Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка

Факультет електроніки та комп’ютерних технологій

Курсова робота

“Алгоритм обробки зображень для виявлення та супроводження БПЛА”

Виконав:
студент групи ФЕІМ - 13с
Ліска Руслан
Перевірив:
доц. Малинич С. З.

ЗМІСТ

Вступ

1. Математичні основи алгоритмів обробки зображень

1.1 Теорія обробки зображень

1.2 Методи математичної обробки зображень

1.3 Опис та аналіз алгоритмів обробки зображень для виявлення та супроводження БПЛА

2. Розробка алгоритму обробки зображень для виявлення та супроводження БПЛА

2.1 Опис архітектури та функціоналу алгоритму

2.2 Опис реалізації алгоритму

Висновок

Список використаних джерел

Додатки

Вступ

На сьогодні відома велика кількість різноманітних типів безпілотних літальних апаратів (БПЛА), здатних виконувати широкий спектр корисних функцій, а з іншого боку, здатних створювати потенційну загрозу для різних сфер людської діяльності – господарської, побутової, та військової [1, 2]. Складність їх виявлення та спостереження за допомогою сучасних технічних засобів, а також відносно низька вартість дронів призвели до зростання безкарності та незаконного використання дронів [2-4]. Тому завдання захисту різноманітних об’єктів від безпілотників є одним із актуальних завдань сучасності.

Для виявлення, ідентифікації та вимірювання координат БПЛА сьогодні в основному використовуються радіолокаційні, акустичні, оптичні та інфрачервоні методи та засоби [4-18]. Проте добре розроблені методи виявлення енергії сигналу БПЛА в теорії та на практиці не показали достатньої ефективності. В результаті на практиці виявлення дронів реалізується як завдання «виявлення-розпізнавання» за наявності схожих об’єктів, тобто вирішення проблеми виявлення дронів супроводжується аналізом деяких додаткових ознак сигналу.

Можливість виявлення дрона залежить від рівня його видимості у видимому, інфрачервоному, радіочастотному та акустичному діапазонах. Сучасні малі дрони мають низьку видимість: вони виготовлені з композитних матеріалів, мають малу ефективну поверхню розсіювання (ЕПР) в радіодіапазоні, їх двигуни не нагріваються до високих температур і виділяють дуже мало тепла, а їхня робота має дуже низький власний рівень шуму. З метою підвищення вірогідності правильного виявлення БПЛА на фоні перешкод і точності вимірювання координат пропонується розробити систему

комплексної обробки електромагнітних сигналів різних спектральних діапазонів і акустичних коливань з метою реалізації розпізнавання БПЛА за сигналами різної категорії діапазонів. При цьому сигнали різних інформаційних каналів можуть оброблятися як незалежно, так і комбінуватися: у цьому випадку інформація, отримана на виході одного каналу, може використовуватися як індикатор цілі, а інший – для виявлення об’єктів. Інтеграція різних інформаційних каналів дозволяє точніше оцінювати координати та параметри руху, а також клас БПЛА порівняно з використанням одного каналу вимірювання.

У сучасних умовах зростають вимоги до захисту радіолокаційної техніки від перешкод, що зумовлено значним зростанням можливостей засобів повітряно-космічного нападу створювати перешкоди, зокрема збільшенням кількості та інтенсивності їх випромінювання, удосконаленням способи створення та застосування завад, поява нових джерел завад. Тому на сьогоднішній день безпілотні літальні апарати використовуються як активні шумозаглушувачі та безпілотники прикриття для радіоелектронної боротьби. Таким чином, радар виявлення БПЛА може відігравати роль в умовах маскування додаванням активного шуму та пасивних перешкод, тобто комбінованих перешкод. Проблема захисту радарів від таких перешкод є найскладнішою з усіх протидій.

Загалом оптимальна обробка сигналу для комбінованих перешкод передбачає сумісну просторово-часову обробку, яка не поділяється на окремі послідовно виконані просторову та часову обробку. Такий поділ можливий в окремих випадках, наприклад, при наявності зовнішньої перешкоди тільки одного типу (шумової або пасивної), і за умови, що величина PAR і ширина спектру сигналу не викликають затримок. Обхід сигналу при Діафрагма PAR.

Однак на практиці, в тому числі на вітчизняних РЛС, при комбінованому маскуванні перешкод використовується неоптимальна роздільна просторово-

часова обробка сигналу. При цьому перехід від оптимально сумісної просторово-часової обробки сигналу до субоптимальної обробки розносу супроводжується різними втратами ефективності, що погіршує тактико-технічні характеристики РЛС в умовах сумісних перешкод: завадостійкість, ймовірність виявлення та точність. Вимірювання координат цілі. Тому необхідно кількісно оцінити цю втрату та вирішити згадану вище проблему поділу сигналу через перехід до більш складної адаптивної сумісної просторово-часової обробки.

Сьогодні використовуються системи виявлення БПЛА з комплексною обробкою сигналів за заданими інформаційними каналами [2, 5-8], однак функціональні можливості комплексних систем та відповідні методи обробки сигналів недостатні для ефективності на практиці. Складні методи обробки сигналів будуються без урахування природного просторового ешелону різних інформаційних каналів і без використання ефективних цільових алгоритмів. Вони також певною мірою враховували ефект інтерференції.

Враховуючи збільшення кількості публікацій, присвячених розробці методів і систем виявлення та спостереження БПЛА на фоні різноманітних перешкод і різноманітних об’єктів, спрямованих на ефективне спостереження та протидію БПЛА, особливо малим БПЛА, проблема досі не має задовільного вирішення. Він складний і багатогранний і вимагає комплексного, системного підходу до його вирішення.

У NDR методи формування зображень у видимому та інфрачервоному діапазонах спектру розглядаються з системної точки зору, Методи прийому та обробки радіолокаційних та акустичних сигналів, що формуються БПЛА, характеристики радіолокаційних, акустичних, оптичних та інфрачервоних сигналів БПЛА. Розроблено ефективні методи виявлення та виявлення сигналів БПЛА на фоні перешкод, методи визначення просторових координат і параметрів руху шуканих об'єктів.

Значну увагу приділено синтезу нових ефективних методів комплексної обробки мультимодальних сигналів і зображень у складних системах спостереження БПЛА з урахуванням природного просторового ешелону різноманітних інформаційних каналів та використанням цілевказування.

1. Математичні основи алгоритмів обробки зображень

1.1 Теорія обробки зображень

Математичні основи алгоритмів обробки зображень базуються на теорії обробки сигналів та математичних методах для аналізу та моделювання образів.

Одним з головних понять у теорії обробки зображень є поняття пікселя, яке є найменшою одиницею зображення. Зображення може бути представлене як двовимірний масив пікселів, де кожен піксель містить значення яскравості, колірну інформацію та інші параметри.

Для обробки зображень застосовуються різноманітні алгоритми, такі як фільтри, сегментація, розпізнавання образів тощо. Фільтри дозволяють виконувати різноманітні операції з зображеннями, такі як розмивання, різкість, збільшення або зменшення розміру зображення. Сегментація дозволяє розділити зображення на окремі об'єкти, а розпізнавання образів дозволяє розпізнавати об'єкти на зображенні та виконувати класифікацію.

Для застосування алгоритмів обробки зображень необхідно мати розуміння математичних методів, таких як алгебра, теорія ймовірностей та статистика. Також важливо мати знання програмування та обробки даних, оскільки зображення зазвичай мають великий обсяг даних.

У сучасному світі обробка зображень широко використовується в різних галузях, таких як медицина, наука, промисловість, розваги та ін.

Теорія обробки зображень займається розробкою математичних методів та алгоритмів для аналізу та обробки зображень. Ця теорія включає в себе такі області як цифрова обробка зображень, комп'ютерний зір, розпізнавання образів, аналіз зображень, машинне навчання та інші.

Цифрова обробка зображень є основою теорії обробки зображень та включає в себе різноманітні методи та алгоритми для обробки цифрових зображень. Комп'ютерний зір досліджує, як комп'ютери можуть бачити та розуміти світ, а розпізнавання образів дозволяє комп'ютеру розпізнавати об'єкти на зображенні та класифікувати їх.

Аналіз зображень досліджує властивості зображень та розробляє методи для їх вимірювання та характеризації. Машинне навчання дозволяє автоматично вивчати та використовувати моделі для розпізнавання та аналізу зображень.

Теорія обробки зображень має багато застосувань у різних галузях. У медицині вона використовується для обробки зображень мозку, рентгенівських знімків та інших зображень, що допомагає лікарям діагностувати та лікувати пацієнтів. У промисловості вона використовується для контролю якості, розпізнавання деталей та вирішення інших задач. У розвагах вона використовується для створення спеціальних ефектів, розпізнавання облич та інших додатків.

Основні математичні поняття та методи, що використовуються у теорії обробки зображень, включають лінійну алгебру, теорію ймовірностей, математичну статистику, диференціальні рівняння, функціональний аналіз та інші.

У теорії обробки зображень використовуються різні математичні операції, такі як згладжування, фільтрація, морфологічні операції, сегментація та інші. Згладжування дозволяє зменшити шум на зображенні та згладити його, фільтрація дозволяє виділити різні деталі на зображенні та відкинути

зайві, морфологічні операції дозволяють виконувати операції над формами та розмірами об'єктів на зображенні, а сегментація дозволяє виділити окремі об'єкти на зображенні та розділити їх на окремі частини.

Також в теорії обробки зображень використовуються різні методи машинного навчання, такі як нейронні мережі, метод опорних векторів, байесові мережі та інші. Ці методи дозволяють автоматично визначати характеристики зображень та виконувати розпізнавання об'єктів на зображенні.

У загальному, теорія обробки зображень є досить складною та розгалуженою галуззю, що об'єднує в собі різноманітні математичні методи та алгоритми. Вона знаходить широке застосування у багатьох галузях та продовжує розвиватися з розвитком комп'ютерної техніки та програмного забезпечення.

Обробка зображень БПЛА (безпілотних літальних апаратів) базується на математичних основах обробки зображень, але має свої специфічні особливості, пов'язані зі специфікою зображень, отриманих з висоти.

Однією з основних задач обробки зображень БПЛА є визначення об'єктів на зображенні та їх характеристик. Для цього використовуються методи сегментації зображення, які дозволяють виділити окремі об'єкти на зображенні. Серед методів сегментації можна виділити багато різних алгоритмів, які використовують різні математичні підходи.

Для обробки зображень БПЛА також використовують фільтри зображень, які дозволяють виокремити певні ознаки на зображенні. До цих фільтрів можуть відноситися фільтри Гауса, Собеля та інші.

Окрім цього, для розв'язання задач обробки зображень БПЛА можуть використовуватися алгоритми машинного навчання, зокрема нейронні мережі. Вони дозволяють розв'язувати задачі класифікації, сегментації та інших задач обробки зображень, за допомогою навчання на великих наборах зображень.

Також важливою складовою обробки зображень БПЛА є геометрична корекція зображень, що дозволяє врахувати спотворення зображення, спричинені під кутом зйомки та зміщенням апарата.

Таким чином, математичні основи алгоритмів обробки зображень БПЛА базуються на методах сегментації, фільтрації та навчанні з використанням нейронних мереж, а також включають геометричну корекцію зображень.

Крім того, обробка зображень БПЛА вимагає використання алгоритмів для виявлення та відслідковування рухливих об'єктів на зображенні. Для цього можуть використовуватися алгоритми оптичного потоку, які дозволяють визначати напрямок та швидкість руху об'єктів на зображенні.

Для розв'язання задач обробки зображень БПЛА також використовуються методи обробки зображень в реальному часі. Це особливо важливо для задач навігації та пілотування БПЛА, коли рішення повинні бути прийняті миттєво.

Загалом, обробка зображень БПЛА є складною галуззю, яка поєднує в собі різноманітні методи та алгоритми обробки зображень зі специфічними особливостями, пов'язаними зі зйомкою з висоти та використанням БПЛА. Використання математичних методів та алгоритмів дозволяє ефективно вирішувати завдання обробки зображень БПЛА та отримувати точні результати.

Для розв'язання задач обробки зображень БПЛА можна використовувати різноманітні математичні методи та алгоритми, зокрема:

1. Фільтри згладжування та підсилення контрасту - ці фільтри дозволяють покращити якість зображення та зменшити шуми на зображенні.
2. Методи сегментації - ці методи дозволяють розділити зображення на окремі об'єкти, що спрощує подальшу обробку та аналіз.

3. Методи класифікації - ці методи дозволяють віднести окремі об'єкти на зображенні до певних категорій, що може бути корисним для аналізу та моніторингу.

4. Методи машинного навчання - ці методи дозволяють навчити комп'ютер розпізнавати певні об'єкти та патерни на зображенні.

5. Методи відслідковування об'єктів - ці методи дозволяють відстежувати рух об'єктів на зображенні та визначати їх швидкість та напрямок руху.

6. Методи реконструкції зображень - ці методи дозволяють відновлювати тривимірні зображення з двовимірних знімків та рентгенівських знімків.

Усі ці методи та алгоритми можуть бути застосовані для обробки зображень, отриманих від БПЛА. Завдяки їх використанню можна покращити якість зображень, відслідковувати рух об'єктів та виконувати інші завдання, пов'язані з обробкою зображень БПЛА.

1.2 Методи математичної обробки зображень

Методи математичної обробки зображень БПЛА (безпілотних літальних апаратів) використовуються для аналізу та обробки зображень, отриманих від дронів, що дозволяє отримувати цінну інформацію для багатьох різних застосувань, таких як картографія, агрономія, охорона довкілля, моніторинг лісів та різноманітних інженерних споруд, виявлення експлуатаційних несправностей та т.д.

Основні методи математичної обробки зображень БПЛА включають:

1. Фільтрацію зображень: цей метод дозволяє покращити якість зображень, видаливши шуми та інші артефакти. Зазвичай використовуються такі фільтри, як медіанний фільтр, фільтр Гаусса та інші.

2. Сегментацію зображень: цей метод дозволяє розділити зображення на окремі об'єкти, що дозволяє виконувати подальші аналізи та обробки, наприклад, виявлення певних ознак на зображенні або розпізнавання об'єктів.

3. Розпізнавання образів: цей метод дозволяє автоматично визначати певні об'єкти на зображеннях, наприклад, автомобілі, будівлі, дерева тощо. Для цього використовуються методи машинного навчання, зокрема, нейронні мережі.

4. Реконструкцію 3D-моделей: цей метод дозволяє побудувати 3D-моделі об'єктів, що дозволяє отримувати більш детальну інформацію про об'єкти та їхнє оточення.

5. Супровід об'єктів: цей метод дозволяє відстежувати рухи об'єктів на зображеннях, що може бути корисно для виявлення певних подій або моніторингу об'єктів в режимі реального часу.

6. Аналіз спектральних характеристик зображень: цей метод дозволяє аналізувати спектральні характеристики зображень, наприклад, рівень відбивання світла, що дозволяє отримати інформацію про характеристики поверхні об'єктів, таких як їхній склад, текстуру та інші.

Усі ці методи можуть застосовуватися окремо або в поєднанні між собою для отримання більш детальної інформації про об'єкти та їхнє оточення на зображеннях, отриманих від БПЛА.

Крім того, існують інші методи математичної обробки зображень БПЛА, які можуть використовуватися для різних задач. Наприклад:

7. Розпізнавання тексту: цей метод дозволяє автоматично розпізнавати текст на зображеннях, що може бути корисно для аналізу документів або рекламних матеріалів, що знаходяться на будівлях або транспорті.

8. Виявлення об'єктів на основі термальних зображень: цей метод дозволяє виявляти об'єкти на зображеннях, які є термальними, тобто отримані за допомогою інфрачервоних камер. Це може бути корисно для виявлення людей або тварин в густому лісі або під час пошуку загиблих під час рятувальних операцій.

9. Визначення глибини зображення: цей метод дозволяє визначити глибину об'єктів на зображенні, що дозволяє побудувати 3D-моделі об'єктів та їхнього оточення.

10. Розпізнавання емоцій: цей метод дозволяє розпізнавати емоції людей на зображеннях, що може бути корисно для аналізу рекламних матеріалів або відео з моніторингу безпеки.

Застосування методів математичної обробки зображень БПЛА дозволяє отримати цінну інформацію для багатьох різних застосувань та значно полегшує роботу людей, які займаються аналізом та обробкою зображень

Методи математичної обробки зображень - це сукупність математичних технік та алгоритмів, які застосовуються для аналізу, обробки та розпізнавання зображень. Вони використовуються в багатьох галузях, таких як медицина, наука про матеріали, автоматичне розпізнавання образів, розвідка та багато інших.

Основні методи математичної обробки зображень включають наступні:

1. Фільтрація: це процес відфільтрування шумів або нежаданих деталей з зображення. Для цього використовуються різні типи фільтрів, такі як фільтр Гаусса, медіанний фільтр, фільтр Собеля тощо.

2. Морфологічна обробка: це процес виявлення та модифікації форми об'єктів на зображенні. Для цього використовуються операції, такі як розширення, звуження, відкриття та закриття.

3. Розпізнавання образів: це процес ідентифікації та класифікації об'єктів на зображенні. Для цього використовуються методи, такі як нейронні мережі, метод опорних векторів та байесовські класифікатори.

4. Комп'ютерне зорове сприйняття: це процес аналізу та інтерпретації зображення з точки зору людського сприйняття. Для цього використовуються методи, такі як сегментація зображення, визначення контурів та векторів ознак.

Ці методи можуть бути застосовані окремо або в комбінації для досягнення бажаного результату в обробці зображень.

5. Сегментація зображень: це процес розділення зображення на окремі частини або об'єкти. Для цього використовуються методи, такі як порогова сегментація, регіональна сегментація та сегментація на основі кластерів.

6. Реконструкція зображень: це процес відновлення вихідного зображення з його частин або неповних даних. Для цього використовуються методи, такі як інтерполяція, екстраполяція та реконструкція на основі нейронних мереж.

7. Аналіз текстури: це процес визначення характеристик текстури на зображенні. Для цього використовуються методи, такі як градієнтний аналіз, гістограмна аналіз та вейвлет-аналіз.

8. Обробка кольорових зображень: це процес обробки зображень, що містять кольорову інформацію. Для цього використовуються методи, такі як перетворення кольорового простору, балансування кольорів, збільшення насиченості та інші.

9. Відстеження об'єктів: це процес відслідковування рухомих об'єктів на зображенні. Для цього використовуються методи, такі як метод оптичного потоку, адаптивний калманівський фільтр та інші.

10. 3D-обробка зображень: це процес обробки тривимірних зображень, таких як зображення зі скануванням мозку, томографія та інші. Для цього використовуються методи, такі як візуалізація, сегментація, реконструкція та аналіз.

Ці методи математичної обробки зображень є важливим інструментом для аналізу та обробки зображень в багатьох галузях науки і технології, і дозволяють отримувати важливу інформацію для подальшого використання у наукових дослідженнях, медицині, промисловості, розвідці, розвагах та інших сферах.

Наприклад, в медицині методи обробки зображень використовуються для діагностики та моніторингу захворювань, розробки нових методів лікування та профілактики. В промисловості методи обробки зображень застосовуються для якісного контролю виробництва, автоматизації процесів та оптимізації виробництва. У розвідці методи обробки зображень допомагають аналізувати зображення супутників та забезпечувати більш точну інформацію для різних цілей. У розвагах методи обробки зображень використовуються для створення візуальних ефектів, комп'ютерної анімації та віртуальної реальності.

Отже, методи математичної обробки зображень мають великий потенціал у багатьох галузях і використовуються для різних цілей, що робить їх важливим інструментом в наукових дослідженнях та реальних додатках.

1.3 Опис та аналіз алгоритмів обробки зображень для виявлення та супроводження БПЛА

БПЛА (безпілотні повітряні апарати) є все більш поширеними в дослідженнях та практичних застосуваннях, таких як нагляд за територіями,

пошук та рятування, дослідження довкілля та багато іншого. Зображення, отримані з БПЛА, можуть бути оброблені та аналізовані з використанням алгоритмів обробки зображень для виявлення та супроводження БПЛА. У цій відповіді ми розглянемо кілька таких алгоритмів.

1. Алгоритми виявлення контуру: Алгоритми виявлення контуру можуть бути використані для виявлення форми БПЛА на зображенні. Ці алгоритми можуть базуватися на використанні фільтрів, наприклад, фільтр Собеля, щоб виділити різницю між світлими та темними пікселями. Результатом є зображення з контурами БПЛА, які можна використовувати для подальшого аналізу.

2. Алгоритми виявлення руху: Ці алгоритми використовуються для виявлення руху БПЛА на зображенні. Це можна зробити, порівнюючи дві або більше послідовні фотографії. Якщо зміна між двома фотографіями велика, можна вважати, що БПЛА рухається. Ці алгоритми можуть використовуватися для виявлення шляху руху БПЛА та його швидкості.

3. Алгоритми виявлення об'єктів: Ці алгоритми використовуються для виявлення об'єктів на зображенні, наприклад, людей, транспортних засобів, будівель тощо. Це може бути корисним для визначення контексту, в якому БПЛА працює.

4. Алгоритми відстеження об'єктів: Ці алгоритми використовуються для відстеження об'єктів на зображенні та їх руху. Це може бути корисним для відстеження БПЛА, якщо він має рухатися вздовж певної траєкторії. Алгоритми відстеження можуть використовувати різні методи, такі як метод опорних точок, метод калмана тощо.

5. Алгоритми класифікації зображень: Ці алгоритми використовуються для класифікації об'єктів на зображенні в певні категорії, такі як люди, автомобілі, будівлі тощо. Це може бути корисним для

відокремлення БПЛА від інших об'єктів на зображенні та визначення його контексту.

6. Алгоритми виявлення аномалій: Ці алгоритми використовуються для виявлення аномалій на зображенні, таких як несподівані рухи або незвичайний збір даних. Це може бути корисним для виявлення проблем з БПЛА та забезпечення безпеки під час його роботи.

Враховуючи зростаючу популярність БПЛА та зростаючі можливості в області обробки зображень, алгоритми виявлення та супроводження БПЛА стають все більш складними та точними. Розвиток цих алгоритмів може відкривати нові можливості для використання БПЛА в різних галузях, таких як безпека, моніторинг довкілля та дослідження.

Для рішення задач автоматичного виявлення та супроводження маневруючих БПЛА застосовуються різні методи супроводження цілей в системах відеоспостереження. Інколи, деякі методи використовуються сумісно, утворюючи комбіновані системи відеоспостереження.

Основним фактором, який відповідає за обробку відеоінформації, виявлення мети та формування помилки супроводу в ОЕС, являється телевізійний автомат (ТА). При сталому супроводі об’єкту ТА виробляє ознаку автоматичного слідкування. Затулення об'єкта, а також різка зміна контрасту та розміру значно ускладнюють його супровід і часто ведуть до його втрати, або до переключення на супровід іншого об'єкта. За відсутності оптичного зв'язку з об'єктом або для виключення перемикання на інший об'єкт ТА перетворюється на режим інерційного супроводу і перестає виробляти помилку супроводу.

Для покращення якості автоматичного слідкування можна скористатися такими методами:

- поліпшити ТА в частині алгоритмів розпізнавання об'єктів спостереження для більш стійкого режиму автоматичного слідкування;

 модернізувати алгоритми супроводу у частині прогнозування координат у режимі власної інерції.

Існує ряд алгоритмів виявлення об'єктів, кожен з яких має свої плюси і мінуси. Розглянемо основні такі алгоритми.

1. Алгоритм на основі виділення динамічних змін (просторово-тимчасова фільтрація) має високу ефективність при стеженні за об'єктом, що рухається, на однорідному або неоднорідному тлі.

При аналізі шуму на зображеннях виділяють просторовий і тимчасові шуми.

Просторовий шум проявляється спотворенням зображення у межах одного кадру.

Тимчасовий шум виникає при формуванні відеопослідовностей через випадковий або невипадковий зміни просторового шуму у кількох кадрах.

Тому, виходячи з виду шуму, застосовують просторові або тимчасові фільтри придушення або використовують поєднання просторового та тимчасового методів фільтрації.

Для фільтрації у часовій області використовуються:

 метод усереднення між сусідніми кадрами;

 медіанний фільтр;

 фільтр-ящик;

 Біномінальний фільтр.

Для просторової фільтрації використовують такі методи як:

 низькочастотна просторова фільтрація;

 високочастотна просторова фільтрація (у тому числі і адаптивна);

 Лінійне усереднення за значеннями яскравості сусідніх пікселів.

2. Алгоритм на основі просторової фільтрації (лінійна та нелінійна просторова фільтрація) має високу ефективність під час роботи на тлі ясного або хмарного неба.

Кожен із наведених вище алгоритмів використовується у конкретній ситуації. Але не існує одного узагальненого алгоритму, який може впоратися з усіма завданнями одразу. Тому під завданням об'єднання результатів розумітимемо термін – комплексування.

Комплексування – це паралельне або послідовне використання відразу кількох алгоритмів виявлення та вимірювання координат з метою підвищення надійності та точності системи спостереження.

При цьому комплексування дозволяє супроводжувати об'єкт як в одному спектральному діапазоні, так і в декількох спектральних діапазонах. Підходи до комплексування алгоритмів обробки зображень, одержуваних одним датчиком, можна умовно поділити на дві групи:

- об'єднання;
- комбінування.

У ході дослідження проблем виявлення та супроводження об'єктів в оптичному діапазоні було виявлено, що перспективними напрямками розвитку алгоритмічного забезпечення ОЕС є:

- аналіз та прийняття рішень про працездатність алгоритмів виявлення та оцінки параметрів об'єктів;
- розробка алгоритмів на основі комплексування різноспектральної інформації;
- розробка обчислювально ефективних структурних алгоритмів виявлення та оцінки параметрів об'єктів.

Також існує ряд факторів, що істотно впливають на якість обробки сигналів:

- природні (хмари, дощ, туман, піщані бурі);
- апаратні (дії апаратури, помилки квантування при
- перетворення аналогового сигналу на цифрову форму, похибки
- корекції зображення);

 організовані (теплові, димові, лазерні та ін.).

Комплексування алгоритмів з виявлення та вимірювання координат об'єктів дозволяє впоратися з цими завданнями незалежно кожному спектральному каналі, а потім об'єднати результати для збільшення якості виявлення, супроводу та формування координат руху об'єкта, що спостерігається. Виходячи з цих міркувань, проведено аналіз світового досвіду області цифрової обробки зображень. Систематизація цих даних дозволяє розділити їх на такі великі групи.

1. Алгоритми попередньої обробки та покращення якості зображень.

1.1. Алгоритми шумоподавлення (виділення сигналу і натомість шумів).

1.2. Алгоритми корекції (колірної, яскравості та ін).

1.3. Алгоритми мультиспектрального комплексування.

2. Алгоритми фільтрації та просторового аналізу.

2.1. Алгоритми текстурного аналізу та сегментації.

2.2. Алгоритми виділення меж та контурів об'єктів.

2.3. Морфологічні алгоритми фільтрації та виділення об'єктів.

2.4. Алгоритми бінаризації (відділення об'єктів інтересу від фону).

2.5. Алгоритми стереограмметрії та стереоскопічні алгоритми.

3. Алгоритми автоматичного виявлення та розпізнавання об'єктів. Алгоритми автосупроводу об'єктів.

3.1. Кореляційно-екстремальні алгоритми.

3.2. Нейросетельні алгоритми.

3.3. Ознакові та текстурні алгоритми.

3.4. Лінгвістичні алгоритми.

Ця класифікація хоч і не повністю охоплює весь спектр алгоритмів, тим не менш, дозволяє сформувати базовий набір алгоритмів, що застосовується при вирішенні широкого кола технічних задач зору. Цей набір був взятий за

основу при проектуванні та розробці комплексу універсального алгоритмічного забезпечення.

В результаті розробки комплексу були досліджені та включені до його складу, а також реалізовані мовами програмування C/C++ наступні алгоритми інтелектуальної обробки зображень.

1. Алгоритми попередньої обробки та покращення якості зображень.

1.1. Алгоритм медіанної фільтрації.

1.2. Алгоритми колірної та яскраво-контрастнісної корекції в колірному просторі Y Cb Cr.

1.3. Алгоритми підвищення чіткості зображення.

1.4. Алгоритм інформаційного поєднання різноканальних зображень.

2. Алгоритми фільтрації та просторового аналізу.

2.1. Алгоритм текстурного аналізу з використанням локальних бінарних патернів [7].

2.2. Алгоритми виділення кордонів з використанням дискретних диференціальних операторів (Собеля, Превітта, Робертса та ін.).

2.3. Алгоритми бінаризації зображення за градієнтом яскравості зображенні

[8, 9], на основі аналізу локальних контрастів, на основі аналізу гістограми зображення.

2.4. Алгоритми морфологічного фільтрування зображень.

2.5. Алгоритми пошуку та виділення об'єктів по зв'язності на бінарному зображенні.

3. Алгоритми автоматичного виявлення та розпізнавання об'єктів. Алгоритми автосупроводу об'єктів.

3.1. Алгоритм класичної крос-кореляції (розпізнавання та автосупровід).

3.2. Алгоритм фазової крос-кореляції (розпізнавання та автосупровід).

3.3. Алгоритм із застосуванням штучної нейронної мережі прямого поширення.

3.4. Алгоритм автоматичного виявлення та автосупроводу об'єктів.

2. Алгоритм обробки зображень для виявлення та супроводження БПЛА

2.1 Опис архітектури та функціоналу алгоритму

Архітектура алгоритму обробки зображень для виявлення та супроводження безпілотних літальних апаратів (БПЛА) може бути побудована на основі нейронних мереж. В такій архітектурі використовуються згорточні нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN) та рекурентні нейронні мережі (Recurrent Neural Networks, RNN).

Функціонал алгоритму включає наступні етапи:

1. Обробка зображень - зчитування та попередня обробка зображень з камер БПЛА для підготовки до подальшої обробки.
2. Виявлення об'єктів - використання згорточної нейронної мережі для виявлення об'єктів на зображеннях. Це дозволяє БПЛА автоматично виявляти різні об'єкти, наприклад, транспортні засоби, будівлі, лінії електропередачі та інші.
3. Сегментація зображень - застосування згорточної нейронної мережі для сегментації зображень на окремі області, що дозволяє відрізняти об'єкти один від одного.
4. Відстеження об'єктів - використання рекурентної нейронної мережі для відстеження руху об'єктів на зображеннях. Це дозволяє БПЛА відстежувати об'єкти та виявляти зміну їх розташування.
5. Розпізнавання об'єктів - використання сверточної нейронної мережі для розпізнавання об'єктів на зображеннях. Це дозволяє БПЛА

автоматично розпізнавати різні об'єкти та робити висновки про їх характеристики.

6. Планування маршруту - на основі отриманої інформації про об'єкти та їх характеристики, а також їх розташування, алгоритм може здійснювати планування маршруту для БПЛА. Наприклад, якщо об'єкти розташовані на певній відстані один від одного, алгоритм може встановити оптимальний маршрут для БПЛА з урахуванням цих параметрів.

7. Керування БПЛА - на основі отриманої інформації та планування маршруту алгоритм може здійснювати керування БПЛА. Наприклад, встановлювати швидкість польоту, кут нахилу камери та інші параметри.

Отже, алгоритм обробки зображень для виявлення та супроводження БПЛА забезпечує автоматизоване виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів на зображеннях, а також планування маршруту та керування БПЛА. Це може бути корисно для відповідних застосувань, таких як дистанційне зондування, картографування, дослідження дикої природи, контроль лісів та інших ділянок.

Архітектура БПЛА (безпілотного повітряного апарату) складається з наступних компонентів:

1. Керуюча система - це програмне забезпечення, яке відповідає за керування польотом БПЛА. Це зазвичай включає в себе планування маршруту, навігацію та виконання задач, вказаних оператором або заданих автоматично.

2. Система спостереження - це система, яка відповідає за збір даних з різних датчиків, що встановлені на БПЛА. Ці датчики можуть бути використані для вимірювання висоти, швидкості, орієнтації, температури, вологості, тиску і т.д.

3. Система комунікацій - це система, яка дозволяє БПЛА зв'язуватися з оператором або іншими БПЛА. Це може включати радіо-або супутникову зв'язок, щоб передавати дані та отримувати команди.

4. Енергетична система - це система, яка забезпечує електроенергію для роботи всіх компонентів БПЛА. Це може включати акумулятори, генератори або сонячні панелі.

5. Система стабілізації - це система, яка відповідає за збереження стабільної польотної поведінки БПЛА. Це може включати використання гіроскопів, акселерометрів та інших датчиків.

6. Пристрій для зберігання даних - це система, яка дозволяє зберігати дані, зібрані в ході польоту, для подальшого аналізу.

7. Обчислювальна система - це система, яка виконує алгоритми та обчислювальні задачі, необхідні для керування БПЛА та аналізу даних, зібраних в ході польоту.

Алгоритм БПЛА включає в себе наступні функції:

1. Планування маршруту - ця функція відповідає за створення оптимального маршруту для БПЛА на основі вказівок оператора або заданих параметрів автоматично.

2. Навігація - ця функція відповідає за визначення місця розташування БПЛА на основі даних, зібраних з датчиків.

3. Виконання задач - ця функція відповідає за виконання завдань, що вказані оператором або задані автоматично. Це може включати фотографування, зйомку відео, збір даних, розвідку території та інші завдання.

4. Збір та передача даних - ця функція відповідає за збір даних з датчиків та їх передачу оператору або до центру обробки даних для подальшого аналізу.

5. Автономний режим - БПЛА може бути здатний до автономної роботи без оператора. В цьому випадку, алгоритм БПЛА включає функцію виявлення перешкод, уникнення їх та продовження польоту згідно з запрограмованим маршрутом.

6. Захист від вторгнень - БПЛА може бути вразливим до вторгнень або кібератак. Тому, алгоритм БПЛА повинен містити функції захисту від таких вторгнень, щоб забезпечити безпеку польоту та даних.

7. Діагностика та обслуговування - ця функція відповідає за діагностику та обслуговування БПЛА, включаючи перевірку стану датчиків, енергетичної системи та інших компонентів.

Оскільки область пошуку кінцева, найбільш очевидним методом мінімізації функції співвідношення блоків, являється повний перебір усіх значень аргументу.

Цей підхід має свої переваги та недоліки. Перевагою даного методу є гарантоване знаходження глобального мінімуму функції відповідності кожного блоку. Однак не у всіх додатках важливо знайти саме глобальний мінімум. У обробці відео критичне значення має визначення «істинних» векторів руху, незалежно від величини відповідних їм значень функції відповідності.

Очевидним недоліком є обчислювальна складність даного методу. Навіть у світлі високої потужності сучасних процесорів, повний перебір може бути неприйнятним для обробки в режимі реального часу у разі високої роздільної здатності відео та великої області пошуку.

Тому логічним продовженням алгоритму повного перебору є методи шаблонного пошуку.

Даний метод є дискретним варіантом покоординатного спуску.

Шаблоном являється набір координат точок, причому вони відраховуються від центру шаблону. Таким чином, для довільно заданої точки за шаблоном можна визначити набір координат кількох точок, число цих точок залежить від використаного шаблону.

Пошук вектору в кожному блоці, являється ітеративним процесом. На кожній ітерації обчислюється координата центру шаблону, координати всіх

точок шаблону, потім значення функції відповідності в кожній із точок шаблону.

Центр шаблону на першій ітерації називають центром пошуку, він зазвичай дорівнює (0, 0). В якості центру шаблону для наступної ітерації вибирається та точка шаблону, у якій було досягнуто мінімум функції відповідності. Потім перевіряються умови зупинки пошуку, та в залежності від результату здійснюється перехід до наступної ітерації, або завершення пошуку вектора у даному блоці. При цьому як результат вибирається вектор, що відповідає точці мінімуму функції відповідності на останньої ітерації.

Таким чином, даний алгоритм визначається використаним шаблоном. На практиці найчастіше використовують шаблони великого і малого ромбу, великий і малий квадрати, а також великий і малий хрести (див. рис.1)

Основним недоліком методів даного класу, являється їх схильність до знаходження локальних мінімумів функції відповідності, замість глобальних. У кожному блоці, як правило, вибирається вектор, що відповідає одній з найближчих до центру пошуку точок локального мінімуму функції відповідності, а зовсім не «істинному» руху чи його глобального мінімуму.

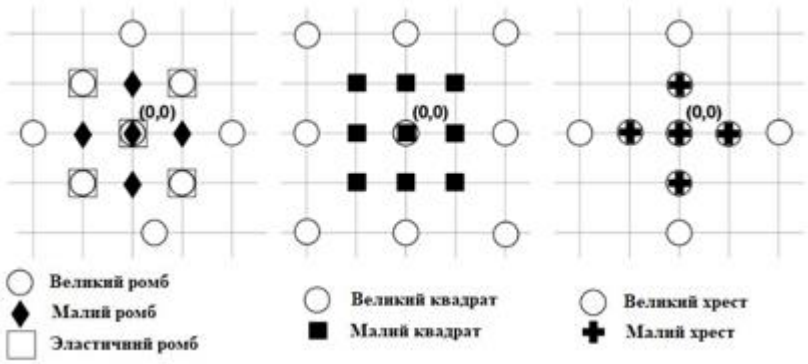

Рисунок 1 – Приклади шаблонів пошуку

Однак, у даного класу методів є істотна перевага: вони значно скорочують перебір можливих векторів руху, прискорюючи алгоритм.

У сучасних алгоритмах шаблонний пошук, в основному, використовується для фінального уточнення векторів, отриманих на попередніх кроках. При цьому на різних ітераціях можуть використовуватись, різні шаблони.

Суть алгоритмів даної групи полягає в наступному. Перед початком пошуку проводиться обчислення N-1 зменшених «копій» поточного та опорного кадрів, при цьому кожна наступна копія у 2n (n – натуральне число) разів менше попередньої (рис. 2) Пари кадрів однакового розміру називаються - рівнями, тобто на одному рівні опорний та поточний кадри будуть однакового розміру. Тоді всю безліч пар кадрів, можна уявити N рівнями. Пронумеруємо рівні відповідно до розміру кадрів, що містяться в них, від меншого до більшого: 1-й рівень міститиме кадри мінімального розміру, N-й – кадри вихідного розміру.

Процес оцінки руху складається з N ітерацій, на кожній з яких обробляється пара кадрів із рівня з відповідним номером, тобто обробка йде від кадрів меншого розміру до більшого. На кожній ітерації виконується оцінка руху, якимось з уже відомих методів, наприклад шаблонним пошуком. При цьому в якості початкової точки на кожній ітерації вибирається векторне поле отримане з попередньої ітерації. Іншими словами, кожна чергова ітерація здійснює уточнення векторів, обчислених на попередньої ітерації. При переході на чергову ітерацію розміри області пошуку та блоків, для яких оцінюються вектори, зазвичай збільшуються в 2n разів для того, щоб число блоків у кадрі на кожній ітерації не змінювалося.

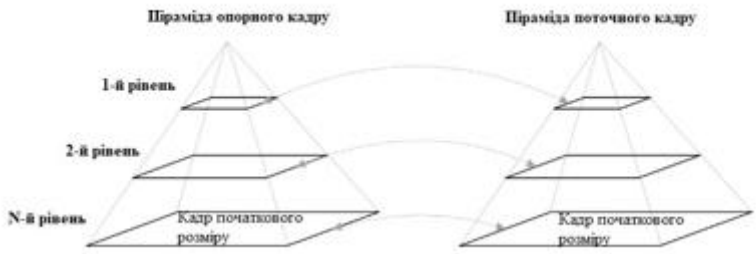

Рисунок 2 – Схема ієрархічних рівнів

Перевагою алгоритмів цієї групи, являється перебір скороченої кількості векторів, тобто підвищена обчислювальна ефективність. Однак ця перевага, нівелюється у разі використання постійного розміру блоків та областей пошуку при переході з одного рівня на інший. Тим не менш, є аргумент на користь того, щоб фіксувати розмір блоків та областей для всіх ітерацій.

Оскільки при фіксованому розмірі блоків підвищується стійкість векторів у гладких областях, так як ймовірність попадання контрастних деталей зростає разом із зростанням площі блоку. Для блоків з таких областей функція відповідності приймає дуже близькі (або навіть рівні, у разі абсолютно гладких областей) значення різних векторів руху, тобто ефективність використання її значень, як основний критерій вибору вектору зводиться до мінімуму. Підвищити ймовірність успішного знаходження вектору руху, дозволяє використання блоків більшого розміру, але це ефективно лише у випадках, коли розмір блоку більше розміру гладких областей. Повертаючись до ієрархічного підходу, можна сказати, що виконання оцінки руху при фіксованому розмір блоку на рівнях із зменшеними кадрами дозволяє підвищити можливість попадання в блок контрастних деталей (і тим самим збільшити ймовірність успішного

знаходження вектору) порівняно з випадком зміни розміру блоку під час переходу на наступний рівень.

Постійний розмір області пошуку дозволяє збільшити максимальну амплітуду векторів руху в порівнянні з випадком, коли розмір області пошуку зменшується вдвічі при переході на черговий рівень.

2.2 Опис реалізації алгоритму

Бортовий комплекс «Лелека» є повнофункціональним засобом навігації та керування безпілотним літальним апаратом (БПЛА) авіаційної програми. Комплекс забезпечує: визначення навігаційних параметрів, кута орієнтації та параметрів руху БПЛА (кутова швидкість і прискорення); навігацію та керування БПЛА під час польоту по заданій траєкторії; стабілізацію кута орієнтації БПЛА в польоті; телеметричну інформацію параметр і дирекційний кут БПЛА передається в канал передачі. Основним елементом БК «Лелека» є мала інерціальна навігаційна система (ІНС) з інтегрованими приймачами супутникової навігаційної системи. Побудована на основі мікроелектромеханічних датчиків (МЕМС-гіроскопів і акселерометрів) за принципом безплатформної штучної нейронної мережі, система є унікальним високотехнологічним продуктом, який забезпечує високоточну навігацію, стабілізацію та керування літальними апаратами. будь-який клас. Вбудований датчик статичного тиску забезпечує динамічне визначення висоти та вертикальної швидкості. Склад бортового комплексу: блоки інерціальної навігаційної системи; приймач СНА; блок автопілота; реєстратор польотних даних; датчик швидкості повітря У базовій комплектації управління здійснюється по каналах: елерони; регулятор двигуна. Комплекс сумісний з радіоканалом PCM (Pulse Code Modulation) і дозволяє керувати дроном за командою автопілота в ручному та автоматичному режимах за допомогою

стандартного пульта дистанційного керування. Команди керування автопілотом генеруються як стандартні сигнали з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ), які підходять для більшості типів приводів.

Сам безпілотний літальний апарат (БПЛА) є лише частиною складного комплексу, одним із основних завдань якого є швидка передача отриманої інформації оператору на пункті управління (ПУ). Здатність забезпечувати стійкий зв’язок є однією з найважливіших характеристик, що визначають експлуатаційні можливості комплексу управління БПЛА та забезпечують передачу отриманої БПЛА інформації в режимі «реального часу» операторам ПУ.

Завдяки просторовій селекції в комплексі управління БПЛА на ПУ і БПЛА широко використовуються високо-спрямовані антенні системи (АС) для забезпечення дальнього зв'язку і підвищення захищеності. Функціональна схема системи керування просторовим положенням високо орієнтованої АС, яка забезпечує оптимізацію процесу зв’язку в комплексі керування БПЛА, наведена на рис. 1. 3

Система управління АС включає:

• сам АС, радіотехнічні параметри якого підібрані так, щоб забезпечити необхідну дальність зв'язку по радіоканалу.

• Сервоприводи змінного струму, що забезпечують просторову орієнтацію ПЗ ЗУ в напрямку, в якому очікується випромінювання об'єкта зв'язку.

• Система автоматичного стеження за напрямком (ASN), що забезпечує стійке автоматичне супроводження об'єктів зв'язку. Зв'язки в зоні надійного отримання пеленгаційних властивостей систем ASN.

• Радіоприймальна апаратура, що забезпечує формування сигналу «зв'язок», що свідчить про надходження інформації заданої якості.

• Процесор управління антенною системою, що забезпечує аналіз поточного стану системи управління АС, генерує сигнали сервоуправління на основі польотних завдань і алгоритмів сканування простору для забезпечення просторової орієнтації АС, аналіз присутності зв'язку, аналіз сервоприводу АС від " режим зовнішнього керування» в режим «автоматичного акомпанементу», формування сигналу перетворення змінного струму в режим «зовнішнього керування».

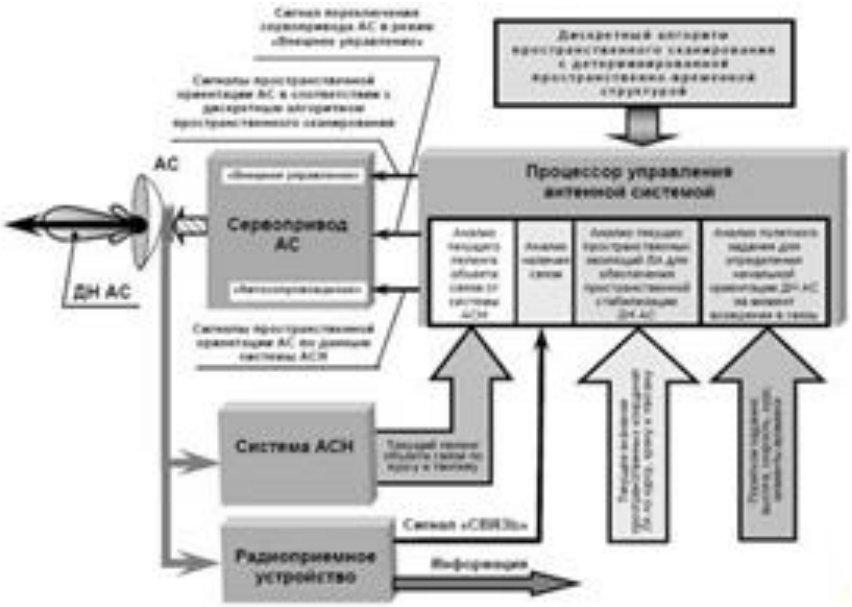

Рис. 3 Функціональна схема системи управління просторовим положенням остронаправленной АС в комплексах управління БЛА

Основне завдання, що виконується системою управління просторовим положенням гостронаправленої АС, - забезпечити стійке входження в зв'язок з об'єктом, заданим польотного завдання.

Ця задача розпадається на ряд підзадач:

• Забезпечення просторової орієнтації ДН АС в напрямку очікуваного появи випромінювання об'єкта зв'язку і її просторової стабілізації для випадку розташування АС на борту літального апарату.

• Розширення зони стійкого захоплення випромінювання об'єкта зв'язку за рахунок застосування дискретного алгоритму просторового сканування з детермінованою просторово-часової структурою.

• Перехід в режим стійкого автосупроводу об'єкта зв'язку системою АСН при виявленні об'єкта зв'язку.

• Забезпечення можливості повторного входження у зв'язок у разі її зриву. Для дискретного алгоритму просторового сканування з детермінованою просторово-часової структурою можна виділити наступні особливості:

• Сканування ДН АС здійснюється дискретно в часі і в просторі. • Просторові переміщення ДН АС при скануванні здійснюються таким чином, щоб не залишалося просторових зон, які не перекриваються зоною впевненого захоплення система АСН за весь цикл сканування (див. рис.4.)

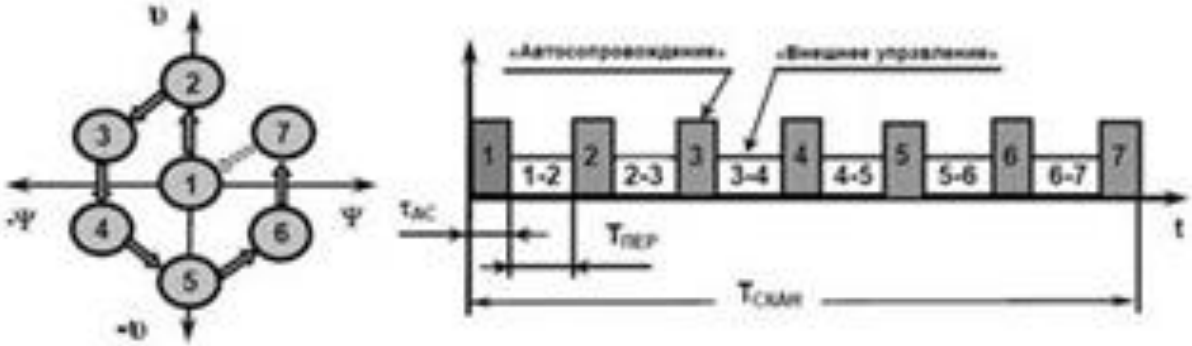

Рис. 4 Приклад організації дискретного просторового сканування в азимутальній і кутовій площинах

Для кожного конкретного просторового положення, що визначається алгоритмом сканування, можна виділити дві фази: «Автосупровід» і «Зовнішнє управління».

• У фазі «Автосупровід» система АСН здійснює оцінку можливості прийому випромінювання об'єкта зв'язку для обраного просторового положення РСН.

У разі позитивного результату оцінки: Просторове сканування припиняється. Система АСН продовжує здійснювати автосупроводження випромінювання об'єкта зв'язку за своїм внутрішнім алгоритму. На вхід сервоприводу АС надходять сигнали просторової орієнтації АС за даними поточного пеленга об'єкта зв'язку від системи АСН Х АСН (t). У разі негативного результату оцінки: Здійснюється просторове переміщення РСН АС в наступне просторове положення, яке визначається алгоритмом сканування. У разі зриву зв'язку, починаючи з моменту часу Т СВ = 0 (пропажа сигналу «ЗВ'ЯЗОК»), сигнал Х АСН (Т СВ = 0) запам'ятовується в пристрої «Обчислення та зберігання», і використовується в подальшому процесором управління АС як значення очікуваного пеленга об'єкта зв'язку.

Процес входження в зв'язок повторюється як описано вище. У режимі «Зовнішнє управління» сигнал управління сервоприводом остронаправленной АС по каналах «курс», «тангажу» і «крен» може бути записаний:

$$\begin{cases} \Psi(t) = [\Psi_0 \vee \Psi_{АСН}(T_{СВ=0})] + \Delta\Psi_{ЛА}(t) + \Psi_{АПГ}(t) \text{ - для канала "курс";} \\ \vartheta(t) = [\vartheta_0 \vee \vartheta_{АСН}(T_{СВ=0})] + \Delta\vartheta_{ЛА}(t) + \vartheta_{АПГ}(t) \text{ - для канала "тангаж";} \\ \gamma(t) = 0 + \Delta\gamma_{ЛА}(t) \text{ - для канала "крен".} \end{cases} \quad (1)$$

У режимі «Автосупровід» сигнал управління сервоприводом остронаправленной АС може бути записаний:

$$\begin{cases} \Psi(t) = \Psi_{АСН}(t) \text{ - для канала "курс";} \\ \vartheta(t) = \vartheta_{АСН}(t) \text{ - для канала "тангаж";} \\ \gamma(t) = 0 + \Delta\gamma_{ЛА}(t) \text{ - для канала "крен".} \end{cases} \quad (2)$$

Конкретний вид сигналів управління визначається конструктивними особливостями сервоприводу антеною системи.

2.3 Результати тестування та оцінка ефективності розробленого алгоритму

Ключовим моментом у наведеному ланцюжку є «вимірювання стану системи». Тобто координати положення, швидкості, висоти, вертикальної швидкості, азимута, кутової швидкості та прискорення. У бортовому навігаційно-керуючому комплексі, розробленому та виготовленому ТОВ «Технол», функцію вимірювання стану системи виконує мініатюрна інерціальна інтегрована система (МІНС). Система складається з триплету інерційних датчиків мікромашинних гіроскопів і акселерометрів, а також барометричного висотоміра та тривісного магнітометра.Поєднуючи дані цих датчиків із даними GPS-приймача, система створює повне навігаційне рішення на основі координат і підшипники. Розробка Teknol Mins — це повна інерціальна система, що реалізує безплатформний алгоритм ШНМ, інтегрований із приймачем супутникової навігаційної системи. Саме в цій системі і міститься «секрет» роботи всього комплексу управління BLAK. Кожна платформа реалізує свої принципи управління зі своєю «правильною» частотою (низькою чи високою). Майстер фільтрів вибирає найкраще рішення з будь-якої з трьох платформ на основі характеру трафіку. Це забезпечує стійкість системи не тільки при прямолінійному русі, але і при поворотах, неузгоджених розворотах і поривчастому бічному вітрі. Система ніколи не випускає з уваги той факт, що забезпечує правильну реакцію автопілота на зовнішні перешкоди та адекватний розподіл впливу між об’ємами управління дроном.

Бортовий комплекс управління безпілотником

Бортовий комплекс навігації та управління БПЛА складається з трьох частин

інтегрована система навігації;

приймач системи супутникової навігації

Модуль автопілота.

Модуль автопілота генерує команди керування у формі сигналів ШІМ (широтно-імпульсна модуляція) на основі законів керування, вбудованих у його комп’ютер. Окрім керування дроном, автопілот також можна запрограмувати на керування бортовим обладнанням:

• стабілізація камери,

• Синхронізація з часом і координатами спуску затвора камери,

• випуск парашута,

• Такі функції, як розвантаження або відбір зразків вантажу в певній точці. У пам'ять автопілота можна ввести до 255 маршрутів.

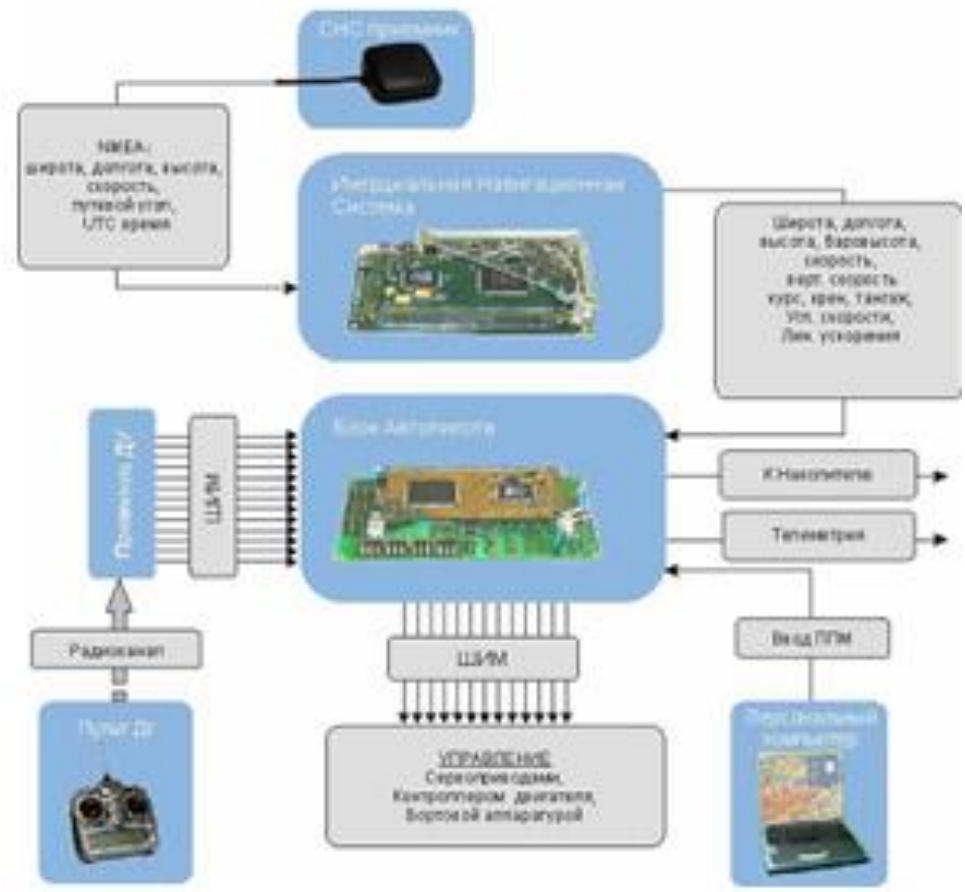

Рис. 5- Схема Управління

У польоті автопілот також забезпечує видачу в канал передачі телеметричної інформації для стеження за польотом БЛА (Малюнок 3).

А що ж тоді являє собою «квазіавтопілот»? Багато фірм зараз декларують, що забезпечують своїх систем автоматичний політ за допомогою «найменшого в світі автопілота».

Найбільш показовий приклад такого рішення - продукція канадської фірми "Micropilot". Для формування сигналів управління тут використовують «сирі» дані - сигнали від гіроскопів і акселерометрів. Таке рішення за визначенням не є робастних (стійким до зовнішніх впливів і чутливим до умов польоту) і в тій чи іншій мірі працездатно тільки при польоті в стабільній атмосфері.

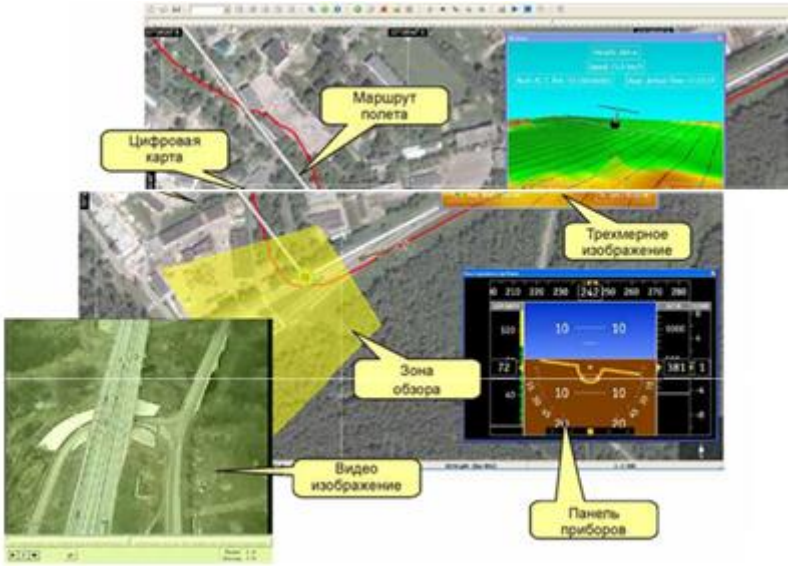

Рис. 6- Інтерфейс пілота

Будь-які значні зовнішні перешкоди (пориви вітру, висхідні потоки або повітряні кишені) можуть спричинити дезорієнтацію літака та спричинити аварію. Тому рано чи пізно ті, хто стикався з такими продуктами, зрозуміють

обмеження таких автопілотів і їх нездатність використовувати в комерційних серійних системах БПЛА.

Більш відповідальні розробники розуміють необхідність таких навігаційних рішень і намагаються реалізувати навігаційні алгоритми за допомогою відомого методу фільтрації Калмана.

На жаль, і тут не все так просто. Фільтрація Калмана є лише допоміжним математичним інструментом, а не вирішенням проблеми. Тому неможливо створити надійну та стабільну систему, просто перенісши стандартні математичні інструменти в інтегровану систему MEMS. Тонка і точна настройка необхідна для конкретних застосувань. В даному випадку - керовані об'єкти для крилатих схем.

Рис. 7- Системи автоматичних БЛА

Які практичні результати використання бортового комплексу з такою інерційною системою?

У складі бортової системи навігації та управління автопілот забезпечує:

• Автоматичний політ за заданим маршрутом;

• Автоматичний зліт і посадка;

• підтримувати задану висоту і швидкість польоту;

• Азимутальна стійкість;

• Керування програмним забезпеченням для бортових систем.

Розроблена Transas багатоцільова система БПЛА оснащена системами навігації та управління Teknola.

Оскільки управління малими БПЛА є найскладнішим завданням, проілюструємо роботу бортового навігаційно-керуючого комплексу оперативного мікро БПЛА зі злітною масою 3,5 кг.

Під час аерофотозйомки місцевості дрони літали по маршруту з інтервалом 50-70 метрів.

Автопілот забезпечує, щоб відхилення руху по маршруту не перевищувало 10-15 метрів при швидкості вітру 7 м/с (рис. 5). Очевидно, що найдосвідченіші пілоти не можуть забезпечити таке точне керування.

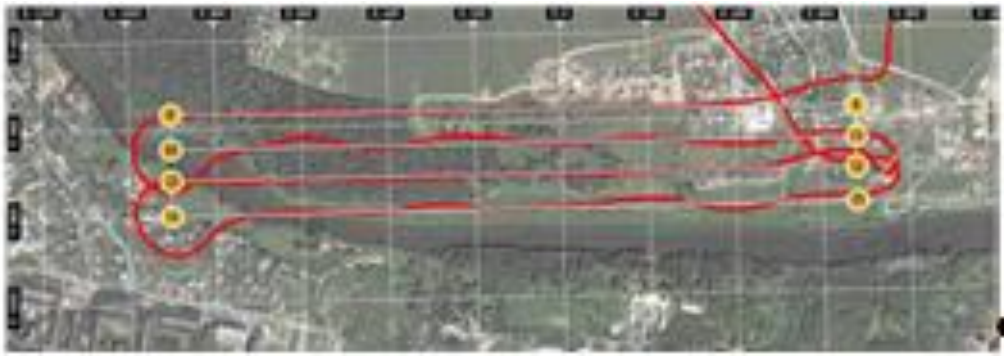

Рис. 8- Маршрут і траєкторія польоту міні БЛА при зйомці місцевості

Підтримка заданої висоти польоту також забезпечується Мінс, яка виробляє комплексне рішення за даними GPS, барометричного висотоміра і інерціальних датчиків. При автоматичному польоті по маршруту бортовий комплекс забезпечує точність підтримки висоти в межах 5 метрів (Малюнок 6), що дозволяє впевнено літати на малих висотах і з огином рельєфу.

Рис. 9- Вивід БЛА з критичного крену

Малюнок 7 показує, як САУ виводить БЛА з критичного крену в 65є, в результаті впливу пориву бічного вітру при здійсненні маневру. Тільки справжня ІНС у складі бортового комплексу керування в стані забезпечити динамічний вимір кутів орієнтації БЛА, не «втратити горизонт». Тому в процесі випробувань і експлуатації наших БЛА жоден літак не був втрачений при польоті під управлінням автопілота.

Ще однією важливою функцією БЛА є управління відеокамерою. У польоті стабілізація камери переднього огляду забезпечується відпрацюванням коливань БЛА по крену за сигналами автопілота і даними Мінс. Таким чином картинка відео зображення виявляється стабільною, незважаючи на коливання ЛА по крену. У завданнях аерофотозйомки (наприклад, при складанні аерофотоплана передбачуваного району проведення робіт) точна інформація про кути орієнтації, координатах і висоті БЛА абсолютно необхідна для корекції аерофотознімків, автоматизації зшивки кадрів.

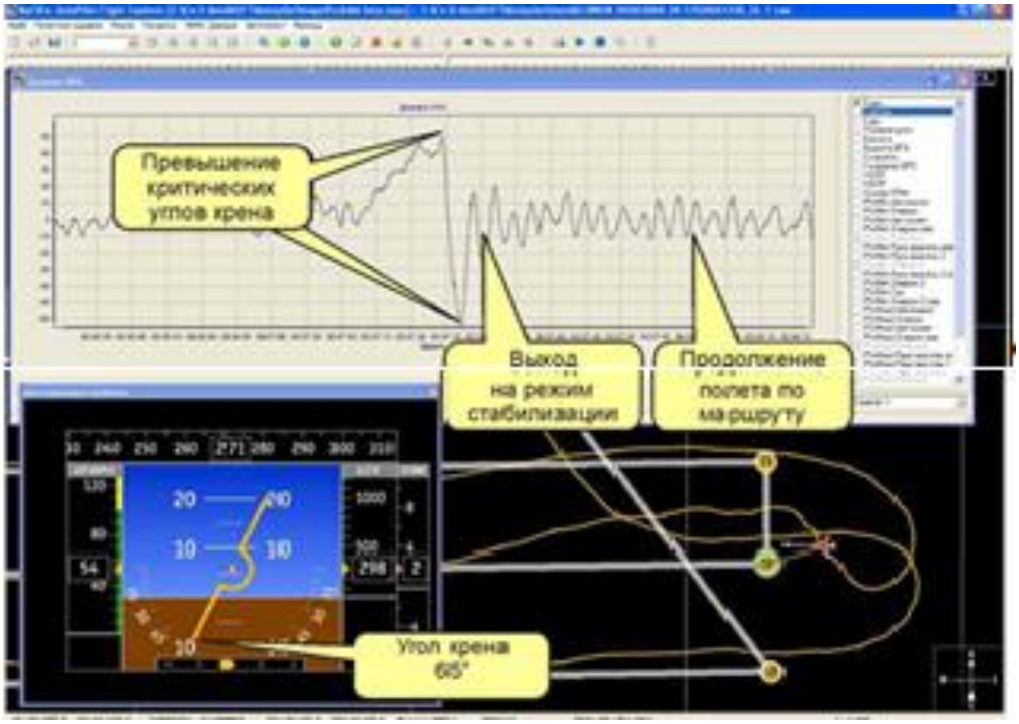

Рис. 10 Інтерфейс екрану оператора

ТОВ «ТеКнол» також розробляє безпілотний аерофотознімальний комплекс. З цією метою цифрові камери трансформуються, щоб включити їх у схеми керування автономним водінням. Перші польоти заплановані на весну 2007 року. Окрім згаданої системи швидкого розгортання БПЛА, бортовий комплекс навігації та керування БПЛА експлуатується СКБ «Топаз» (БПЛА «Ворон»), встановлений на новому БПЛА розробки компанії «Транзас» (БПЛА багатоцільового типу «Дозор»). Комплекс») проходить випробування на мікродроні Global Teknik (Туреччина). Тривають переговори з іншими російськими та іноземними замовниками. Наведена вище інформація та результати найважливіших льотних випробувань чітко показують, що якщо немає повного З - повноцінний бортовий комплекс управління, оснащений такою інерційною системою, неможливо побудувати сучасний комерційний БПЛА, здатний безпечно, швидко і оперативно вирішувати завдання. Вартість

експлуатації служби мінімальна за будь-яких погодних умов. серійно випускається компанією «Технол».

описання роботи

Проблема відстеження стану об'єктів автоматизації є чи не найпершою метою інженера. Прямий – це основна проблема з об’єктами, розташованими на відстані або займаючи велику площу. Сільськогосподарські землі, лісові землі, луки та інші землі підпадають під цю категорію.

Використання автоматизованого обладнання в цих умовах є дещо складним через декілька факторів

1. Відстань між земельною ділянкою та системою електропостачання.

2. Встановлення систем автоматизації негативно впливає на екосистему.

3. На сільськогосподарських угіддях встановлення автоматизованого обладнання зменшує корисну площу посівів та створює перешкоди для важкої техніки

4. Важкі умови праці (дощ, сніг, прямі сонячні промені тощо).

5. Стан, у якому неможливо або важко безпосередньо обробити предмет без присутності сторони, яка забезпечує безпеку.

6. Можливість пошкодження тварини.

Тому існує потреба в мобільному пристрої, оснащеному системою стеження за станом для моніторингу об’єктів. Для цього завдання підійдуть 2 варіанти

1. Колісна робота-платформа.

2. Дрони

Системи типу 1 не підходять для використання на сільськогосподарських полях через пряме пошкодження зеленої рослинності. Тому для цього завдання було вирішено використовувати безпілотники.

Система відповідає всім потребам автоматизації, а саме:

1. Дистанційно спостерігати за станом об'єкта без порушення його цілісності.

2. Спостереження за сусідами (в цьому випадку бур'яни по сусідству вплинуть на стан всього поля)

3. Відстежити можливість стороннього втручання.

Давайте підійдемо ближче до вибору типу літака:

пристрій типу літака

перевага:

висока вантажопідйомність

Можливість використання неелектричних двигунів

висока швидкість польоту

Залежно від розміру можуть бути встановлені великі системи

Можливість встановлення сонячних батарей

недолік

Обмежена здатність до швидкого пересування у вертикальній площині.

Сильно залежить від сили повітряного потоку.

Можливості збереження місцезнаходження обмежені.

Високоякісна рама.

Даний вид обладнання характеризується високою вантажопідйомністю і високою швидкістю. Висока швидкість скорочує час, необхідний для досягнення об'єкта. Можуть використовуватися двигуни, що працюють на бензині або інших легкозаймистих рідинах. Це забезпечує більшу швидкість, але зменшує корисне навантаження. Обмежена можливість швидкої зміни вертикального положення (відносно землі) робить цю систему дещо непридатною для вивчення стану окремих об'єктів. Система характеризується високою стійкістю до повітряних мас.

Я вибрав цей тип літака для цього проекту.

Головною перевагою є можливість налаштування нестандартних (DCS) і фіксованих місць. Далі я перейду до більш детального встановлення системи, яку я використовую.

Я вибрав ці прилади для керування літальним апаратом

1. Основний пристрій керування

Arduino Mega 2560 для керування датчиками та двигунами

Arduino Mega побудований на мікроконтролері ATmega2560).

Плата має 54 цифрові входи/виходи (14 з яких можна використовувати як ШІМ-виходи), 16 аналогових входів, 4 послідовних порти UART, кварцевий генератор 16 МГц, USB-роз'єм, роз'єм живлення, роз'єм ICSP і кнопку скидання. .

Мікроконтролер	
Робоча напруга	5В
Вхідна напруга (рекомендований)	7-12В
Вхідна напруга (граничне)	6-20В
Цифрові Входи/Виходи	54(14 з яких можуть працює також як виходи ШІМ)
Аналогові входи	16
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Постійний струм для виведення 3.3	50 мА
Флеш-пам'ять	256 КВ (з яких 8 КВ завантажувача)

ОЗУ	8КВ
Енергонезалежна пам'ять	4КВ
Тактова частота	16 Мгц

Вибір плати визначається наступними факторами:

54 цифрових виходи на платі (кожен вихід має навантажувальний резистор (відключений за замовчуванням) 20-50 кОм і може видавати до 40 мА).

16 аналогових входів, кожен з роздільною здатністю 10 біт (тобто може приймати 1024 різних значення.

Невелика ціна.

Легко програмувати.

Уніфікований вихід для плат розширення.

Плата виконує функції регулювання швидкості двигуна, зчитування інформації з датчиків, відправки та отримання інформації з пристроїв обробки.

В якості керуючої програми будемо використовувати модифіковану версію програми OpenSource Arducopter.

2. Пристрій обробки даних.

Я вибираю Raspberry Pi як пристрій обробки даних.

Причина вибору:

Обладнання має високу потужність.

Простий інтерфейс з Arduino.

Можливість апаратного декодування/кодування відео.

Легко розширюється.

Безпосередніми завданнями пристрою є:

Сигнал керування приймається від базової станції.

Зв'язок формується за допомогою технології Wi-fi.

Відеопотік передається на базову станцію.

Передача даних з Arduino на базову станцію.

Запис даних і відео на внутрішню пам'ять.

Для цього ми будемо використовувати операційну систему не в реальному часі - Debian.

Використання Linux значно спрощує зв’язок між пристроями (базою та літаком). Крім того, використовуючи вбудовані відеоядра, ви можете конвертувати відеопотоки в менш ресурсомісткі формати, значно полегшуючи процес обробки та передачі відео. Для написання програмного забезпечення використовується мова програмування C++.

Raspberry Pi не призначений для використання як контрольний пристрій, оскільки він не має годинника реального часу і не може використовуватися для точного керування. Але незважаючи на це, пристрій відіграє одну з найважливіших ролей в управлінні.

Raspberry Pi можна легко підключити до веб-камери, що значно знижує загальну вартість пристрою, оскільки спеціальна камера не потрібна. Для стабілізації зображення будемо використовувати програмні алгоритми та стабілізаційне обладнання.

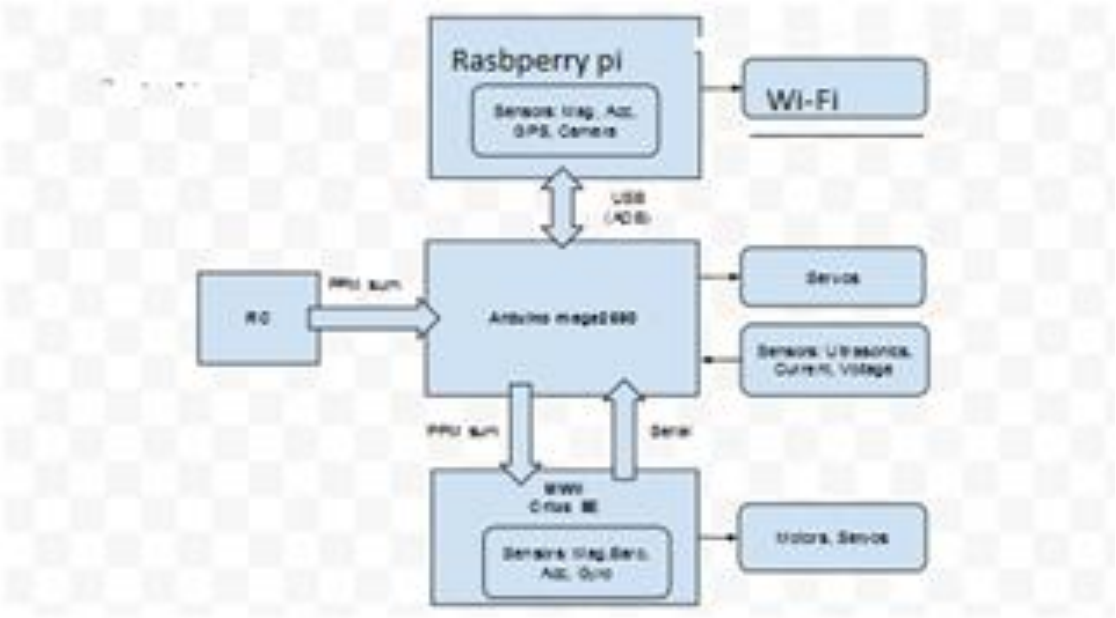

Рис. 11 - Принципова схема системи управління

Для передачі даних в даному проекті я використовую технологію wi-fi. Для забезпечення великої дальності польоту використаємо технологію 802.11n

Безпосередня проблема є дальність передачі даних без поміх. Існує два варіанта вирішення даної проблеми:

1.Встановлення потужних передатчиків. Дане рішення не є прийнятним в даній ситуації, так як вимагає великих затрат електроенергії, що неприпустимо у літальному апараті малих розмірів

Регулювання положення антен у просторі, для здобуття прямого зв’язку.

Другий підхід не вимагає великого енергоспоживання, так як регулювання положення антени відбувається лише на базовій станції.

Розглянемо дану проблему детальніше

Для передачі сигналу на далекі відстані нам потрібні, або ретранслятори (встановлення яких складне, бо маршрут польоту може змінюватися в залежності від багатьох умов і може не проходити через їхню зону прийому-передачі), або система регулювання положення антени.

Для розробки системи використаємо наступні пристрої:

Ubiquiti NanoStation Loco M2 - точка доступа

Загальні характеристики	
Тип	Wi-Fi точка доступа
Стандарт бездротового зв’язку	802.11n, частота 2.4 ГГц
Підтримка MIMO	Є
Макс. Швидкість	150 Мбит/с
Дальність	2 км

Ubiquiti NanoBridge M5 25dbi – антена.

Загальні характеристики	
Тип	Wi-Fi міст
Стандарт бездротового зв’язку	802.11n, частота 5 ГГц
Підтримка MIMO	Есть
Макс. Швидкість	150 Мбит/с
Дальність	15 км

Дані пристрої не є найдешевшим варіантом, але забезпечують швидкість передачі даних до 150мб/сек, що теоретично дозволяє передавати потоком відео формату 4К. Перейдемо безпосередньо до системи регулювання антени. Також можливе використання вже існуючих систем регулювання.

Висновок

В результаті досліджень, вирішена актуальна наукова задача підвищення ефективності стеження за малорозмірними БПЛА в системі

відеоспостереження, шляхом розробки адаптивного алгоритма кореляційно стеження.

Основні наукові та практичні результати роботи:

Оптимальний алгоритм адаптивної фільтрації є рекурентним та описує еволюцію апостеріорної ЩЙ розширеного змішаного марківського процесу, що включає безперервнозначний вектор параметрів руху БПЛА та змінну перемикання, що характеризує вид її руху. Оптимальний пристрій, що реалізує алгоритм, є багатоканальним і відноситься до класу пристроїв із зворотними зв'язками між каналами. Наявність зворотних зв'язків між каналами обумовлено марковською властивістю дискретного компонента.

Квазіоптимальний алгоритм адаптивної фільтрації є нелінійним. Він забезпечує уявлення апостеріорної ЩЙ параметрів руху БПЛА при переході на наступний крок фільтрації у вигляді суми гаусівських ЩЙ. Квазіоптимальний фільтр зберігає структуру оптимального пристрою і відноситься до класу пристроїв зі зворотними зв'язками між каналами.

Фільтр адаптується до динаміки руху БПЛА, що дозволяє підвищити точність екстраполяції на ділянках майже рівномірного руху і зависання та формувати строби супроводу адекватно поточній ситуації.

Література

1. Авіація: Енциклопедія / Гол. ред. Р. П. Свищев. - М.: Велика Російська енциклопедія, 1994. - С. 108. - 736 с. - ISBN 5-85270-086-X

2. ВР-3 «Рейс», комплекс повітряної розвідки з безпілотним літальним апаратом Ту-143, [www.arms-expo.ru]

3. Wired: Майже 1 з 3 військових літальних апаратів в США - робот (англ.). Статичний з першоджерела 6 серпня 2012.

4. Morring Jr., Frank, ed. (March 29, 2004), "Blame Game", Aviation Week & Space Technology, p. 21.

5. Hasik, James (2008). Arms and Innovation: Entrepreneurship and Darkness in the Twenty-First-Century Defense Industry. Chicago: University of Chicago Press. pp. 32-33. ISBN 978-0-226-31886-8.

6. 1 2 ВПС США переозброїли безпілотниками першу бойову авіачастину, lenta.ru, 11.08.2008

7. Difference engine: Unblinking eye in the sky (The economist Jan 13th 2012)

8. Оператори БПЛА ВПС США стануть отримувати льотні виплати. rnd.cnews.ru (01.03.10). Статичний з першоджерела 15 лютого 2012. Перевірено 2 березня 2010.

9. Американські вчені на спір «зламали» безпілотник | ИноСМИ.

10. PT: Texas college hacks drone in front of DHS (англ.). Статичний з першоджерела 6 серпня 2012.

11.1 2 UAV.ru - Безпілотна авіація, www.uav.ru, «Цивільні перспективи безпілотників», Володимир Карнозов, (спецвипуск Milex - ISSE 2011), вид. ТОВ Інформаційно-аналітичний центр «Нові технології».

12. Точка опори, www.to-info.ru«У геодезії завжди є місце інновацій», Роман Томах, (серпень 2012).

13. Oil, gas and Petrochem Equipment, http://www.ogpe.com, «UAV aerial-monitor oil and gas wells, facilities, pipelines», (27 вересня 2012 р.), изд. PennWell.

14. http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle

15. livit.ru/helicopter-calculation/

16. http://quadro-copter.info/arducopter/printsipialnaya-skhema-kvadrokoptera.html

17. http://flying-copter.ru/lipo-akkumulyatory-dlya-radioupravlyaemy-h-modelej.html

18. http://forum.rcdesign.ru/f123/thread232641-21.html

19. http://www.aviaport.ru/

20. http://code.google.com/p/arducopter/wiki/ArduCopter2

Додаток

//#define APM2_BETA_HARDWARE

//#define MAG_ORIENTATION AP_COMPASS_COMPONENTS_DOWN_PINS_FORWARD

//#define HIL_MODEHIL_MODE_ATTITUDE

//#define DMP_ENABLED ENABLED

//#define SECONDARY_DMP_ENABLED ENABLED // allows running DMP in parallel with DCM for testing purposes

//#define FRAME_CONFIG QUAD_FRAME

//#define FRAME_ORIENTATION X_FRAME

* PLUS_FRAME

* X_FRAME

* V_FRAME

//#define CH7_OPTIONCH7_SAVE_WP

* CH7_DO_NOTHING

* CH7_FLIP

* CH7_SIMPLE_MODE

* CH7_RTL

* CH7_SAVE_TRIM

* CH7_SAVE_WP

* CH7_CAMERA_TRIGGER

// Inertia based contollers

```
//#define INERTIAL_NAV_XY ENABLED
#define INERTIAL_NAV_Z ENABLED
//#define MOTORS_JD880
//#define MOTORS_JD850
// agmatthews USERHOOKS
// the choice of function names is up to the user and does not have to match these
// uncomment these hooks and ensure there is a matching function on your "UserCode.pde" file
//#define USERHOOK_FASTLOOP userhook_FastLoop();
#define USERHOOK_50HZLOOP userhook_50Hz();
//#define USERHOOK_MEDIUMLOOP userhook_MediumLoop();
//#define USERHOOK_SLOWLOOP userhook_SlowLoop();
//#define USERHOOK_SUPERSLOWLOOP userhook_SuperSlowLoop();
#define USERHOOK_INIT userhook_init();
// the choice of included variables file (*.h) is up to the user and does not have to match this one
// Ensure the defined file exists and is in the arducopter directory
#define USERHOOK_VARIABLES "UserVariables.h"
//#define LOGGING_ENABLEDDISABLED
// #define LOITER_REPOSITIONING ENABLED // Experimental Do Not Use
// #define LOITER_RP ROLL_PITCH_LOITER_PR
```