətən böyük kütləli optik sapı qaldırdığına görə mövcud modellərdən ~35% ağır və nəticədə böyük ölçülü alınır. Deməli, optik saplı kvadrokopterin ölçüləri ~111×111×35 mm və kütləsi ~32-35 qram olacağı gözlənilir.

İdarəetmənin sabitliyi və etibarlılığı. Standart kvadrokopter sınaqdan keçmiş və geniş istifadə olunan texnologiyanın nəzəri məhsuludur və düzgün nizamlanıqda sabit idarəetməni təmin edir. Bununla belə, xüsusilə şəhərlərdə və sənaye ərazilərində intensiv radiomübadilə mühitində yaranan radiomaneələr idarəetmənin etibarlılığına təsir göstərə bilər. Maneələrə dayanıqlı kvadrokopter radiotezlik maneələrinə həssas deyil, bu da keyfiyyətli və sabit idarəetməyə nail olmağa imkan verir. Ultrabənövşəyi rabitə siqnalı havada yayılma və əks olunma hesabına maneələri aşib keçmək qabiliyyətlidir, amma atmosfer hadisələrinə (dumana, toza, yağışa) həssasdır [5; 8]. Bunlar isə gözlənilməz şəraitdə etibarlılığı azalda bilər. Elektromaqnit maneələri optik saplı kvadrokopterə təsir etmir [9; 10] və bu da çox sabit idarəetməni təmin edir. Bu model daha keyfiyyətli elektrik enerjisi ilə təmin olunmaq imkanına malikdir ki, bu da, hətta böyük yüklənmə altında elektronikanın etibarlılığına zəmanət verə bilər. Beləliklə, standart kvadrokopter ən universal modeldir, maneələrə dayanıqlı kvadrokopter radiomaneələrin çox olduğu mühitdə də sabit idarə edilə, optik saplı kvadrokopter isə maksimal sabit və etibarlı idarəetməni təmin edə bilər.

Enerji sərfiyyatı və uçuş müddəti. Standart kvadrokopter məlumatları radiokanal üzrə ötürən standart simsiz rabitə sxemindən (Wi-Fi-dən) istifadə edir və belə sxem batareyadan fasiləsiz enerji istehlakı tələb edir [18]. Uçuş müddəti batareyanın tutumu ilə məhdudlaşır və adətən, 4-5 dəqiqədir [1-3]. Maneələrə dayanıqlı kvadrokopter xüsusi ultrabənövşəyi rabitə komponentləri sayəsində enerjiyə daha qənaətcil rabitə sxeminə malik ola bilər [5], lakin bu ümumi enerji sərfiyyatında cüzi payla kiçik irəliləyiş yaradır. Buna görə də, enerji sərfiyyatı standart kvadrokopterlə müqayisə edilən və uçuş müddəti təxminən eyni olacağı gözlənilir. Amma optimal şəraitdə kiçik irəliləyişlər mümkündür. Optik saplı kvadrokopterin kütləsinin artıq və buna görə də mühərriklərinin nisbətən güclü olması səbəbindən daha çox enerji sərf edəcək. Buna baxmayaraq enerji qat-qat böyük tutumlu yerüstü mənbədən təmin edildiyi üçün uçuş müddəti əhəmiyyətli dərəcədə arta bilər. Beləliklə, avtonom batareyalı modellər

(standart kvadrokopter və maneələrə dayanıqlı kvadrokopter) təxminən bərabər enerji sərfiyyatına və kiçik tutumlu batareyaya görə məhdud, optik saplı model isə daha böyük enerji sərfiyyatlı olsa da, böyük tutumlu kənar batareyaya hesabına əhəmiyyətli dərəcədə böyük uçuş müddətinə malik ola bilər.

Videonun keyfiyyəti və məlumatötürmənin etibarlılığı. Təhlillər göstərir ki, siqnal sabit olduqda *standart kvadrokopter* kifayət qədər yüksək ayırdetmə və cüzi ləngimə təmin edir ki, bu da keyfiyyətli təsvir əldə etməyə imkan verir. Məlumatötürmənin etibarlılığı radiotezlik maneələrinin səviyyəsindən asılı olur. Güclü maneələr şəraitində siqnal kəsilə və ya onun keyfiyyəti pisləşə bilər. Maneələrə dayanıqlı kvadrokoptərə ənənəvi radiotezlik maneələrinin təsir etməməsi səbəbindən yüksək keyfiyyətli videoçəkilişləri təmin edə bilər. Bununla belə, keyfiyyət atmosfer şəraitindən asılı olacaq və bu da siqnalın sabitliyinə, dəyişən şəraitdə isə məlumatötürmənin etibarlılığına təsir göstərə bilər. Optik saplı kvadrokopter optik sapın böyük zolaq genişliyi, elektromaqnit maneələrinə həssas olmaması və keyfiyyətli enerji təchizatı hesabına çox etibarlı məlumat və yüksəkkeyfiyyətli videoçəkiliş ötürə bilər. Beləliklə, standart kvadrokopter maneələrə məruzqalma riski ilə universal bir həll təklif edir: maneələrə dayanıqlı kvadrokopter daha keyfiyyətli təsvir, optik saplı kvadrokopter isə maksimum keyfiyyətli təsvir və etibarlı məlumatötürmə təmin edə bilər.

Operativ istifadə və mobil cihazlarla inteqrasiya imkanları. Standart kvadrokopter əlavə yerüstü avadanlıq tələb etməyən tam avtonom modeldir. Bu, təxirəsalınmaz hallarda dronu sürətlə göyə qaldırmağa və videoaxınını dərhal qəbul etməyə imkan verir. O, smartfon və planşetlə Wi-Fi vasitəsilə asanlıqla inteqrasiya olunur və real vaxt rejimində intuitiv idarəetmə və monitorinqi təmin edir. Maneələrə dayanıqlı kvadrokopterin funksional qutusu USB və ya simsiz qoşulma (Bluetooth, Wi-Fi) vasitəsilə mobil cihazlara qoşula və öz qutusu ilə rəbitədə olan dronun sözügedən mobil cihazlara inteqrasiyasını təmin edə bilər. Mobil cihazların gələcək modellərinə dronla birbaşa rəbitə üçün xüsusi adapterlər və ultrabənövşəyi rəbitə modulları daxil edilə bilər. Bunlar dronun kifayət qədər operativ istifadəsinə imkan verə bilər. Optik saplı kvadrokopterin sapı öz qutusuna qoşularaq səliqə ilə açılıb-yığılmalıdır ki, bu da müəyyən qədər vaxt aparacaq. Bunlar qutuda xüsusi tərtibatın olmasını zəruri edir və dronun istifadə sürətini azaldacaq. Mobil cihazlarla inteqrasiya mümkündür: dronun funksional qutusu USB və ya simsiz qoşulma (Bluetooth, Wi-Fi) vasitəsilə mobil cihazla rəbitəni təmin edə bilər. Beləliklə, standart kvadrokopter avtonom və universal olması sayəsində operativ istifadə və mobil cihazlarla asan inteqrasiya arasında ən yaxşı balansı təmin edir. Maneələrə dayanıqlı kvadrokopter birinci ilə rəqabət apara bilər və o, xüsusilə mobil cihazlarla inteqrasiya baxımından ən geniş imkanlara malikdir. Optik saplı kvadrokopterin havaya qaldırılması daha çox vaxt apardığından, istifadə operativliyi digərlərindən azdır. Amma o, mobil cihazlarla inteqrasiya üçün standart kvadrokoptərlə müqayisədə daha yaxşı imkanlara malik ola bilər.

Konstruksiyanın yığcamlığı, mobilliyi və portativliyi. Standart kvadrokopter öz qutusu ilə birlikdə minimal ölçüləri olan yığcam bir modeldir. O hər hansı fiziki bağlılığı olmadığı üçün yüksək mobil və qutusu ilə birlikdə cibdə rahat daşıma biləcəyi üçün portativdir. Maneələrə dayanıqlı kvadrokopter xüsusi ultrabənövşəyi rəbitə modulu ilə təchiz olunmuş mobil cihazdan birbaşa idarə edilən variantında standart kvadrokopter kimi yığcam, mobil və portativ ola bilər. Bu model mobil cihazla öz qutusu vasitəsilə əlaqələndirildikdə isə, sözügedən funksional qutunun nisbətən böyük ölçülü olacağı və buna görə də yığcamlıq və portativliyin azalacağı gözlənilir. Optik saplı kvadrokopter nisbətən böyük və ağır alınır, bundan başqa, optik sapın istifadəsi yığcamlığı bir qədər də azaldan əlavə elementlərin olmasını zəruri edir. Ölçülərinin daha böyük olması öz funksional qutusu ilə birlikdə cibdə rahat daşınmasına mane olur – portativliyi kiçikdir. Öz qutusuna fiziki bağlılığı, həmçinin optik sapın ətrafdakı müxtəlif maneələrə, məsələn, ağacların budaqlarına ilişə bilməsi bu modelin mobilliyini də azaldır. Beləliklə, standart kvadrokopter yığcam, mobil və portativdir. Maneələrə dayanıqlı kvadrokopter standart kvadrokopter kimi mobildir, onun kimi yığcam və portativ ola bilər. Optik saplı kvadrokopter isə həm yığcamlıqda, həm mobillikdə, həm də portativlikdə digər iki modeldən geri qalır.

Beləliklə, cib mikrodronlarının konseptual modellərinin nəzəri prototipləşdirilməsi modul konstruksiyasını, əsas texniki parametrlərin hesablanması və innovativ ideyaların qiymətləndirilməsini birləşdirən kompleks yanaşmadır. Bu yanaşma yığcamlıq, funksionallıq və təsvirin

keyfiyyəti arasında balansı təmin edən ən perspektivli üsulları seçməyə imkan verir. Bu seçim gələcək tədqiqatlar və layihənin praktiki həyata keçirilməsi üçün başlanğıc nöqtədir.

Təklif olunan konseptual modellərin üstünlükləri və çatışmazlıqları. Standart kvadrokopterin üstünlükləri etibarlılıq, sınaqdan keçmiş quruluş, mobil cihaz vasitəsilə idarəetmənin asanlıığı; çatışmazlıqları isə məhdud uçuş müddəti, təsvirin orta keyfiyyətli olması, radiomaneələrə qarşı həssaslığıdır.

Maneələrə dayanıqlı kvadrokopterin üstünlükləri idarəetməyə və təsvirin keyfiyyətinə radiomaneələrin təsir edə bilməməsi, çatışmazlıqları isə məhdud uçuş müddəti, təsvirin orta keyfiyyətli olması, ətraf mühitin idarəetməyə və təsvirin keyfiyyətinə təsir göstərməsidir.

Optik saplı kvadrokopterin üstünlükləri uzunmüddətli uçuş, təsvirin sabit və keyfiyyətli olması, idarəetməyə və təsvirin keyfiyyətinə radiomaneələrin təsirsiz olması, ətraf mühitdən asılı olmaması, çatışmazlıqları isə yığcamlığın, mobilliyin və portativliyin kiçik olmasıdır. Bu konsepsiyaların hər biri müəyyən tapşırıqları yerinə yetirməyə imkan verən üstünlüklərə, həmçinin praktiki reallaşma üçün əlavə təkmilləşdirmə və optimallaşdırma tələb edən məhdudiyyətlərə malikdir.

Potensial tətbiq sahələri. Yığcam və portativ cib dronu ovçuluq və meşəçilikdə müşahidə, əraziyə nəzarət və ov təhlükəsizliyinin artırılması, həmçinin qorunan təbiət ərazilərinin monitorinqi, turizm və səyahətdə, xüsusilə blogger və aktiv istirahət həvəskarları üçün aktual olan memarlıq obyektlərinin və təbiət mənzərələrinin panoramalı çəkilişi, hərbi və taktiki tapşırıqlarda iri PUA-ların səmərəsiz olduğu qapalı məkanlarda kəşfiyyat, düşmən mövqelərinin müşahidəsi və operativ məlumat toplama, balıqçılıqda su hövzələrinin monitorinqi, vəziyyətinin qiymətləndirilməsi və potensial balıq tutma yerlərinin aşkar edilməsi, qoyunçuluq və heyvandarlıqda sürüyə, otlaqlara nəzarət, mal-qara oğurluğunun və yırtıcı heyvanların sürüyə hücumunun qarşısının alınması, xilasetmə əməliyyatlarında və fəvqəladə halların monitorinqində fiziki maneələrlə məhdudlaşan görmə şəraitində və ya əlçatmaz yerlərdə tez bir zamanda havadan görüntü əldə edilməsi üçün tətbiq oluna bilər. Bu, yığcamlığı və mobil cihazlarla inteqrasiyası sayəsində müxtəlif sahələrdə operativ müşahidə və çəkiliş üçün yeni imkanlar yaradan cib dronlarının faydalı və perspektivli vasitə ola biləcəyini göstərir.

İnnovativ həllərin tətbiqi ilə bağlı məhdudiyyətlər və risklər. Yeni üsulların (məsələn, məlumatların ultrabənövşəyi kanalla, enerji və məlumatların optik sapla ötürülməsinin) tətbiqi əhəmiyyətli tədqiqatlar və sınaqlar tələb edir. İnnovativ komponentlərin mövcud sistemlərlə inteqrasiyasının mürəkkəbliyi sinxronizasiya və işin sabitliyi problemlərinə səbəb ola bilər. 4IO FPV və 4IO FPV fiber modullarının yaradılması zamanı onların konstruksiyasında yüksək tezlikli videosiqnallarla idarəetmə siqnalları arasında qarşılıqlı elektromaqnit maneələrinin qarşısının alınması, həmçinin istiliyin effektiv yayılması kimi texniki məsələlərin həlli vacib ola bilər. Yeni texnologiyalar real şəraitdə az etibarlı (məsələn, ultrabənövşəyi rabitə kanalları atmosfer şəraitinə gözlənilməyindən daha çox həssasdır) ola bilər. Yeni, tam sınaqdan keçirilməmiş texnologiyalardan istifadə kritik anlarda qəza və ya nasazlıq (məsələn, sabit idarəetmə və ya qidalanmada gözlənilməz nasazlıq) riskini artırır.

Sonrakı tədqiqatlar və praktiki tətbiq üçün perspektivlər. Prototiplərin hazırlanması və real şəraitdə sınaqdan keçirilməsi miniatur kameralarla yeni rabitə kanallarının inteqrasiyası kimi innovativ həllər sırasından optimal seçim etməyə, müxtəlif istismar şəraitlərində idarəetmə sabitliyini və etibarlılığını, təsvirin keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün ərazidə sınaqlarının keçirilməsi hər bir tapşırıqda uyğun optimal modeli müəyyənləşdirməyə kömək edəcək. Energetik (yoxsa, enerji) səmərəliliyin artırılması üçün yeni enerji mənbələrinin tədqiqi və miniatur akkumulyator batareyalarının yaradılması dronun uçuş müddətini artırmağa imkan verəcək. Yeni kompozit materialların hazırlanması və tətbiqi gövdə və çərçivəni yüngülləşdirmək və möhkəmləndirməklə, ümumi kütləni azaldacaq və mexaniki təsirlərə davamlılığı artıracaq. Optik saplı kvadrokopter lazımı qədər yığcam olmaması səbəbindən hazırkı mərhələdə cib dronu ideyasına cavab verməsə də, optik sapın xüsusi kütləsinin azaldılması gələcəkdə vəziyyəti dəyişdirə bilər.

Əsas qənaətlər. Mobil cihazların ekranında istifadəçiləri keyfiyyətli təsvirlərlə təmin edə bilən miniatur pilotsuz uçuş aparatlarına böyük ehtiyac var və bu bir çox sahələr üçün aktualdır. İstifadəçinin

daim yanında olan smartfondan istifadə idarəetmə interfeysini əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirməyə və ümumi portativliyi artırmağa imkan verir.

Tədqiqatın miniatur dronların inkişafına verdiyi töhfə. Tədqiqat ənənəvi həllərin yeni enerji və məlumatötürmə üsulları və mobil cihazlar vasitəsilə təkmilləşdirilmiş idarəetmə ilə inteqrasiyasının mümkünlüyünü nümayiş etdirir. Keçirilmiş təhlillər təsvirin və idarəetmənin keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmadan dronun kütlə və ölçülərinin necə azaldıla biləcəyini, ölçülərin azaldılması ilə funksionallığın saxlanması arasında kompromisin əldə edilməsinin mülki və hərbi sahələrdə müxtəlif ehtiyacları ödəyə bilən prototiplər hazırlamağa imkan verəcəyini göstərir. Tədqiqat idarəetmə və məlumatalma vasitəsi kimi smartfon və planşetlərdən istifadənin əhəmiyyətini ortaya çıxarır və bu interfeysi sadələşdirmək və portativliyi artırmaqla yanaşı, perspektiv cib dronlarının gündəlik praktikada geniş tətbiqini stimullaşdırır. Təklif olunmuş konseptual modellər və nəzəri hesablamalar sonrakı prototipləşdirmə və eksperimental sınaqlar üçün zəmin yaradır. Bu, innovativ ideyaların seriyalı istehsalə və praktik tətbiqə çevrilməsi üçün mühüm mərhələdir. Tədqiqat göstərmişdir ki, mikroelektronika, materialşünaslıq, aerodinamika və rabitə sistemləri sahələrində biliklərin ümumiləşdirilməsi pilotsuz aparatların miniaturlaşdırılmasında mövcud olan məhdudiyətləri aradan qaldırmaq üçün zəruri həllərin işlənilib hazırlanmasını asanlaşdırır.

Nəticə

Tədqiqat nəticəsində mobil cihazlarla inteqrasiya olunan, minimal ölçülərə malik və keyfiyyətli videoçəkilişi təmin edən cib mikrodronlarının konseptual nəzəri modelləri hazırlanmışdır. Tədqiqat göstərmişdir ki, Wi-Fi üzərindən idarəetmə kimi ənənəvi texnologiyaların innovativ həllər: uçuş kontrollerinin AIO FPV modulu ilə inteqrasiyası, alternativ enerji mənbələrinin, məsələn, litium-kükürd batareyalarının və məlumatötürmə üçün qeyri-standart üsulların, o cümlədən ultrabənövşəyi rabitənin istifadəsi ilə birləşdirilməsi portativlik, funksionallıq və idarəetmənin etibarlılığı arasında optimal balansa nail olmağa imkan verir. Əldə edilmiş nəticələr hərbi tapşırıqlar, ovçuluq, turizm kimi müxtəlif sahələrdə səmərəli operativ təsvirlərlə təmin edəcək cib dronlarının yaradılması üçün perspektivlər açıq və bu da sözügedən texnikanın sonrakı tədqiqatını və praktiki prototipləşdirilməsini təşviq edir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı

1. Sub250 Nimble65 1S 65mm Whoop Analog w/ Caddx ANT: [Electronic resource] / GetFPV. – 2025. URL: <https://www.getfpv.com/ready-to-fly-quadcopters/micro-ready-to-fly/sub250-nimble65-1s-65mm-whoop-analog-w-caddx-ant.html>
2. Gunn, M. Horizon Hobby Blade Inductrix Pro BNF – RCGroups Review: [Electronic resource] / RCGroups. – 2017. URL: <https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?2963168-Horizon-Hobby-Blade-Inductrix-Pro-BNF-RCGroups-Review>
3. Eachine QX65, A Tiny Whoop with Solid Upgrades: [Electronic resource] / Half Chrome. – 2018. URL: <https://www.halfchrome.com/eachine-qx65/>
4. What is an AIO FPV Camera and Why Should You Consider It for Your Drone?: [Electronic resource] / HAKRC. – 2025. URL: <https://www.hakrc.com/aio-fpv-camera.html>
5. Guo, L. Ultraviolet communication technique and its application / L. Guo, Y. Guo, J. Wang [et al.] // Journal of Semiconductors, – 2021. vol. 42, № 8: [Electronic resource] / URL: <https://doi.org/10.1088/1674-4926/42/8/081801>
6. Shao, Q. A review on lithium-sulfur batteries: Challenge, development, and perspective / Q.Shao, S.Zhu, J.Chen // Nano Research, – 2023. vol. 16, – p. 8097-8138.: [Electronic resource] / URL: <https://doi.org/10.1007/s12274-022-5227-0>
7. Ismail, S. N., Salih, M. H. A review of visible light communication (VLC) technology // 2nd International Conference on Materials Engineering & Science, – Baghdad, Iraq: IConMEAS2019, – March 2020, AIP Conference Proceedings 2213(1):020289.: [Electronic resource] / URL: <https://doi.org/10.1063/5.0000109>

8. Cao, F. Research on the Coverage of Ultraviolet Communication Network in the Arbitrary Polygon Area / F.Cao, C.Li, Z.Xu [et al.] // Photonics, – 2021. vol. 8, № 7, – p. 240.: [Electronic resource] / URL: <https://doi.org/10.3390/photonics8070240>
9. Aydin, Y. Fiber optic drones revolutionize combat in Russia-Ukraine war: [Electronic resource] / Anadolu Agency. – 2025. URL: <https://www.aa.com.tr/en/world/fiber-optic-drones-revolutionize-combat-in-russia-ukraine-war/3446365>
10. Fiber Optic Solutions for Tethered and Non-Tethered Drones: [Electronic resource] / Optical Zonu. – 2023. URL: <https://www.opticalzonu.com/solutions/fiber-optic-drones/>
11. Radiolink 5.8G 48CH Wireless Image Transmission OSD Camera for RC8X FPV Display, 800TVL 200mW FPV Camera for Radiolink F121 Mini Racing Drone Quadcopter: [Electronic resource] / Amazon. – 2025. URL: <https://www.amazon.com/ATA-HOBBY-Radiolink-Transmission-Quadcopter/dp/B0C2Z66CFB?th=1>
12. Flywoo GOKU GN405 Nano V3 F4 HD Flight Controller w/ ELRS 2.4GHz – 16x16: [Electronic resource] / GetFPV. – 2025. URL: <https://www.getfpv.com/electronics/flight-controllers/flywoo-goku-gn405-nano-v3-f4-hd-flight-controller-w-elrs-2-4ghz-16x16.html>
13. Gens ace 200mAh 1S 45C 3.7V Lipo Battery with Molex Connector: [Electronic resource] / Genstattu. – 2025. URL: <https://genstattu.com/gens-ace-200mah-1s-45c-3-7v-lipo-battery-with-molex-connector/>
14. SpeedyFPV 4pcs 615 6x15mm Coreless Brushed Motors 0.8mm Shaft 1S Drones (2X CW / 2X CCW): [Electronic resource] / Amazon. – 2025. URL: <https://www.amazon.com/SpeedyFPV-6x15mm-Coreless-Brushed-Motors/dp/B0CCD172D3>
15. Resources Technical notes: [Electronic resource] / Hamamatsu. – 2025. URL: <https://www.hamamatsu.com/jp/en/support/resources/technical-notes.html>
16. Download center: [Electronic resource] / ams-OSRAM. – 2025. URL: <https://ams-osram.com/support/download-center>
17. Fiber Optic Image Digital Module: [Electronic resource] / Skywalker. – 2025. URL: <https://skywalkerfpv.com/>
18. What is the Power Consumption of a WiFi Module, and How Can I Optimize It?: [Electronic resource] / Trolink. – 2024. URL: <https://trolinkiot.com/blog/2556.html>

Аннотация

Карманные дроны: новые возможности мобильного видеонаблюдения Бакир Зульфугаров, Ариф Гасанов

Актуальность данного исследования обусловлена растущим спросом на оперативное воздушное наблюдение в различных областях, таких как тактические действия, охота и туризм. Предметом исследования являются инновационные технологические и инженерные решения, направленные на повышение портативности мини дронов за счет минимизации их размеров и интеграции в мобильные устройства, а также обеспечение надежного управления и передачи данных. Целью работы было заложить основу идеи карманного дрона, обеспечивающего оптимальный баланс компактности, функциональности и надежности, и начать работу по реализации этой идеи. Для достижения этой цели были поставлены задачи по обзору и исследованию современных технологий для мини-дронов, камер и систем передачи, альтернативных методов энергоснабжения и передачи данных, разработке концептуальных теоретических моделей карманных дронов с расчетом их основных технических параметров, их сравнению и определению потенциальных областей применения. Были использованы методы научного исследования, как обзор литературы и анализ существующих решений, теоретическое моделирование и расчеты, концептуальное проектирование и прототипирование, анализ компромиссов, критический анализ рисков и перспектив, а также методы анализа, как системный анализ, сравнительный анализ и выявление сильных и слабых сторон. Научная новизна – это идея карманного FPV-дрона и мысли для ее реализации на мини-дронах: интеграция контроллера

полета с видеомодулем, использование литий-серных аккумуляторов, а также ультрафиолетовой связи для защиты от радиопомех. Научным результатом является разработка концептуальных теоретических моделей карманных дронов, интегрирующихся с мобильными устройствами, обеспечивающих качественное изображение и стабильное управление. Прикладная значимость работы заключается в том, что предлагаемые инновационные решения могут быть использованы при создании портативных дронов, которые будут обеспечивать получение оперативных изображений для решения различных задач во многих областях.

Ключевые слова: карманный дрон, мини дрон, интеграция с мобильными устройствами, модуль видео и связи, инновационные решения

Abstract

Pocket Drones: New Possibilities for Mobile Video Surveillance

Bakir Zulfugarov, Arif Hasanov

The relevance of this study is due to the growing demand for operational aerial surveillance in various fields, such as tactical operations, hunting and tourism. The subject of the study is innovative technological and engineering solutions aimed at increasing the portability of mini drones by minimizing their size and integrating them into mobile devices, and at ensuring reliable control and data transmission. The purpose of the work was to lay the foundation for the idea of a pocket drone that provides an optimal balance of compactness, functionality and reliability, and to begin work on implementing this idea. To achieve this goal, the following tasks were set: review and study of modern technologies for mini drones, cameras and transmission systems, alternative methods of power supply and data transmission, development of conceptual theoretical models of pocket drones with the calculation of their main technical parameters, their comparison and identification of potential areas of application. The following scientific research methods were used: literature review and analysis of existing solutions, theoretical modeling and calculations, conceptual design and prototyping, trade-off analysis, critical analysis of risks and prospects, as well as analysis methods such as system analysis, comparative analysis and identification of strengths and weaknesses. Scientific novelty is the idea of a pocket FPV drone and thoughts for its implementation on mini-drones: integration of a flight controller with a video module, use of lithium-sulfur batteries, as well as ultraviolet communication for protection against radio interference. The scientific result is the development of conceptual theoretical models of pocket drones that integrate with mobile devices, providing high-quality images and stable control. The applied significance of the work is that the proposed innovative solutions can be used to create portable drones that will provide operational images for solving various problems in many areas.

Keywords: pocket drone, mini drone, integration with mobile devices, video and communication module, innovative solutions

Məqalə redaksiyaya daxil olmuşdur: 02.04.2025

Təkrar işlənməyə göndərilmişdir: 06.04.2025

Çapa qəbul edilmişdir: 08.04.2025