



УДК 004.056

DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEMS: INTEGRATION OF UAVS, GROUND STATIONS, AND NAVIGATION TECHNOLOGIES AT CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE**РОЗВИТОК СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ: ІНТЕГРАЦІЯ БПЛА, СТАНЦІЙ БАЗУВАННЯ ТА НАВІГАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ****Zaika Nazar / Заїка Назар***молодший науковий співробітник / junior researcher*

ORCID: 0000-0002-5791-8926

Komarov Maksym / Комаров Максим*s.t.s./к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-5739-8959

Ishchuk Maksym / Іщук Максим

ORCID: 0009-0008-1132-8665

Verkhovets Oleksii / Верховець Олексій

ORCID: 0000-0002-3897-106X

*State Research Institute of Cyber Security Technologies,**Kyiv, M. Zaliznyaka Street, building 3, bloc 6, 03142**ДержНДІ технологій кібербезпеки,**м. Київ, вул. М. Залізняка, 3, корпус 6, 03142*

Анотація. В роботі розглядаються важливість та складнощі забезпечення безпеки об'єктів критичної інформаційної інфраструктури (ОКІІ). Пояснюється, що це включає в себе управління ситуаціями надзвичайного характеру, систему фізичного захисту та використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для забезпечення безпеки. Детально описано технічні аспекти систем безпеки, такі як радіонавігаційні системи, системи навігації та аеророзвідки. Пропонуються практичні рекомендації для підвищення захищеності об'єктів критичної інфраструктури від кібератак та інших загроз.

Ключові слова: безпека, критична інфраструктура, управління ситуаціями надзвичайного характеру, безпілотні літальні апарати, радіонавігація, кібербезпека.

Вступ.

Забезпечення безпеки об'єктів критичної інформаційної інфраструктури (далі ОКІІ) має на меті запобігання порушенням їхньої цілісності та безпеки. Управління ситуаціями надзвичайного характеру, такими як диверсії на ОКІІ, є складним процесом, який може вирішуватися шляхом розбиття на функції та оцінки за певними граничними значеннями. Вивчення граничних значень для знаходження екстремумів дозволяє знайти оптимальні рішення для ефективного управління надзвичайними ситуаціями [1].

Система фізичного захисту ОКІІ включає в себе комплекс заходів, які включають організаційні заходи, інженерно-технічні засоби та дії підрозділів охорони та служби безпеки, спрямованих на забезпечення внутрішнього режиму об'єкта. Основною технічною складовою такої системи є комплекс інженерно-технічних засобів, який базується на автоматизованій інтегрованій системі безпеки. Цей комплекс включає засоби візуального, радіолокаційного та акустичного виявлення, системи відеоспостереження, зв'язку, аеророзвідки, інженерно-технічні перешкоди та комплексні системи захисту інформації.



Основним принципом цієї системи є принцип превентивності, що означає, що чим швидше буде виявлена загроза вторгнення на об'єкт за допомогою засобів виявлення, тим ефективніше проблема буде вирішена [2].

Перевага використання радіолокаційних засобів для моніторингу полягає в їхній здатності отримувати інформацію про оточуюче середовище у будь-який час, незалежно від часу доби, погодних умов, природних явищ, рівня забруднення або радіаційного випромінювання. Сучасні технології дозволяють збирати великий обсяг інформації про стан навколишнього середовища [3]. Однак важливо враховувати складнощі, пов'язані з виділенням корисного сигналу на фоні стаціонарних перешкод та впливом атмосферних умов на радіолокаційне випромінювання під час забруднення. Також потрібно враховувати технічні аспекти методів виділення корисного сигналу на тлі перешкод. Важливо також враховувати можливість маскування цілей та наявність додаткових об'єктів поруч з основною метою. Урахування інформаційного ризику при оцінці загрози включає застосування алгоритму для кількісної оцінки ризику втрат інформації [4].

Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу за станом об'єкту

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) оснащені численними датчиками, передовими процесорами, і вони можуть дуже швидко збирати багато інформації. Фахівці з безпеки повинні розуміти принципи функціонування безпілотників, вміти аналізувати їх технічні характеристики та визначати їхнє місце розташування. Вони також повинні приймати участь у розробці планів реагування на незаконне використання БПЛА над територією підприємства, в яких детально описано кроки, що необхідно вжити згідно з чинним законодавством для зменшення ризику події або заходу.

БПЛА забезпечують можливість отримувати аерофотознімки в реальному часі, які можуть передаватися прямо персоналу на землі. Це дозволяє працівникам служби безпеки приймати більш обгрунтовані рішення як у випадках надзвичайних ситуацій, так і під час звичайного патрулювання. Використання БПЛА для забезпечення безпеки дозволить проводити розслідування без ризику для екіпажу. Також БПЛА використовуються для виявлення загроз під час моніторингу території та відстеження стану оточуючого середовища.

Автоматизація БПЛА у сфері безпеки та спостереження

Технології автоматизації застосовуються для промислової та комерційної безпеки. Одним з найважливіших факторів, що впливають на зростання ринку автоматизованих систем безпеки, є доступність програмного забезпечення як сервісу, яке може працювати незалежно від конкретного апаратного забезпечення. Саме програмне забезпечення визначає напрямок розвитку автономності та автоматизації, які керуються функціональністю БПЛА для спостереження [5].

Розвідка і спостереження

Безпілотники можуть надавати кадри та дані в реальному часі з унікальної перспективи, відкриваючи унікальні можливості для оцінки загроз та прийняття



обґрунтованих рішень. БПЛА може виконувати розвідку і рекогносцировку для задоволення запитів служби безпеки підприємства, а додавання теплових камер з розширеними можливостями масштабування дозволяє виявляти приховані об'єкти або людей навіть при обмеженій видимості. Наприклад, БПЛА можуть допомогти виявити міни на дорогах або в полях та визначити присутність людей у будівлях за їхніми тепловими слідами. Це означає, що БПЛА для спостереження можуть надати надійну інформацію про точне місцезнаходження, позицію та напрямок руху живих об'єктів [6].

Картографування та планування місії

Маючи актуальні дані з безпілотних літальних апаратів, можна створювати дуже точні карти для стратегічного планування. Картографічні БПЛА допомагають візуалізувати та геоприв'язувати будь-яке зовнішнє середовище, яке, ймовірно, буде використане для системи безпеки об'єкту. Це особливо корисно, коли потрібна висока точність, наприклад, під час картографування небезпечних ділянок доріг. За допомогою цих апаратів можна сканувати великі території та створювати цифрові моделі місцевості та 3D-карти для подальшого стратегічного планування, логістики та виконання інших завдань з моніторингу території та споруд об'єкту.

Аварійний контроль

Після природних катастроф або випадків конфлікту безпілотні літальні апарати можуть бути використані для надання невідкладної допомоги та підтримки. Вони ведуть спостереження за оточуючим середовищем, забезпечуючи важливу інформацію, яка допомагає спланувати маршрути, швидко виявляти та реагувати на небезпечні ситуації, а також координувати рятувальні операції. Безпілотники, які оснащені інфрачервоними датчиками, можуть виявляти теплові сліди живих істот під уламками, що дозволяє рятувальним командам ефективніше знаходити тих, хто потребує допомоги. Крім того, вони можуть доставляти медичне обладнання, їжу та інші предмети першої необхідності або оцінювати збитки та визначати райони, які потребують допомоги.

Роботизоване виявлення вторгень

Роботизовані системи можуть бути програмовані для автоматичного реагування на виявлені вторгання або для надсилання сповіщень та сигналів для дальшого аналізу та обробки людським оператором. Цей підхід може застосовуватися в різних областях, включаючи безпеку, виробництво, медицину та інші.

У разі вторгнення дані з аерозйомки також можуть служити доказом. Відеозапис не лише транслюється, але й документується, забезпечуючи автентичний і чіткий запис для підтвердження страхових претензій. Інтегруючи інновації у сферу виявлення вторгнень, наша система пропонує роботизоване виявлення вторгнень. Сповіщення розумно надсилаються лише після виявлення людей і транспортних засобів-зловмисників. Цей стратегічний підхід гарантує, що сповіщення є вчасними та ефективними, підвищуючи ефективність та результативність заходів служби безпеки [7].

Для віддаленого моніторингу та з метою розширення зони покриття для



нападу на об'єкти системи захисту інформації та кіберзлочинності використовуються сучасні безпілотні літальні апарати. Мультироторні БПЛА особливо популярні через їхню конструкцію та мобільність, яка дозволяє їм маневрувати та виконувати складні завдання як у лісі, так і біля будівлі. Вони можуть бути автономними і керуватися без втручання оператора.

Навігаційні системи позиціонування БПЛА

Варто відзначити, що класичні системи навігації та позиціонування, такі як супутникова навігація, не працюють у приміщеннях. Рівень сигналу зв'язку через бетонні та металеві конструкції для літальних апаратів є слабким.

У зв'язку з цим використовуються локальні радіонавігаційні системи, оптико-променеві системи або системи із застосуванням технічного зору. Щоб запобігти крадіжці даних, деякі БПЛА розроблено без зовнішніх приймачів сигналу. Слід зауважити, що цей підхід досить складний у реалізації, оскільки вимагає синхронної роботи модулів літального апарату та злагодженої роботи робототехнічного комплексу наземної станції. Це означає, що єдиним пристроєм, що буде періодично підключатися до БПЛА, є наземна док-станція. Це полегшує захист з точки зору кібербезпеки даних. Вибір правильного програмного забезпечення (ПЗ) для системи моніторингу є важливим аспектом з точки зору кібербезпеки. [8].

Якщо відсутня карта простору, і можуть зустрітися перешкоди на шляху літального апарату, такі як люди, автомобілі та інші об'єкти інфраструктури, необхідно оснастити літальний апарат спеціальними пристроями для виявлення таких перешкод.

Наприклад, можна встановити ультразвукові і лазерні далекоміри або стереокамери, які дозволяють локалізувати об'єкти на шляху руху та побудувати карту приміщення або навколишнього середовища. Якщо мова йде про моніторинг складів, то фотоапарат літального апарату також може бути оснащений спеціальним сканером QR-кодів для здійснення перевірки та інвентаризації продукції та товарів, які зберігаються у складському приміщенні.

Враховуючи обставини, що всередині приміщення може бути відсутнє освітлення, необхідно оснастити літальний апарат спеціальними прожекторами або встановити датчики, робота яких не залежить від рівня освітлення, для орієнтації всередині приміщення. Для побудови карти простору в невідомому середовищі необхідно використовувати алгоритми на основі просторових вимірювань датчиків для моніторингу приміщення. Апарат має прокладати оптимальний маршрут, враховуючи обмеження часу польоту через рівень заряду батареї.

Розробка рішень з модернізації БПЛА проводиться за допомогою імітаційного моделювання, де алгоритми польоту спочатку тестуються в симуляторі, а потім застосовуються на реальному апараті.

Мультироторні літальні апарати є найвідомішими БПЛА. Силкові компоненти цих апаратів включають двигун, пропелер та привід, які працюють разом, щоб забезпечити підйом та рух апарата у повітрі. Для ефективного керування силовими компонентами існують системи керування, контролери та регулятори. Ці пристрої дозволяють контролювати кутову швидкість двигунів та



положення приводу, що забезпечує стабільну та точну роботу літального апарату.

Компоненти безпілотного літального апарату:

1. *Приймач та передавач сигналів радіоуправління*
2. *Автопілот БПЛА*
3. *Регулятори обертів*
4. *Електродвигуни*
5. *Повітряні гвинти, аеродинамічні поверхні*
6. *Приводи та виконавчі механізми*
7. *Корисне навантаження*
8. *Навігаційне обладнання*
9. *Одноплатний комп'ютер*
10. *Системи електроживлення*
11. *Акумуляторна батарея (АКБ)*

На борту БПЛА знаходиться велика кількість приладів, для яких потрібне електричне живлення. Ось деякі основні компоненти і системи живлення, які можуть бути використані на борту БПЛА:

- Стабілізатори напруги: Вони використовуються для забезпечення стабільної напруги живлення для різних електронних пристроїв на борту. Вони можуть забезпечувати захист від перенапруги та регулювати напругу від акумуляторів.
- Акумуляторні батареї (АКБ): Це джерело живлення, яке надає енергію для всіх систем на борту БПЛА. Зазвичай використовуються літій-полімерні або літій-іонні акумулятори через їх високу енергетичну щільність та низьку вагу.
- Плати живлення: Ці плати відповідають за розподіл та контроль електричної -потужності до різних підсистем на борту, забезпечуючи правильне живлення кожного пристрою.
- Системи зв'язку і передачі інформації телеметрії: Ці системи включають радіо зв'язок, супутникову зв'язок, а також можуть використовувати Wi-Fi, Bluetooth або інші бездротові технології для передачі даних між БПЛА та земною станцією або оператором.

Автопілот - це пристрій, який дозволяє керувати БПЛА, і дозволяє абстрагуватись оператору від прямого керування силовою установкою. Автопілот може приймати команди від оператора або виконувати програмовані місії, розроблені заздалегідь. Задавши параметри траєкторії, автопілот самостійно передає команди керування приводами двигуна.

Автопілот використовується для контролю положення, висоти, швидкості та інших параметрів польоту, дозволяючи БПЛА виконувати різноманітні завдання без прямого втручання оператора. Алгоритми автопілота можуть бути налаштовані відповідно до конкретних потреб та умов польоту.

Для проходження БПЛА траєкторії польоту, автопілот вирішує навігаційне завдання, в яке постійно надходять свідчення з різних датчиків та навігаційних приладів. Автопілот вирішує навігаційні завдання, обробляючи інформацію з різних датчиків та навігаційних систем. Ось деякі з них:



- 1) Глобальна супутникова система (ГНСС): Найпоширенішою є система GPS (Global Positioning System), а також GLONASS, Galileo та інші. Ці системи використовують супутники, щоб надавати точні координати місця розташування БПЛА.
- 2) Інерційна навігаційна система (ІНС): Ця система вимірює зміни швидкості та орієнтації БПЛА за допомогою гіроскопів та акселерометрів. Вона здатна надавати навігаційні дані, незалежно від супутникового зв'язку.
- 3) Локальна навігаційна система: Це можуть бути системи, які використовують місцеві засоби, такі як маяки, радіолокаційні станції або земляні маркери, для визначення місця розташування.
- 4) Інші системи: Сюди можуть входити системи комп'ютерного зору, які використовують камери для визначення положення та орієнтації БПЛА, а також системи, що використовують радіо- або акустичний сигнали для навігації.

Для організації двостороннього каналу зв'язку, при передачі інформації існують два популярні способи управління літальним апаратом:

- коли оператор використовує спеціальну радіоапаратуру - пульт управління. Пульт управління містить різні елементи керування, такі як джойстики, тумблери або кнопки, за допомогою яких оператор може відправляти команди літальному апарату. Ці команди передаються через радіоканал від пульта до передавача, який встановлений на борту БПЛА. Приймач на борту літального апарату отримує ці команди та передає їх автопілоту або іншим системам керування, що відповідають за рухи літального апарату.
- Управління на борту БПЛА, з якого здійснюється робота самого автопілота, його алгоритмів з обробки показань датчиків.

Автопілот - це пристрій, який має багато різноманітних входів та виходів. На його платі можуть бути підключені різні датчики та пристрої для забезпечення точної навігації та керування. Наприклад, до нього можуть бути підключені приймачі ГНСС (глобальної навігаційної супутникової системи), радіо, далекоміри, ультразвукові системи, а також передавачі та приймачі. ГНСС - це система, призначена для визначення місцезнаходження земних, водних та повітряних об'єктів, а також космічних апаратів у низькій орбіті. Крім того, вона дозволяє визначити швидкість та напрямок руху приймача сигналу, а також отримувати точний час. Такі системи складаються з космічного обладнання та наземного сегмента, що включає системи управління.

Одноплатні комп'ютери виконують завдання, які зазвичай потребують обробки в реальному часі, відмінності від мікроконтролерів, які використовуються для автопілотів. Завдання для цих комп'ютерів часто виходять за межі простого управління польотом і мають більш глобальний характер. На одноплатних комп'ютерах можна встановити і запустити стандартні операційні системи, такі як Ubuntu, Free BSD або навіть Windows.

Одноплатні комп'ютери зазвичай мають значно більше обчислювальних ресурсів порівняно з мікроконтролерами, які використовуються у автопілотах, і оснащені спеціалізованими обчислювальними пристроями, такими як відеоприскорювачі, тендерні ядра та інші. Основними завданнями таких



комп'ютерів є побудова карт, обробка великого обсягу інформації з різних датчиків, наприклад, стереокамер та інших пристроїв. Багато сучасних одноплатних комп'ютерів також підтримують запуск нейронних мереж за допомогою спеціальних відеоприскорювачів.

Отже, одноплатний комп'ютер виконує функції управління траєкторією та симулює дії оператора всередині автономного безпілотного літального апарату. Такі комп'ютери надаються переважно від компаній NVIDIA, Raspberry Pi та Intel, хоча існують і інші рішення від різних виробників, які мають свої переваги.

Варто згадати, що всі компоненти нашого літального апарату закріплюються на спеціальній жорсткій конструкції. Такими конструкціями є рами, що є скелетом для кріплення всіх компонентів та пристроїв на літальному апараті. Рами бувають великі та маленькі, з різними характеристиками, із різноманітних матеріалів. Найбільш популярними матеріалами для multicopter є такі матеріали, як склотекстоліт та Carbon. Також часто використовуються деталі, виготовлені з пластику, які можуть бути вироблені на 3D принтері.

Основні датчики

Датчик - це пристрій, який здатний вимірювати різні параметри та перетворювати їх на сигнали, придатні для подальшого аналізу. Їх використання необхідне для визначення стану системи. Наприклад, для визначення положення та орієнтації безпілотного літального апарату у просторі, вимірювання відстані до навколишніх об'єктів та інших параметрів. В автономних безпілотних літальних апаратах найпоширеніші датчики, які вимірюють прискорення, кутову швидкість, вектор магнітного поля та інші параметри для визначення положення та орієнтації.

Основні датчики та пристрої, які використовуються в навігаційних системах безпілотних літальних апаратів, включають:

- Камери: Використовуються для збору візуальної інформації про навколишнє середовище та визначення положення літального апарату.
- Фотодатчики: Вимірюють світлові параметри, такі як освітленість, для корекції орієнтації апарату.
- Барометри, гіроскопи, магнітометри: Використовуються для вимірювання атмосферного тиску, кутової швидкості та магнітного поля для визначення положення та орієнтації апарату.
- Ультрозвукові далекоміри: Вимірюють відстань до навколишніх об'єктів за допомогою -високочастотних звукових хвиль.
- Лазерні далекоміри та лідари: Використовуються для точного вимірювання відстаней та створення тривимірних моделей оточуючого простору.
- ГНСС приймачі та системи диференціальної корекції: Використовуються для отримання глобальної інформації про місцезнаходження апарату з використанням супутникових сигналів, а системи диференціальної корекції покращують точність цих вимірювань.

Також існує класифікація датчиків за їхньою дією. Окрім перелічених раніше, існують оптичні, ємнісні та потенціометричні датчики. Спеціальні метричні системи використовуються для вимірювання висоти над поверхнею або



відстані до навколишніх об'єктів. До них відносяться лазерні, ультразвукові та радіо далекоміри, а також системи на основі Stereo Camera. За допомогою Stereo Camera можна отримати об'ємні дані про навколишні об'єкти, що дозволяє отримувати інформацію про глибину. Лідари, що представляють собою лазерні далекоміри з обертовою головкою, широко використовуються для отримання вимірювань дальності до об'єктів. Хоча вони досить дорогі, але часто замінюються комплексами стерео камер, що дозволяє знизити вартість системи і в деяких випадках досягти навіть більшої точності. Водночас монокулярні камери та фотодатчики є необхідною складовою будь-яких систем технічного зору.

Завдання навігації

Навігація використовується для визначення місцезнаходження, орієнтації та швидкості літального апарату. Це важлива складова в управлінні та контролі за рухом літальних апаратів. Глобальні супутникові навігаційні системи надають можливість точного визначення географічного положення в реальному часі. Навігація також забезпечує формування векторів стану швидкості, положення та орієнтації літального апарату в системах координат, а також бортової шкали часу.

Інерційна навігація є ще одним методом визначення положення літального апарату. Цей метод ґрунтується на внутрішніх датчиках, таких як гіроскопи та акселерометри, які вимірюють кутові швидкості та лінійні прискорення. Використовуючи математичні алгоритми, інерційна навігаційна система обробляє ці дані для визначення орієнтації, позиції та швидкості апарату. Вона працює незалежно від супутникових сигналів, що робить її корисною для автономних обчислень і автоматизації навігаційних процесів. Інерційні навігаційні системи складаються з трьох елементів:

- гіроскопи (визначення кутових швидкостей),
- акселерометри (визначення лінійного прискорення, що здається, виступають коректорами гіроскопів),
- високопродуктивний обчислювач з математичними алгоритмами (обчислення навігаційних завдань, обробка та фільтрація даних).

Принцип роботи радіонавігаційних систем

Радіонавігаційні системи працюють за принципом вимірювання відстані між літальним апаратом (БПЛА) і базовою станцією, яка надсилає спеціальний радіосигнал у простір. На борту БПЛА є приймач радіосигналів, так званий навігаційний приймач, який отримує ці сигнали. Основна мета - визначити час, за який сигнал подолає відстань від станції до приймача. Знаючи відстань від базової станції до навігаційного приймача, можна визначити положення БПЛА у просторі. Якщо базова станція нерухома, координати її відомі, і можна вирішити систему рівнянь для визначення координат БПЛА в просторі. Цей метод передбачає використання трьох рівнянь для визначення координат. Після синхронізації годинника система рівнянь розв'язується для визначення точного місцезнаходження літального апарату.

Супутникова навігація

Супутникова навігація використовує глобальну навігаційну супутникову



систему (GNSS), яка складається з різних угруповань супутників, таких як GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo, індійська та японська системи. Кожен супутник відправляє до приймача на літальному апараті спеціальний пакет даних, включаючи інформацію про свій номер, поточний час і стан апарату. Точність супутникових навігаційних систем зазвичай коливається від 1 до 10 метрів, в залежності від умов сузір'я супутників. Однак одним з недоліків цієї системи є низька частота оновлення даних: приймач може отримувати інформацію лише з частотою від 10 до 100 Гц, а супутникові апарати передають дані зі значно меншою частотою, приблизно 10 Гц. Для поліпшення точності роботи навігаційної системи можна використовувати контрольні станції, які коригують сигнал від супутників. Ці станції визначають помилку визначення положення літального апарату та транслюють на його борт спеціальні диференціальні поправки, що дозволяють досягти великої точності навігаційної системи.

Чинники, що впливають на точність визначення координат

За допомогою супутникових навігаційних систем в умовах міської інфраструктури велику складність представляє відображення сигналу ефекту багатопроменевості відбувається коли сигнал від супутника потрапляє на об'єкти міської інфраструктури, постійно відбивається від них, і при цьому проходить інший шлях, що відрізняється від прямої. Приймач не може зрозуміти, який із сигналів є вірним. За допомогою спеціальних систем, які використовують інерційну навігаційну систему, та розраховує ймовірність положення БПЛА, можна уникнути проблем від ефекту багатопроменеві.

Відомо що GNSS практично не працюють у приміщеннях, у зв'язку з тим, що сигнали просто не можуть дістатися до навігаційної апаратури, найчастіше через залізо і бетон. Тому всередині приміщення зазвичай можна розгорнути локальну радіо навігаційну систему. Найбільш точним варіантом систем позиціонування особливо у приміщенні є оптика, найкращі навігаційні системи використовують точність лазерних систем. Такі системи набули широкого поширення в індустрії кінематографа та при виробництві ігор. Прикладом такого пристрою є спеціальна базова станція, всередині якої розташований масив світлодіодних випромінювачів, що працюють в інфрачервоному діапазоні. Усередині базової станції розташовані спеціальні електродвигуни, які обертаються із заданою кутовою швидкістю, при цьому обертаючись, двигун усередині базової станції подібно до маяка, - випромінює світло в певному інфрачервоному діапазоні.

Коли світло потрапляє на поверхню фотодіода приймача, визначається положення БПЛА відносно базової станції. Після цього сигнал обробляється мікроконтролером, який програмно вибудовує графік інтенсивності сигналу від часу для визначення кутів системи навігації БПЛА. Застосовуючи тригонометричні вирази та розрахунки, отримують координати у просторі. Іншим варіантом навігації є використання ультразвукових маяків. Тут принцип роботи аналогічний: маяк випускає сигнал, який приймач реєструє, визначає час його проходження, а потім розраховує координати. Основною перевагою цієї системи є висока точність та стійкість до перешкод. Проте система може бути схильною до шуму та зовнішніх спотворень, що може вплинути на її точність.



На борту БПЛА, в модулі автопілота, може бути встановлений графічний мікропроцесор, який обробляє аналогове зображення та накладає на нього спеціальну телеметрію. Це дозволяє пілоту бачити стан апарата на зображенні, такий як кутова швидкість, положення, кількість супутників та інша корисна інформація. Для правильної роботи мікроконтролера необхідно точно виміряти час, для чого застосовується спеціальний кварцовий резонатор, розміщений на платі. Навігація за допомогою технічного зору використовує камери, які підключені до одноплатного комп'ютера за допомогою спеціального шлейфу - інтерфейсу. Система технічного зору забезпечує передачу даних про положення та орієнтацію літального апарату в просторі на борт, що дозволяє автопілоту отримати цю інформацію для точного управління, визначення координат і позиціонування в просторі за допомогою універсального асинхронно-послідовного порту.

Завдання пов'язані з координацією великої кількості апаратів

Для керування групою апаратів БПЛА, які виконують різні аеробатичні маневри, такі як мерехтіння світлодіодів для створення дивовижних картин в повітрі, необхідно створити програму управління для кожного апарата та провести передпольотні випробування. У процесі польоту апарати можуть формувати як прості геометричні фігури, так і складні анімації. Системи імітаційного моделювання дозволяють розрахувати всі траєкторії польоту, від зльоту до посадки, а також оцінити можливість виконання програми польоту з урахуванням характеристик апаратів та часу їхнього польоту.

У процесі польоту відстань між апаратами при побудові фігур може становити кілька десятків сантиметрів, тому важливо мати навігаційну систему з сантиметровою точністю. Для зльоту та посадки, коли точність навігаційної системи може бути недостатньою, апарати злітають невеликими групами. У приміщеннях для групового польоту можуть використовуватися спеціальні радіонавігаційні системи локального позиціонування, а також інші системи з подібним принципом роботи. Важливим аспектом є синхронізація групи апаратів між собою, для чого використовується тимчасова шкала навігаційного космічного апарату з дуже точним атомним годинником.

Рекомендації

Для підвищення захищеності від кібератак державних інформаційних ресурсів та об'єктів критичної інформаційної інфраструктури рекомендується:

1. Розвивати кадрове забезпечення та забезпечувати належний контроль за кіберзахистом на об'єктах критичної інформаційної інфраструктури. Це означає вивчення та впровадження новітніх технологій та методів захисту від кіберзагроз.

2. Встановлення конкретних вимог щодо систем фізичного захисту, оцінки вразливості об'єктів, ймовірності завдання шкоди, проведення перевірок систем фізичного захисту, комплексних систем захисту інформації та планів взаємодії.

3. Проводити заходи з перевірки обізнаності працівників щодо правил кібербезпеки та сучасних кіберзагроз. Це може включати тестування знань та навичок з кібербезпеки, а також навчальні матеріали та інструкції для персоналу, тощо [10].



4. Застосовувати новітні технології для автоматизації процесів моніторингу та розпізнавання небезпеки для об'єктів критичної інфраструктури [11].

5. Модернізувати систему зовнішньої безпеки та проводити періодичний аналіз стану великих комерційних, промислових і житлових об'єктів [12].

6. Проводити обстеження території підприємства аеророзвідкою для здійснення фотозйомки місцевості, замірів рівня випромінювання каналів зв'язку та замірів екологічних показників навколишнього середовища. Для моніторингу стаціонарних об'єктів зручно використовувати станції базування, які можуть заряджати акумулятор апарату, або проводити заміну АКБ після посадки та позиціонування БПЛА всередині станції. При польоті у приміщенні та групових польотах необхідно будувати карту місцевості та розраховувати маршрут із застосуванням імітаційного моделювання.

7. Застосовувати стаціонарні бази для обслуговування та зберігання БПЛА. Використовувати додаткові ретранслятори сигналів для більш точної навігації.

Висновки

Використання сучасних технологій для захисту об'єктів критичної інформаційної інфраструктури значно розширює можливості в сферах відстеження, моніторингу, автоматизації та удосконалення комплексних систем захисту і безпеки даних. Проведення аналізу інформації при моніторингу навколишнього середовища включає ідентифікацію потенційних загроз, визначення їх параметрів і рівня небезпеки, а також впровадження методів зменшення ризику та запобігання можливим проблемам, а також постійне відстеження стану ситуації. Це важлива стадія забезпечення безпеки інформаційних ресурсів.

Література:

1. Дівізінюк М., Мірошник О., Рижкін О., Бородіна Н., Рибка Є. Рішення граничних задач як спосіб оцінки ефективності управління надзвичайною ситуацією терористичного характеру на об'єкті критичної інфраструктури // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. 2017. Т 2 (34). С. 89 – 98.

2. Азаренко О., Гончаренко Ю., Лазаренко С., Ойганова М., Сиотенко О., Касаткіна Н., Качур Т. Математична модель виявлення небезпечних цілей на підходах до об'єктів критичної інфраструктури в складних гідрометеорологічних умовах і при наявності стаціонарних маскуючих перешкод // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. 2017. Т 2 (34). С. 99 – 107.

3. Скачек Л. М. ЦІННІСТЬ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ БЕЗПЕЦІ [Текст] / Л. М. Скачек. // Інформаційна безпека. – 200.333. – №0.33(9). – С. 0.3352–0.3354.

4. Гончаренко Є.О. Вибір підходу до оцінки ризиків інформаційної безпеки для підприємств роздрібною торгівлі: магістерська дисертація. Київ, 2019. 92 с.

5. Програмна платформа Drone Autonomy, розроблена для системних інтеграторів. URL: <https://www.flytbase.com/security-and-surveillance> (дата звернення: 22.03.2024).



6. Повітряна розвідка з безпілотником спостереження. URL: <https://www.deltaquad.com/vtol-drones-for/security-and-defence> (дата звернення: 23.03.2024).
7. Повітряна розвідка з безпілотником спостереження. URL: <https://www.nightingalesecurity.com> (дата звернення: 24.03.2024).
8. Безпека та критична інфраструктура. URL: <https://dronehub.ai/defence-security> (дата звернення: 26.03.2024).
9. Гришук Р., Охрімчук В. Постановка наукового завдання з розроблення шаблонів потенційно небезпечних кібератак // Безпека інформації. 2015, Т. 21. №3. С. 301-308.
10. Організаційні та правові аспекти забезпечення безпеки і стійкості критичної інфраструктури України: аналіт. доп. / Д. Г. Бобро, С. П. Іванюта, С. І. Кондратов, О. М. Суходоля. Київ : НІСД, 2019. 224 с. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2019-05/Допов_Suchodolya_print.pdf
11. Захист критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій / за заг. ред. П. Б. Волянського. Київ : НІСД, 2021. 375 с.
12. Автономний охоронний дрон. URL: <https://sunflower-labs.com> (дата звернення: 24.03.2024).

Abstract. *The article explores the importance and challenges of ensuring the security of critical information infrastructure (CII). It explains that this includes managing situations of emergency character, physical security systems, and the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) to enhance security. The technical aspects of security systems, such as radio navigation systems, navigation, and aerial reconnaissance systems, are described in detail. Practical recommendations are provided to enhance the protection of critical infrastructure objects from cyber attacks and other threats.*

Key words: *security, critical infrastructure, emergency management, unmanned aerial vehicles, radionavigation, cybersecurity.*