

Юлія Олександрівна Бабій (канд. техн. наук, доцент кафедри зв'язку, автоматизації та захисту інформації)¹

Андрій Валерійович Клепиковський (канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біологічної фізики та медичної інформатики)²

Володимир Олександрович Ковальов (провідний інженер)³

¹Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, Хмельницький, Україна

²Буковинський державний медичний університет, Чернівці, Україна

³Одеський науково-дослідницький інститут телевізійної техніки, Одеса, Україна

КОМПЛЕКС ОПТИКО-ТЕЛЕВІЗІЙНОГО НАВЕДЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО СТЕРЕОЗОРУ І АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ СУПРОВОДУ

Одним з найважливіших завдань в проектуванні сучасної авіоники є створення надійної навігаційної системи, яка задовільняє вимогам максимальної автономності, завадостійкості, прецизійності та енергоспоживання, особливо, якщо вищезазначена система використовується в складі літального апарату та безпілотного літального апарату.

При виконанні завдань за безпосередньої підтримки наземних військ в умовах сучасних бойових дій, система оптико-телевізійного наведення штурмового літального апарату повинна відповідати ряду вимог, однак, на сьогоднішній день всі наявні на озброєнні комплекси оптико-телевізійного наведення як в авіації країн НАТО, так і в розробках інших держав в повному обсязі не задовільняють цим вимогам.

В даній роботі авторами розглядається варіант установки комплексу оптико-телевізійного наведення на малорозмірний високоманеврений літальний апарат. Даний розроблюваний комплекс оптико-телевізійного наведення забезпечує вирішення завдань за безпосередньої підтримки наземних військ з максимальним ступенем автоматизації та розвантаженням льотчика і залежно від модифікації може використовуватися в денний й нічний час, за складних метеорологічних умов, в умовах сильнозашумленого рельєфу. Також комплекс дозволяє супроводжувати та передавати цілевказівки для двадцяти та більше об'єктів одночасно, мінімальний ж розмір об'єкта, що підлягає розпізнаванню складає 20x20 см, при відстані до 30 км за умов використання апаратного збільшення і стабілізованню платформ. Комплекс, що розробляється має здатність до самонавчання, володіє масогабаритними показниками, що дозволяють його використання як на пілотованих апаратах, так і на безпілотних літальних апаратах. За рахунок не використання активних випромінювань – малопомітний, за вартістю комплекс істотно нижче зарубіжних аналогів.

Ключові слова: літальний апарат; безпілотний літальний апарат, комплекс оптико-телевізійного наведення.

Вступ

При виконанні завдань за безпосередньої підтримки наземних військ в умовах сучасних бойових дій, система оптико-телевізійного наведення штурмового літального апарату (ЛА) повинна відповідати наступним вимогам: однозначне визначення, класифікація та супровід наземних нерухомих цілей, супровід (трекінг) рухомих цілей з можливістю відновлення спостереження після короткочасного зникнення цілі з поля зору камер при маневруванні, швидка передача цілевказівки в головки наведення ракет «повітря-поверхня», відсутність активних випромінювань (радіочастотного, видимого та ІЧ діапазонів), багатоканальне дальнометрування, прогнозування траєкторій наземних і високоманеврових маловисотних повітряних цілей.

На сьогоднішній день всі наявні на озброєнні комплекси оптико-телевізійного наведення

(ОТН) як в авіації країн НАТО, так і в розробках інших держав в повному обсязі задовільняють вищенаведеним вимогам.

Постановка проблеми. В рамках даної статті розглядається варіант установки комплексу ОТН на малорозмірний високоманеврений ЛА. Обробка відеопотоку при цьому ускладнена в силу ряду специфічних умов роботи алгоритму розпізнавання. Негативний вплив створюють наступні фактори: частково або повністю пошкоджені кадри (виникають в умовах сильних вібрацій високої частоти на критичних режимах, на швидкостях близьких до швидкості «звалювання» і т.п.), різкі ривки камери в умовах доземної бовтанки або сильних термічних потоків, затінення частини кадру хмарністю, втрата в артефактах стиснення (характерно при використанні на безпілотних літальних апаратах (БПЛА)), вихід супроводжуваного об'єкта за межі кадру при множинному супроводі рознесених об'єктів або

різких еволюціях ЛА з кутовими швидкостями, більшими граничних кутових швидкостей сервоприводу платформи стабілізації, розмиття кадру при великих швидкостях польоту на надмалих висотах, викликаних недостатньою швидкістю роботи затвору.

Також необхідно враховувати чинники масштабування цілі при підльоті, можливість використання апаратного збільшення, при цьому зображення цілі у відеопотоці може заповнити весь простір кадру.

Поряд з вищевикладеними чинниками необхідно розглядати ситуації, коли в кадрі присутні кілька об'єктів, що одночасно рухаються з подібними характеристиками та траєкторіями, що пересікаються.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз досліджень та публікацій [1-3] показав, що розроблюваний комплекс ОТН має наступні відмінності від наявних на озброєнні:

1. Для виявлення і супроводу маневрених цілей використовується модифікований алгоритм TLD (Tracking-Learning-Detection - Супровід-Навчання-Виявлення), де, на відміну від початкового варіанту алгоритму, для підтвердження і виявлення цілі використовується порівняння зображень місцевості у видимій і далекій інфрачервоній частині спектра. Таким чином, досягається підвищена надійність трекінгу об'єкта і стійкість до метеорологічних умов.

2. З метою забезпечення багатоканального дальнометрування без використання додаткового підсвічування цілей до складу комплексу введена оптична стереосистема, що забезпечує трьохвимірну реконструкцію місцевості з кутами огляду. При обробці задіюється алгоритм, що дозволяє виробляти основні розрахунки при відеопотоці в 70 fps.

3. Система дозволяє супроводжувати і передавати цілевказівки для 25-ти об'єктів одночасно, при цьому, визначаючи вхід цілей в зону ураження обраного типу зброї.

4. При використанні комплексу в складі БПЛА з цифровими сервоприводами система, аналізуючи траєкторію руху цілі, автоматично «довертає» ЛА для ураження цілі некерованими реактивними снарядами, або за допомогою вбудованого гарматного знаряддя.

5. Підсистема супроводу рухомих цілей, описана в п. 1, може бути використана в головках ракет класів «повітря-повітря», «повітря-поверхня», «поверхня-поверхня» для автономного пасивного самонаведення як з попередньою передачею цілевказівки і додаткових перевірочних параметрів, так і самостійно в складі переносних зенітно-ракетних комплексах.

Мета статті та постановка завдання. Зважаючи на вищесказане, метою даної роботи є розробка варіанту комплексу ОТН на малорозмірних високоманеврених ЛА.

Для вирішення поставленої мети в роботі

розглянуто структуру комплексу ОТН, фактори, що впливають на якість супроводження об'єкта, розглянуто вирішення задачі стабілізації та попередньої обробки зображення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблюваний комплекс включає в себе шість основних модулів: оптичний модуль; модуль стабілізації зображення; модуль первісної обробки; модуль аналізатора об'єктів; модуль управління сервоприводами; інтерфейсний модуль.

Оптичний модуль включає в себе поворотну платформу з трьома ступенями свободи, на якій, в залежності від модифікації, встановлюється або дві камери видимого діапазону з поєднаною прецизійною оптосистемою, або чотири камери (дві - видимого діапазону та дві - глибокого інфрачервоного). Управління платформою і оптикою вузла здійснюється згідно сигналам, які формуються вузлом управління сервоприводу.

Модуль стабілізації зображення служить для виключення виникаючих спотворень у відеопотоці (таких як «змазування» кадру при різких еволюціях, пропуску кадрів, періодичних коливаннях не погашені демпферною системою).

Також до складу модуля входять датчики просторового положення і високоточні акселерометри, покази яких враховуються при формуванні підтверджуючих послідовностей для дальнометрування.

Модуль первісної обробки служить для перетворення зображення до бінарного, приведення фону до однорідного, виділення свідомо нерухомих об'єктів і прив'язки до них детектора руху. Також в його функції входить розпізнавання областей недостовірної ідентифікації у видимому діапазоні, що покращує роботу комплексу при низькому метеомінімумі.

Модуль аналізатора об'єктів конструктивно поєднаний з модулем первісної обробки і служить для виділення рухомих і нерухомих цілей по заданих шаблонах, трекінгу рухомих цілей, прогнозуванню траєкторії і передачі цілевказівки в головки ракет.

Модуль управління сервоприводами служить для перетворення сигналів з датчиків кутових і лінійних прискорень, системи нашоломної цілевказівки і кньюпеля в керуючі послідовності для сервоприводів оптичної системи.

Інтерфейсний модуль служить для передачі інформації, отриманої в модулі аналізатора в багатфункціональні індикатори і індикатор на лобовому склі, а також приймає сигнали з органів управління комплексом.

Розроблюваний комплекс може бути встановлений на наступні типи ЛА:

1. Літаки: Су-25 (всі модифікації), МиГ-23 (всі модифікації), МиГ-27 (МЛ), МиГ-29 (всі модифікації), Су-17, Су-7Б, «Firechild» А-10А, McDonnell Douglas F-15, McDonnell Douglas F-4G, Dassault/Dornier Alpha Jet, Embraer EMB-

314.

2. Вертольоти: Ми-24, Ми-8АМТШ, Bell OH-58 Kiowa, Bell AH-1 Cobra, Bell AH-1J Super Cobra, McDonnell Douglas AH-64 Apache, Denel AH-2 Rooivalk, HAL LCH, AugustaWestland AW129.

При аналізі публікацій, присвячених трекінгу об'єктів [1-3], були обрані три основні алгоритми, що реалізують поставлену задачу: модифікований TLD, CMT (Consensus-based Matching and Tracking of Keypoints for Object Tracking) і Struck (Structure Output Tracking with Kernels). Дані алгоритми частково відповідають вимогам роботи в складі комплексу ОТН, а саме: стійко працюють при повному і частковому зникненні об'єкта з кадру, висока продуктивність, точність супроводу. Порівняльний аналіз їх роботи показав, що найбільш стійким до перешкод є алгоритм TLD.

TLD є алгоритмом тривалого надійного супроводу об'єкта в природному середовищі. Алгоритм витримує розриви між кадрами, «змазування» зображення з камери, повне зникнення і появу об'єкта. Підхід, який використаний в даному алгоритмі називається Супровід-Моделювання-Виявлення (Tracking-Modeling-Detection (TMD)), він поєднує адаптивний супровід об'єкта з навчанням детектора об'єкта в процесі розпізнавання. Після того як об'єкт був захоплений за допомогою алгоритму захоплення, що оснований на порівнянні інфрачервоної і видимої картини місцевості, траєкторія об'єкта починає відслідковуватися двома процесами (розширюючі та урізаючі події). Вони будують детектор об'єкта з перемешованими ключовими точками. Обидва процеси включають в себе помилкові результати, стабільність системи досягається скасуванням подій. Модифікування об'єкта, що відслідковується і класифікація виробляються за допомогою масиву, що містить ланцюгові зображення цілі з різних ракурсів і з різним ступенем зрізу зображення (т.зв. «рандомізований ліс»). Таким чином, в разі збереження даних на внутрішньому носії системи, що входять в модуль аналізатора, система отримує здатність до самонавчання. Варіанти поведінки алгоритму без накопичення бази даних наведені на рис. 1.

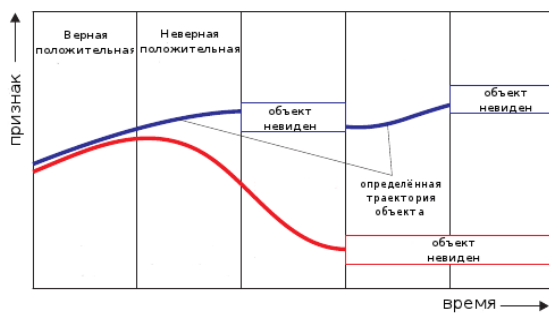


Рис. 1. Два варіанти поведінки алгоритма

В ході аналізу роботи алгоритму було

встановлено, що динамічна стійкість системи визначається ваговим коефіцієнтом подій, тобто балансом між розширюючими і урізаними подіями. На рис. 2 представлена ситуація, коли в алгоритмі тимчасово відключений облік урізаючих подій.

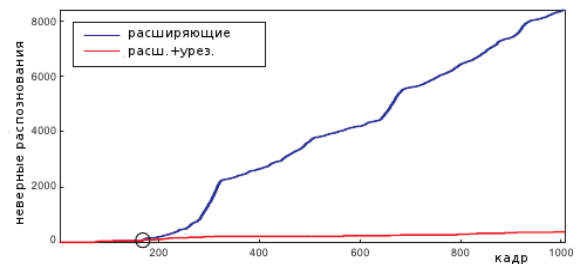


Рис. 2. Зростання числа невірних розпізнавань при відключенні урізаючих подій

Як видно з вищевказаної залежності, число невірних розпізнавань зростає зі збільшенням часу супроводу навіть при якісно підібраних вагових коефіцієнтах. Тому, в ході досліджень була введена постійна корекція трекінгу об'єктів в дальньому інфрачервоному діапазоні, що має підвищити точність цілевказівки з 54,8% до 93%. Також виявлено, що при стабілізації платформи в умовах маневрування кількість пропущених кадрів зменшується на 17,6%, що говорить про доцільність такого підходу. При навмисному введенні ЛА в режим флатера з великими амплітудами вібрацій кількість пропущених кадрів зростає до 27,4%, при цьому, число невірних розпізнавань зростає до 60,7%, а також спостерігається пере захоплення однотипних цілей з пересічними траєкторіями. Таким чином, застосування стабілізованої платформи істотно підвищує достовірність супроводу рухомих цілей.

Рішення завдання стабілізації зображення традиційно здійснюється зміцненням камери на рухомій гіроплатформі, однак, при такому підході істотно погіршуються масогабаритні показники системи, що веде до обмеження її використання на малорозмірних ЛА і БПЛА.

Для поліпшення характеристик оптичної системи доцільно використовувати гібридний підхід: для великих кутових відхилень з малими кутовими швидкостями застосовувати електромеханічну стабілізацію платформи, для коливань з малими амплітудами і великими кутовими швидкостями – програмну стабілізацію зображення. Особливо ефективний такий підхід при великому оптичному збільшенні, коли вібрації ЛА вносять істотне спотворення в відеопотік. Як датчики кутових прискорень можуть бути застосовані розташовані безпосередньо на платформі трьохосьові МЕМС-гіроскопи, дані яких використовуються як в процесі стабілізації зображення, так і в подальших обчисленнях. На рис. 3 представлена

узагальнена компоновочна схема оптичного вузла.

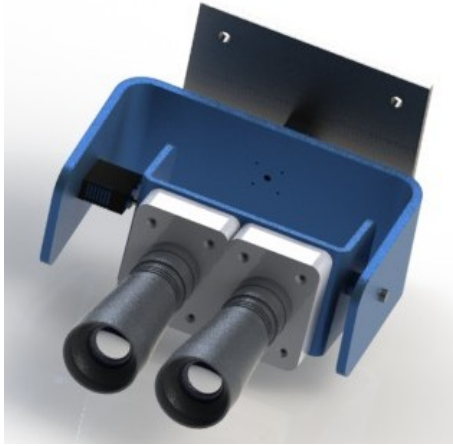


Рис. 3. Компоновання оптичної платформи з двома ступенями свободи

Алгоритм роботи блоку стабілізації при такому варіанті реалізації оптичної системи опирається на наступне співвідношення [4]:

$$F_x = \left\{ \begin{array}{l} f(\alpha), \frac{\partial \alpha}{\partial t} < \omega_{\max}, \Delta y_{ROI} = 0 \\ const, \frac{d\alpha}{dt} > \omega_{\max}, \Delta y_{ROI} = f(\omega_{\alpha}) \end{array} \right\}, \quad (1)$$

$$F_y = \left\{ \begin{array}{l} f(\beta), \frac{\partial \beta}{\partial t} < \omega_{\max}, \Delta \beta_{ROI} = 0 \\ const, \frac{d\beta}{dt} > \omega_{\max}, \Delta \beta_{ROI} = f(\omega_{\beta}) \end{array} \right\} \quad (2).$$

Як видно, критерієм вибору способу стабілізації є кутова швидкість обертання ЛА по крену – ω_{α} і тангажу – ω_{β} . Порогові величини швидкостей ω_{\max} визначаються типами використовуваних сервоприводів, наприклад, для використаних в експериментальних дослідженнях сервоприводів Hitec HS-7950TS цей параметр становить $0,78c^{-1}$ при $U_{i\dot{\theta}} = 7,4\hat{A}$.

В якості вихідних параметрів виступають частоти меандрів управління сервоприводами – F_x, F_y , а також величини $\Delta y_{ROI}, \Delta \beta_{ROI}$, що показують зсув центру ROI (Region of interest – зацікавленої області зображення, рис. 4) [5] по вертикальній осі, а також поворот області щодо центральної точки.

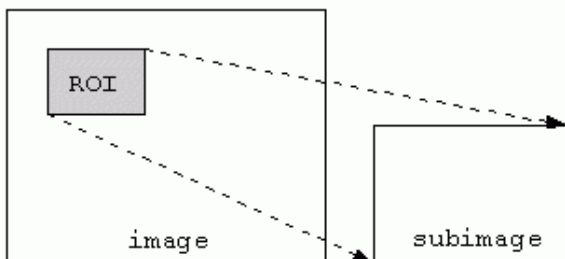


Рис. 4. Отримання субповерхні області ROI

У разі зміщення залежність носить лінійний характер і визначається роздільною здатністю камер, для повороту використовується матриця

повороту, яка визначається виразом:

$$M(\beta) = \begin{bmatrix} \cos \beta & \sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix} \quad (3)$$

Слід зазначити, що розрахунок тригонометричних функцій в режимі реального часу вимагає істотних обчислювальних витрат, тому доцільно використовувати заздалегідь розраховані таблиці значень матриці. Також при програмуванні системи слід врахувати, що співвідношення сторін субповерхні, що виділяється для стабілізації до сторін субповерхні, використовуваної в подальших обчисленнях повинна перевищувати значення, інакше в умовах різких еволюцій при повороті ROI неминуче будуть виникати крайові – «сірі області», що може привести до втрати системою працездатності.

Вибір розмірів області оброблюваного зображення визначається характеристиками ЛА, камер, сервоприводів, а, отже, є індивідуальним для кожної системи, що розробляється.

Наступним розглянемо модуль початкової обробки відеопотоку. Його основне завдання – привести вихідне стабілізоване зображення до бінарного для зменшення обсягу даних, що надходять на вхід аналізатора.

Бінаризація зображення в кілька етапів:

1. Перетворення в градації сірого;
2. Згладжування;
3. Знаходження локальних порогів бінаризації;
4. Безпосередньо бінаризація.

Перший етап – перетворення зображення в градації сірого служить для радикального зменшення кількості інформації і дозволяє виробляти подальшу обробку в режимі реального часу. Математично, для кожного пікселя зображення результат даної операції описаний наступним співвідношенням [6]:

$$I = 0,2125 \times R + 0,7154 \times G + 0,0721 \times B \quad (4)$$

де I – результуюче значення яскравості; R, G, B – значення яскравості основних кольорів.

У співвідношенні представлені стандартні вагові коефіцієнти, проте, експерименти показують, що їх зміна відповідно до умов місцевості і пори року може істотно підвищити селективність детектора контурів.

Згладжування зображення є в загальному випадку необов'язковою процедурою, крім того, при його реалізації слід враховувати висоту польоту, кратність збільшення оптичної системи, а також рівень освітленості фону. Виходячи з вищевказаних параметрів, згладжування може не проводитися взагалі, або ж проводиться з декількома ітераціями. Математично, оператор являє собою фільтр, наближений до першої похідної Гаусіані $\sigma = 1,4$:

$$B = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} * A \quad (5)$$

де A – масив елементів зображення в градаціях сірого.

Відмінною особливістю бінаризації зображень, отриманих зйомкою з повітря, є неможливість використання фіксованого порогу бінаризації внаслідок неоднорідності освітленості поверхні і низького контрасту.

На сьогоднішній день найбільш вдалі результати дають методи Ніблека, Крістіана і Бредлі-Рота.

Експерименти показують, що для системи ОТН найбільш прийнятним може вважатися модифікований метод Крістіана. Метод реалізує функцію, описану в співвідношенні:

$$T = (1 - k) \times m + k \times M + k \times \frac{S}{R} \times (m - M), \quad (6)$$

де T – локальний поріг перетворення, M – мінімальне значення пікселя зображення, R – динамічний рівень девіації в градаціях сірого, m – локальне середнє значення, s – відхилення значень, обчислених в околі пікселя.

В класичному методі, k є фіксованою константою, в модифікації методу цей параметр береться зі зведеної таблиці і залежить від освітленості, метеоумов і висоти польоту.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Розроблений комплекс ОТН забезпечує вирішення

завдань по безпосередній підтримці наземних військ з максимальним ступенем автоматизації та розвантаженням льотчика. Залежно від модифікації комплекс може використовуватися в денний і нічний час, у складних метеоумовах, в умовах сильно зашумленого рельєфу. Завдання реконструкції місцевості і супроводу рухомих об'єктів зі швидкостями $M < 0,9$ вирішуються в повному обсязі навіть за умови періодичного спостереження об'єкта за спостережувану область.

Мінімальний розмір об'єкта, що підлягає розпізнаванню – 20×20 см, при відстані до 30 км за умовою використання апаратного збільшення і стабілізованої платформи. Комплекс ОТН має здатність до самонавчання, володіє масогабаритними показниками, що дозволяють його використання як на пілотованих апаратах, так і на БПЛА. З врахунок використання активних випромінювань комплекс по малопомітності перевершує відомі аналоги. Комплекс ОТН може бути в стислі терміни встановлено на будь-який із зазначених у статті ЛА в рамках модернізації. Вартість комплексу істотно нижче зарубіжних аналогів.

Подальшим дослідженням у вибраній галузі є подання рекомендацій щодо подальшої розробки та удосконалення системи оптико-телевізійного наведення.

Література

1. F. Liu Content-preserving warps for 3d video stabilization / F. Liu, M. Gleicher, H. Jin, and A. Agarwala // ACM Transactions on Graphics (TOG). – ACM, 2009. – 28(3). – p. 44. 2. Павлов В. А. Анализ совместной работы методов сопровождения объектов в видеопотоке, получаемом с летательного аппарата / В. А. Павлов, С. В. Завьялов, С. В. Волвенко // GraphiCon2015: Материалы юбилейной 25-й Международной конференции, 22–25 сентября 2015 г. – Россия, Протвино: ГрафикОн, 2015. – С. 75-79. 3. Любчик В. Р. Модернізація комплексів оптико-телевізійного наведення з використанням бінокулярної системи комп'ютерного зору та алгоритмів покадрового зміщення / В.Р. Любчик, А.В. Клепиковський, В.О. Ковалев // «Фізико-технологічні проблеми передавання, обробки та

зберігання інформації в інфокомунікаційних системах»: Матеріали 5-ї міжнародної науково-практичної конференції. – Чернівці: «Місто», 2016. – С. 86-87. 4. Szeliski R. Computer vision: Algorithms and applications / R. Szeliski // Springer ISBN: 978-1-84882-934-3, Texts in Computer Science, 2011, - 811 p. 5. Li Y. Tracking in Low Frame Rate Video: A Cascade Particle Filter with Discriminative Observers of Different Lifespans / Y. Li, H. Ai, T. Yamashita, S. Lao, and M. Kawade // CVPR, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. – pp. 1728–1740. 6. K. Kalal Forward-Backward Error: Automatic Detection of Tracking Failures / Kalal, K. Mikolajczyk, and J. Matas // International Conference on Pattern Recognition, 23-26 August. – Istanbul, Turkey, 2010. –pp. 23–26.

КОМПЛЕКС ОПТИКО-ТЕЛЕВИЗИОННОГО НАВЕДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО СТЕРЕОЗРЕНИЯ И АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ СОПРОВОЖДЕНИЯ

Юлия Александровна Бабий (канд. техн. наук, доцент кафедры связи, автоматизации и защиты информации)¹

Андрей Валериевич Клепиковский (канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры биологической физики и медицинской информатики)²

Владимир Александрович Ковалев (ведущий инженер)³

¹*Национальная академия Государственной пограничной службы Украины имени Богдана Хмельницкого, Хмельницкий, Украина*

²*Буковинский государственный медицинский университет, Черновцы, Украина*

³*Одесский научно-исследовательский институт телевизионной техники, Одесса, Украина*

Одной из важнейших задач в проектировании современной авионики является создание надежной навигационной системы, которая удовлетворяет требованиям максимальной автономности, помехоустойчивости, прецизионности и энергопотребления, особенно, если вышеупомянутая система используется в составе летательного аппарата и беспилотного летательного аппарата.

При выполнении задач по непосредственной поддержке наземных войск в условиях современных боевых действий, система оптико-телевизионного наведения истребительного летательного аппарата должна соответствовать ряду требований, однако, на сегодняшний день все имеющиеся на вооружении комплексы оптико-телевизионного наведения как в авиации стран НАТО, так и в разработках других государств в полном объеме не удовлетворяют этим требованиям.

В данной работе авторами рассматривается вариант установки комплекса оптико-телевизионного наведения на малоразмерный высокоманевренный летательный аппарат.

Данный разрабатываемый комплекс оптико-телевизионного наведения обеспечивает решение задач по непосредственной поддержке наземных войск с максимальной степенью автоматизации и разгрузкой летчика и в зависимости от модификации может использоваться в дневное и ночное время, в сложных метеорологических условиях, в условиях сильно зашумленного рельефа, данный комплекс позволяет сопровождать и передавать целеуказания для двадцати и более объектов одновременно, минимальный же размер объекта, подлежащего распознаванию составляет 20x20 см при расстоянии до 30 км и при использовании аппаратного увеличения и стабилизированной платформы, комплекс оптико-телевизионного наведения обладает способностью к самообучению, имеет массогабаритные показатели, что позволяют его использования как на пилотируемых аппаратах, так и на беспилотных летательных аппаратах, также за счет неиспользования активных излучений – комплекс малозаметный, по стоимости существенно ниже зарубежных аналогов.

Ключевые слова: летальный аппарат; беспилотный летательный аппарат, комплекс оптико-телевизионного наведения.

COMPLEX OF OPTICAL-TELEVISION GUIDELINES WITH USING MACHINE STEREO-OPERATION AND ADAPTIVE ALGORITHMS OF SUPPORT

Juliya A. Babiy (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of a Department)¹

Andrey V. Klepikovskiy (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of a Department)²

Vladimir A. Kovalev (leading engineer)³

The National Academy of State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine¹

Bukovina State Medical University, Chernivtsy, Ukraine²

Odessa Scientific Research Institute of Television Technology, Odessa, Ukraine³

One of the major challenges in the design of modern avionics is to create a reliable navigation system which fulfils the requirements of maximum autonomy, noise immunity, precision and power, especially if the system is used as part of lethal unmanned aerial device and apparatus.

When performing tasks in direct support of ground forces under conditions of modern warfare, the system of optical-television targeting assault lethal devices must comply with certain requirements, however, to date, all the existing armed complexes optical television guidance in aviation of NATO countries, and the developments of other states cannot fully meet these requirements.

In this paper, the authors considered the option of installation of an optical-television targeting on small highly maneuverable lethal machine.

This developed a complex optical-television targeting provides a solution to the task of close support for ground troops with a maximum degree of automation and the unloading of the pilot, and depending on modification can be used in the daytime and at night, in adverse weather conditions, in conditions of extremely noise-free terrain, the complex allows you to track and transmit target designation for twenty or more objects at the same time, the minimal size of the object to be recognition is 20x20 cm, at distances up to 30 km when using hardware zoom and stable platform, the complex optical television guidance has properties learning programs has weight and overall dimensions that allow its use on manned spacecraft and unmanned aerial vehicles, also due to the non-active radiation – complex, subtle, at a cost significantly below their foreign counterparts.

Keywords: lethal apparatus; unmanned aerial apparatus, complex optical television guidance.

References

- F. Liu** Content-preserving warps for 3d video stabilization / F. Liu, M. Gleicher, H. Jin, and A. Agarwala // ACM Transactions on Graphics (TOG). – ACM, 2009. – 28(3). – p. 44.
- Pavlov V.A.** (2015) An analysis of the joint operation of methods for tracking objects in a video stream received from an aircraft [Analiz sovmestnoy raboty metodov soprovozhdeniya ob'ektov v videopotoke, poluchaemom s letatel'nogo apparata], Russia, Protvino, 75-79 pp.
- Lyubchik V. R.** Modernization of systems-optical television guidance system using binocular and computer vision algorithms flipping displacement [Modernizatsiya kompleksiv optiko-televiziynogo navedennya z vikoristannyam binokulyarnoyi sistemi komp'yuternogo zoru ta algoritmiv pokadrovogo zmischennya], Chernivtsy, 86-87 pp.
- Szeliski R.** Computer vision: Algorithms and applications / R. Szeliski // Springer ISBN: 978-1-84882-934-3, Texts in Computer Science, 2011, - 811 p.
- Li Y.** Tracking in Low Frame Rate Video: A Cascade Particle Filter with Discriminative Observers of Different Lifespans / Y. Li, H. Ai, T. Yamashita, S. Lao, and M. Kawade // CVPR, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. – pp. 1728–1740.
- Kalal** Forward-Backward Error: Automatic Detection of Tracking Failures / Kalal, K. Mikolajczyk, and J. Matas // International Conference on Pattern Recognition, 23-26 August. – Istanbul, Turkey, 2010. –pp. 23–26.