

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА ВІДЕОСУПРОВОДЖЕННЯ НА БАЗІ МОБІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

На сучасному етапі розвитку систем обробки і аналізу інформації збільшуються обсяги застосування комп'ютеризованих систем в усіх областях людської діяльності. Широке поширення вони отримали в системах стеження, забезпечення безпеки різних об'єктів, передачі, обробки та зберігання відеоінформації, навігації при використанні у мобільних комплексах. Особливе місце при застосуванні мобільних комплексів посідає процес відстежування навколишніх рухомих об'єктів, що включає в себе задачі збору, обробки та перетворення інформації про рух цих об'єктів в полі зору відеомодуля, розташованого на стабілізованій платформі мобільного комплексу. В роботі висвітлюється процес розробки моделі комп'ютеризованої системи супроводження рухомих об'єктів, розміщеної на мобільній платформі. Розглянуто основну методику визначення параметрів спостережуваного об'єкта алгоритм відеосупроводження, розробку та дослідження моделі комп'ютеризованої системи обробки інформації при відеосупроводженні рухомих об'єктів.

Побудовано систему автоматичного виявлення та супроводження рухомих об'єктів. До її складу входять стабілізована платформа, на якій розміщено модуль оптичних датчиків, та гіроскопічні пристрої для її стабілізації, платформа розташована на рухомій платформі мобільного комплексу, що рухається у потрібному напрямку на місцевості, дані про зміщення платформи вимірюються у блоці акселерометрів. Дані з акселерометрів та гіроскопів оброблюються в комп'ютеризованому блоці обробки динамічних даних, передаючи сигнали до блоку управління, що в свою чергу, керуючими сигналами до горизонтального та вертикального приводів підтримує стабілізацію платформи з оптичними датчиками. Дані з оптичних датчиків оброблюються в блоці обробки оптичних даних, передаючись як на екран оператора так і на блок прогнозування, що застосовується для автоматизованого супроводу об'єкта спостереження.

Проведено моделювання роботи системи в програмі Construct 2. На основі моделювання зібрано статистичні показники про час візування та розраховано показник ефективності автоматизованої системи відеосупроводження, що склав в середньому 8%.

Ключові слова. Комп'ютеризована система, відеосупроводження, мобільна платформа, моделювання, Construct 2, автоматизація.

KVASNIKOV V., SHELUHA O.
National Aviation University

COMPUTERIZED VIDEO CONTROL SYSTEM BASED ON MOBILE COMPLEX

At the present stage of the development of information processing and analysis systems, the use of computerized systems in all areas of human activity is increasing. They have become widespread in tracking systems, security of various objects, transmission, processing and storage of video information, navigation when used in mobile complexes. Particularly important in the application of mobile complexes is the process of tracking surrounding moving objects, which includes the task of collecting, processing and converting information about the movement of these objects in the field of view of the video module located on a stable platform of the mobile complex. The paper describes the process of developing a model of a computerized tracking system for moving objects hosted on a mobile platform. The basic technique for determining the parameters of the observed object is the algorithm of video surveillance, development and research of the model of computerized information processing system for video tracking of moving objects. A system of automatic detection and tracking of moving objects is built. It consists of a stabilized platform with a module of optical sensors and gyroscopic devices for its stabilization, the platform is located on a mobile platform of the mobile complex moving in the desired direction on the ground, the displacement data of the platform is measured in the accelerometer unit. Accelerometer and gyroscope data are processed in a computerized dynamic data processing unit, transmitting signals to the control unit, which in turn controls the signals to the horizontal and vertical actuators to stabilize the platform with optical sensors. Data from optical sensors are processed in the optical data processing unit, transmitted to both the operator screen and the prediction unit used for automated tracking of the object of observation.

The simulation of the system operation in the program Construct 2. Based on the simulation, collected statistics on the time of sight and calculated the effectiveness of an automated video surveillance system, which averaged 8%.

Keywords. Computer system, video surveillance, mobile platform, modeling, Construct 2, automation.

Вступ. З розвитком технологій задача автоматизації та віддаленості оператора при роботі складних технічних систем та мобільних комплексів (МК) не втрачає актуальності, а постійний розвиток комп'ютерних систем дозволяє використовувати як нові методики при виконанні різноманітних задач, так і підвищити ефективність цих систем в результаті впровадження додаткових підсистем. На сучасному етапі розвитку систем обробки і аналізу інформації збільшуються обсяги застосування комп'ютеризованих систем в усіх областях людського господарства. Широке поширення вони отримали в системах стеження, забезпечення безпеки різних об'єктів, передачі, обробки та зберігання відеоінформації, навігації мобільних комплексів тощо. Особливе місце при застосуванні МК посідає процес відстежування навколишніх рухомих об'єктів, що включає в себе задачі збору, обробки та перетворення інформації про рух цих об'єктів в полі зору відеомодуля МК, що зазвичай виконується в ручному режимі.

Аналіз досліджень та публікацій. Вагомі результати в області створення та управління комп'ютеризованих технічних систем внесли дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених В.А. Бесекерського, Б.А. Алпатова, С.З. Кузьміна, Е.П. Сейджа, Л. Льюнга, П. Ейкхоффа, Я.З. Ципкіна, Х.А. Тахи, Д.П. Кучерова та інших [1-7].

В результаті аналізу досліджень та публікацій було визначено, що прискорення пошуку та визначення координат навколишніх рухомих об'єктами вимагають створення комп'ютеризованих бортових систем керування рухом, а також створення відповідних систем спостереження за наземними, повітряними та водними просторами із застосуванням навігаційних систем, встановлених на рухомих об'єктах-носіях (наземних рухомих засобах, річкових и морських кораблях, вертольотах, літаках, безпілотних повітряних та підводних суднах тощо).

Постановка задачі. Однією з задач, що необхідно вирішити є задача виявлення об'єкта на зображенні, що вирішується розробниками в залежності від наявних ресурсів (кореляційно-екстремальними методами, різницевиими методами або методами сегментації). Наступним кроком є задачі збору даних та визначення параметрів, що є характерними для об'єкту. На основі цих даних та параметрів необхідно вирішити задачу розробки моделі для комп'ютерної системи обробки даних, що зможе виконувати відстеження та прогнозування траєкторії спостережуваного об'єкта у вигляді постійного суміщення лінії візування з положенням об'єкта.

Викладення основного матеріалу. Розглянемо взаємодію об'єкта з навколишнім середовищем. Схема ідентифікації параметрів та основні задачі, що потрібно виконати на цьому етапі наведено на рис. 1.

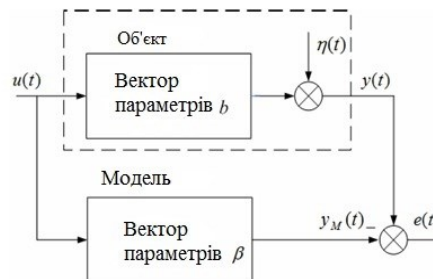


Рис. 1. Схема спостереження при ідентифікації об'єкта.

На рисунку прийняті наступні позначення: $u(t)$ – вхідний вплив; $\eta(t)$ – неконтрольований випадковий вплив; $y(t)$ – вихідний вплив об'єкта; $y_M(t)$ – вихідний вплив моделі; $e(t)$ – різниця (нев'язка) між виходами об'єкта та моделі; b – вектор параметрів об'єкта; β – вектор параметрів моделі.

Ідентифікація параметрів об'єкта у відповідності до схеми спостереження (рисунок) полягає в наступному:

На входи об'єкта і моделі подається зовнішній вплив $u(t)$. У реальних умовах взаємодії об'єкта з середовищем сигнали спостереження за об'єктом спотворені випадковими збуреннями, обумовленими специфікою функціонування самого об'єкта, похибками методів і засобів вимірювань і неконтрольованими впливами зовнішнього середовища. При використанні такої схеми спостережень покладається, що результати вимірювань вхідного сигналу є дійсним вхідним сигналом, а всі внутрішні і зовнішні збурення, відхилення вимірюваних значень від істинних впливів характеризуються перешкодою $\eta(t)$. Зазвичай, в результаті експерименту отримують спостереження входу і виходу, тобто реалізації випадкових функцій $u(t)$ і $y(t)$. Оскільки об'єкт пов'язує вхід $u(t)$ з виходом $y(t)$, то цей зв'язок вихідної величини із вхідними формально можемо представити деяким оператором f_0 :

$$y(t) = f_0(u(t), \eta(t), b). \quad (1)$$

Відповідно до цього вихідна величина об'єкта залежить від зовнішнього впливу $u(t)$, перешкоди $\eta(t)$ та від невідомого вектора параметрів $b = [b_0, \dots, b_m]$, значення яких безпосередньому спостереженню недоступні.

На підставі відомостей про об'єкт формується модель, під котрою розуміється деякий оператор f , перетворюючий спостережуваний вхідний вплив $u(t)$ в її реакцію $y_M(t)$:

$$y_M(t) = f(u(t), 0, \beta). \quad (2)$$

Модель (2) описується рівняннями, подібними рівнянням об'єкта (1), що містять інформацію про вимірювані вхідні і вихідні величини, причому вважається, що перешкоди не міняють вигляду моделі. Коефіцієнти цих рівнянь є параметрами моделі. Вихідна величина моделі залежить від параметрів $\beta = [\beta_0, \dots, \beta_m]$ які розраховуються на основі алгоритму, що оброблює вектор всіх спостережень. Для знаходження вектора параметрів β необхідно визначити оптимальний спосіб коректування моделі.

Завдання ідентифікації полягає в побудові такого модельного оператора f , щоб вихідний сигнал моделі був би найбільш близьким до вихідного сигналу об'єкта f_0 .

$$e(t) = y(t) - y_M(t) = e(y(t), y_M(t), \beta).$$

Для оцінки відповідності моделі об'єкту вводиться функція втрат (нев'язки) $F[y(t), y_M(t), \beta]$, що в будь-який момент часу залежить від виходів об'єкта та моделі і не залежна від оператора, та на її основі формулюється критерій ідентифікації:

Критерій якості ідентифікації, що характеризує адекватність моделі реальному об'єкту, являє собою середні втрати. Відповідно підвищення ефективності ідентифікації, здійснюється шляхом належного вибору структури моделі і зміною значень її параметрів. Процедура зміни реалізується алгоритмом ідентифікації.

У зв'язку з можливістю застосування результатів роботи у різних сферах діяльності та умовах - опустимо методи розпізнавання об'єкта спостереження, та перейдемо до самого процесу супроводження рухомих об'єктів.

Побудуємо систему автоматичного виявлення та супроводження рухомих об'єктів (рис.2). До її складу входять стабілізована платформа, на якій розміщено модуль оптичних датчиків, та гіроскопічні пристрої для її стабілізації, платформа розташована на рухомій платформі мобільного комплексу, що рухається у потрібному напрямку на місцевості, дані про зміщення платформи вимірюються у блоці акселерометрів. Дані з акселерометрів та гіроскопів оброблюються в комп'ютеризованому блоці обробки динамічних даних, передаючи сигнали до блоку управління, що в свою чергу, керуючими сигналами до горизонтального та вертикального приводів підтримує стабілізацію платформи з оптичними датчиками. Дані з оптичних датчиків оброблюються в блоці обробки оптичних даних, передаючись як на екран оператора так і на блок прогнозування, що застосовується для автоматизованого супроводу об'єкта спостереження.

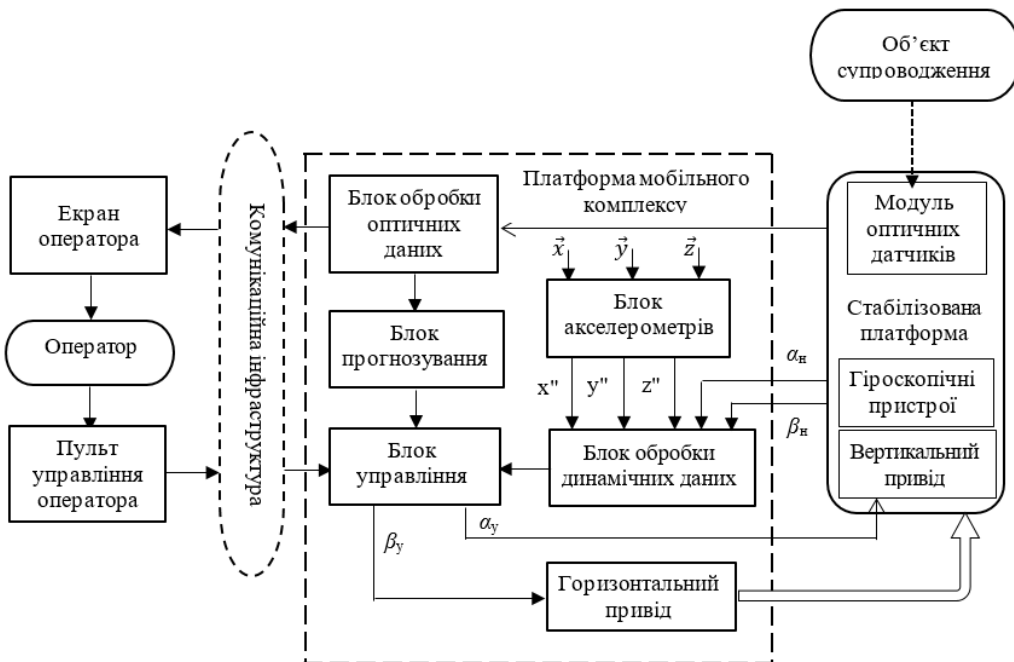


Рис. 2. Система автосупроводження рухомих об'єктів на базі мобільного комплексу

Принцип роботи такої системи полягає в наступному. З модуля оптико-електронних датчиків на екрани оператора надходить зображення спостережуваного об'єкта. Оператор приймає рішення щодо спостереження та супроводу цілі, виконує попереднє (грубе) наведення на ціль за допомогою пульта управління, та активує один з режимів: напіваавтоматичний або автоматизований.

При напівавтоматичному режимі виконується стабілізація і утримання лінії візування зафіксованої оператором за допомогою показників гіроскопічних приладів, а наведення виконується оператором вручну.

При активації автоматизованого режиму використовуються дані з комп'ютеризованого блоку прогнозування, а саме виконується розрахунок параметрів руху спостережуваного об'єкта супроводження (створюється математична модель), що використовуються для кореляції координат об'єкта. Після проведення порівняння отриманих даних про об'єкт з математичною моделлю, виконується розрахунок сигналів зміщення стабілізованої платформи на відповідні кути для супроводу об'єкта супроводження. Далі проводиться розрахунок наступних координат об'єкта спостереження, дані записуються у математичну модель, а дані про зміщення та прогнозоване зміщення передаються до блоку управління, що, в свою чергу, формує управляючі сигнали, та забезпечує не лише стабілізацію, як у напівавтоматичному режимі, а й вирівнювання вісі візування оптичних датчиків з врахуванням переміщень спостережуваного об'єкту.

Подальша послідовність кроків роботи системи полягає в наступному:

1. Фіксація оператором об'єкту спостереження, передача на опрацювання до комп'ютеризованої підсистеми прогнозування;
2. Вибір кадру у отриманому з модулю оптичних датчиків зображення;
3. Якщо це перша ітерація – виконується передача до кроку 4, інакше до кроку 5;
4. Виконується початкова ідентифікація параметрів (положення відносно вимірюючого пристрою, наближені геометричні параметри об'єкта спостереження) та перехід до наступної ітерації (крок 12);
5. Наближене порівняння параметрів об'єкта з еталонним, при відповідності – перехід до обробки зображення (крок 6), інакше – до екстраполяції даних руху спостережуваного об'єкта (крок 9);
6. На цьому етапі виконується обробка зображення, а саме: визначення координат об'єкта спостереження та обрахування його зміщення відносно еталонного (нульових координат);
7. З отриманих у кроці 6 даних формуються керуючі сигнали для приводів горизонтального та вертикального наведення вимірюючого пристрою з метою центрування лінії візування об'єкту управління;
8. За отриманими даними оновлюється еталон об'єкту спостереження та виконується перехід до наступної ітерації (крок 12);
9. При не відповідності (відсутності в кадрі) об'єкта спостереження виконується збільшення лічильника втрати об'єкта спостереження;
10. Виконується перевірка досягнення лічильника втрати об'єкта ліміту ітерацій з втратою об'єкта. При недосягненні – перехід до екстраполяції даних (крок 11), при перевищенні ліміту – до процесу зриву супроводу (крок 13);
11. Виконується розрахунок можливого положення об'єкта спостереження відповідно до еталонних даних про об'єкт;
12. Формування наступної ітерації отримання зображення з оптико-електронного модулю. Перехід до кроку 2;
13. Формування запису про втрату об'єкту спостереження;
14. Передача керування до ручного управління оператором.

На основі математичного апарату було виконано моделювання роботи системи в програмі Construct 2 (рис 3), що дозволяє проводити моделювання без застосування програмного коду, напряму визначаючи перелік подій та взаємодію між об'єктами.

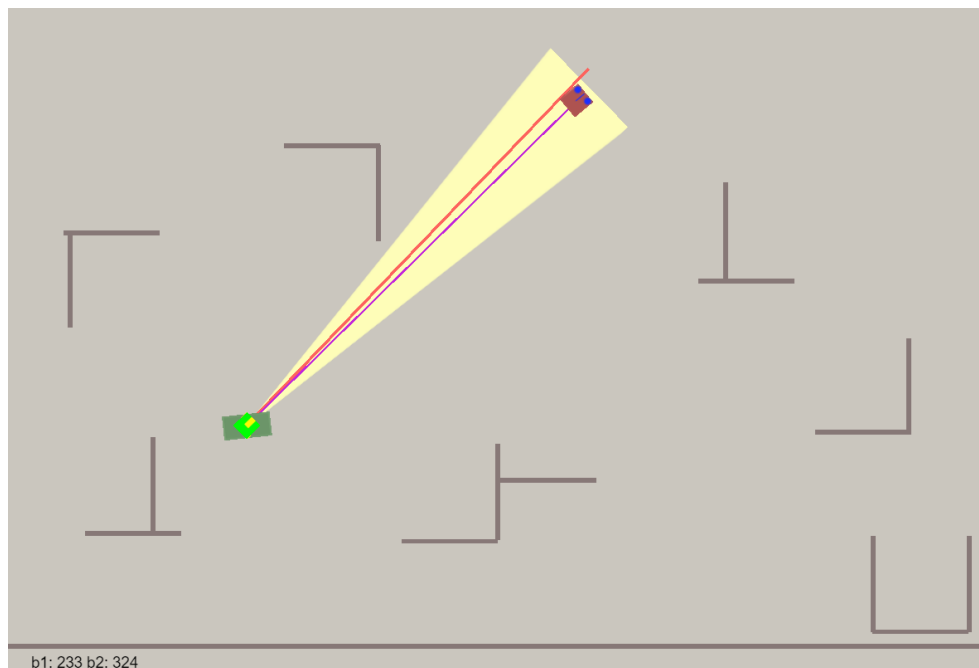


Рис. 3. Процес моделювання в програмі Construct 2

На основі моделювання зібрано статистичні показники про час візування (таблиця 1, рис. 4). Час проведення одного експерименту моделювання приблизно 5-6 хвилин, що не є суттєвим, оскільки дані ручного наведення R та системою траєкторного стеження A збирався паралельно під час кожної ітерації.

Також слід відмітити, що моделювання проводилося в різний час для врахування різних моментів людського фактору – сконцентрованість, енергійність та, навпаки, втома оператора.

Показник ефективності Δ роботи системи траєкторного стеження обраховувався за наступною формулою:

$$\Delta = \frac{A - R}{A} * 100\%$$

Таблиця 1

Результати моделювання та показник ефективності автоматизованої системи відеосупроводження

№	Час візування вручну зі стабілізацією R, кадрів	Час візування комп'ютеризованою системою відеосупроводження A, кадрів	Показник ефективності Δ, %
1	8407	9514	11.64
2	9630	10301	6.51
3	9781	10197	4.08
4	9384	10660	11.97
5	10256	10727	4.39
6	9138	10177	10.21
7	9705	10542	7.94
8	9260	9869	6.17
9	8971	9801	8.47
10	9193	10127	9.22
Всього			
	93725	101915	8.03



Рис. 4. Порівняльна гістограма кількості кадрів фіксації ліній візування

Проаналізувавши дані експериментального дослідження можемо зробити висновок, що середня ефективність системи автоматизованого супроводження рухомих об'єктів, встановлена на рухомій платформі складає приблизно 8 %, або в діапазоні від 4 до 12 %, в залежності стану оператора.

Висновки. В роботі розглянуто модель взаємодії об'єкта з навколишнім середовищем, та висвітлено схему ідентифікації параметрів об'єкта спостереження. Запропоновано структурну схему мобільного комплексу з комп'ютеризованою системою супроводження рухомих об'єктів.

Розроблено програмне забезпечення для моделювання процесу автоматизації керування орієнтацією оптичної осі систем відеоспостереження, та представлено його результати. Проведено аналіз цих результатів та вицілено, що ефективність супроводу рухомих об'єктів зростає в середньому на 8 % в залежності від людського фактору.

Література

1. Бесекерский В.А. Динамический синтез систем гироскопической стабилизации. / Бесекерский В.А., Фабрикант Е.А. – Л.: Судостроение, 1968. – 350с.
2. Бесекерский В.А. Теория автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб, изд-во «Профессия», 2003. – 752с.
3. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, О.Е. Балашов, А.И. Степашкин. – М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.
4. Кузьмин С.З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: «Сов. радио», 1974. – 432 с.
5. Сейдж Э.П. Идентификация систем управления, Эндрю П. Сейдж, Джеймс Л. Мелса, издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1974, 248 с.
6. Таха, Х.А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
7. Кучеров Д.П.. Синтез адаптивных систем терминального управления; Монография. / Д.П. Кучеров, В.В. Камишин. – К. : Инфосистем, 2010. – 232 с.

References

1. Besekersky V.A. Dynamic synthesis of gyroscopic stabilization systems. / Besekersky V.A., Fabricant E.A. - L.: Shipbuilding, 1968. - 350p.
2. Besekersky V.A. Theory of automatic control / V.A. Besekersky, E.P. Popov. - Ed. 4th, rev. And add. - St. Petersburg, publishing house "Profession", 2003. - 752s.
3. Methods of automatic detection and tracking of objects. Image Processing and Management / B.A. Alpatov, P.V. Babayan, O.E. Balashov, A.I. Stepashkin. - M.: Radio Engineering, 2008. -- 176 p.
4. Kuzmin S.Z. Fundamentals of the theory of digital processing of radar information / S.Z. Kuzmin. - M. : "Owls. Radio ", 1974. - 432 p.
5. Sage E.P. Identification of control systems, Andrew P. Sage, James L. Melsa, Nauka Publishing House, General Physics and Mathematics, Moscow, 1974, 248 pp.
6. Taha, H.A. Introduction to Operations Research, 7th edition: Per. From English - M.: Williams Publishing House, 2005. - 912 p.
7. Kuchеров D.P. Synthesis of adaptive terminal control systems; Monograph. / D.P. Kuchеров, V.V. Kamishin. - K.: Infosystem, 2010. -- 232 p.

Рецензія/Peer review : 28.08.2019

Надрукована/Printed : 02.01.2020