

УДК 629.113; 681.518  
UDC 629.113; 681.518

Клименко<sup>1</sup> В.В., Поляков<sup>2</sup> В.М., Сакно<sup>3</sup> О.П., Колеснікова<sup>3</sup> Т.М.

<sup>1</sup> *Військова академія (м.Одеса)*

<sup>2</sup> *Національний транспортний університет*

<sup>3</sup> *ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

## РІШЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗАВДАНЬ В СИСТЕМАХ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ БЕЗПІЛОТНИХ АВТОМОБІЛІВ

Проведено аналіз концепцій і технологій розвитку і функціонування безпілотних автомобільних систем. Особливу увагу приділено методу обробки дискретної інформації в технічних системах зору безпілотних автомобільних систем та визначено основні технічні труднощі впровадження зорового інформаційного каналу в контури систем управління автомобілем.

**Ключові слова:** система технічного зору, безпілотна автомобільна система (БАС), аналітична модель, реставрація дискретних зображень.

**Постановка проблеми.** Застосування систем технічного зору в даний час є одним з головних засобів розвитку автоматичних систем управління рухом автомобіля. При цьому існують проблеми, що пов'язані з перетворенням зорової інформації в дані результатів розпізнавання, визначення параметрів руху об'єктів в режимі реального часу. Обмеженість існуючих методів обробки дискретних зображень в системах технічного зору безпілотних автомобілів в частині обліку випадкових збурень на полі шумових перешкод обумовлює необхідність їх подальшого вдосконалення при вирішенні класу некоректних інформаційних завдань.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Актуальність проблеми розробки методів перетворення і передачі інформації в безпілотних автомобільних системах (БАС) обумовлює необхідність вдосконалення систем обробки дискретних зображень, як самостійного класу систем, які застосовуються для вирішення інформаційних завдань [1]. Впровадження в практику обробки інформації дискретних методів обчислювальної математики дозволило істотно розширити клас методів, які застосовуються для реставрації дискретних зображень в БАС і включити в число допустимих зворотних методів, що засновані на безпосередній інверсії оціночної матриці оператора деформації, на базі якого формується оператор реставрації [2]. Однак ці методи є досить чутливими до випадкових варіацій елементів матриці оператора реставрації, яка враховує зовнішні перешкоди, випадкові обурення і внутрішній шум системи формування зображення, що призводить до істотного зниження якості дискретних зображень при їх реставрації інверсним методом [3].

Корисний сигнал про об'єкти і середовищі, що оточують БАС, проходить крізь середу, піддається вторинному розсіюванню, тому відновлення дійсних параметрів розподіленої оптичного середовища – досить складне завдання, яке вирішується як аналітичними, так і наближеними методами [4].

Таким чином, дослідження процесу реставрації дискретних зображень інверсним методом на основі формування оператора реставрації, який враховує зовнішні перешкоди, випадкові обурення і внутрішній шум системи формування зображення є актуальним завданням як у теоретичному, так і в практичному плані [5].

**Постановка задачі та її рішення.** Метою роботи є огляд підходів до вирішення проблеми підвищення якості отриманих дискретних зображень в БАС, реставрованих методом інверсного синтезу в умовах апріорної невизначеності щодо оператора реставрації.

**Результати досліджень.** Під БАС будемо розуміти систему, яка управляє автомобілем за допомогою системи дистанційного керування, основу якої становить система формування зображень (місцевості, об'єктів, елементів дороги, розмітки тощо) і каналів їх передачі з метою ефективного управління безпілотним автотранспортним засобом.

Під системою обробки зображень БАС в загальному сенсі розуміємо систему з виконання операцій із формування та аналізу зображень з метою вирішення інформаційних завдань.

В теорії обробки сигналів в ряді випадків рішення таких задач, як задача оптимальної фільтрації, спостереження, оцінки, класифікації спостережень, спектрального аналізу та реставрації зображень, передбачає використання зворотних методів обробки сигналів [6]. В основі даних методів лежить процедура інверсії оціночної матриці оператора деформації. Системи з інверсним оператором

реставрації (обробки) зображень значно чутливі до випадкових збурень коефіцієнтів оператора реставрації і внутрішніх шумів системи [7].

Розглянемо систему формування зображень технічного зору автомобіля, (рис. 1).

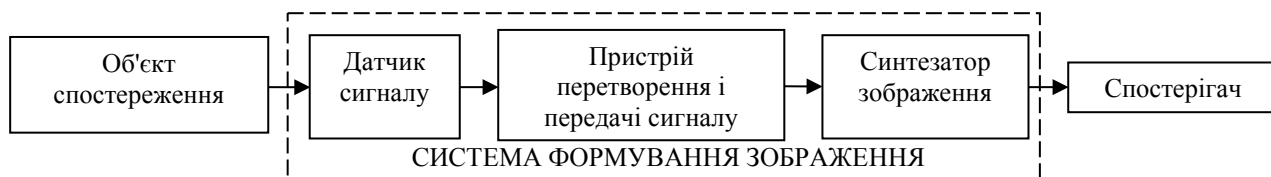


Рис. 1. Узагальнена структурна схема формування зображень в системі технічного зору автомобіля

Датчик сигналу взаємодіє безпосередньо з об'єктом, який спостерігається. Синтезатор зображення формує зображення, яке є безпосередньо для зорового сприйняття. Пристрій перетворення і передачі сигналу погоджує і пов'язує між собою датчик сигналу і синтезатор зображення. Перетворення сигналів, які виконуються в цих пристроях, як правило, виконуються з метою зміни їх фізичної природи або зміни їх структури, тобто математичної формалізації сигналів, які спостерігаються. Тому під обробкою зображень для БАС необхідно розуміти обробку сигналу алгебраїчними методами з метою корекції сформованого на виході системи зображення.

Під корекцією систем, які формують зображення, необхідно розуміти обробку сигналу в реальній системі формування зображень, спрямованої на отримання зображень, які відповідають ідеальній системі їх формування.

Необхідно враховувати, що під ідеальною системою формування зображень слід розуміти систему, наявність якої між об'єктом спостереження і собою спостерігач згоден не бачили, тобто це система, яка створює зображення, еквівалентну об'єкту для спостерігача.

Таким чином, корекція систем, які формують зображення це корекція показників систем, тобто приведення їх до необхідних, іншими словами створення доступної для візуального сприйняття інформації, яка безпосередньо не може бути сприйнята зором людини (рис. 2).

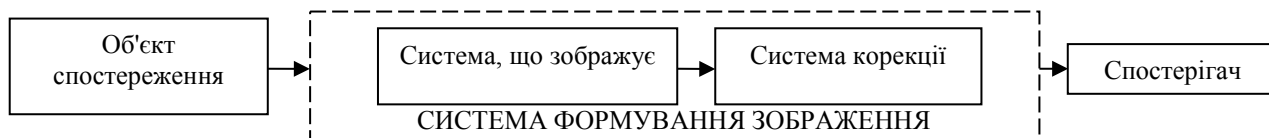


Рис. 2. Місце системи корекції в загальній системі формування зображення

У загальному випадку процес функціонування системи зображення (рис. 3), представлена узагальненою схемою на рис. 2, можна описати операційним рівнянням виду:

$$Y = F(X), \quad (1)$$

де оператор  $F$  характеризує процес обробки спостереження в загальній системі формування зображення; вектор  $Y$  - результат обробки вхідного зображення, об'єднаного в вектор  $X$  за певний інтервал спостереження.

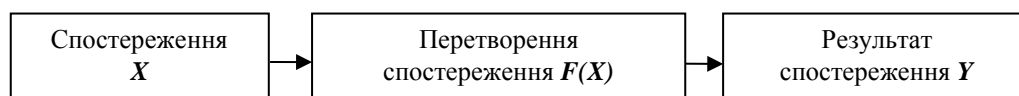


Рис. 3. Узагальнений процес функціонування системи, що зображує

У цьому випадку завдання корекції зображення БАС, яке спостерігається  $Y$  зводиться до управління оператором  $F(X)$ , з метою формування такого оператора корекції  $G(Y)$ , щоб в результаті його використання формувалося зображення, найбільш близьке до ідеального зображення в сенсі деякого заданого критерію вірності відтворення:

$$\hat{X} = G[F(X)]. \quad (2)$$

У такій постановці завдання корекції зображення БАС є завдання відновлення або реставрації зображення. Структурна схема процесу відновлення зображення показана на рис. 4.

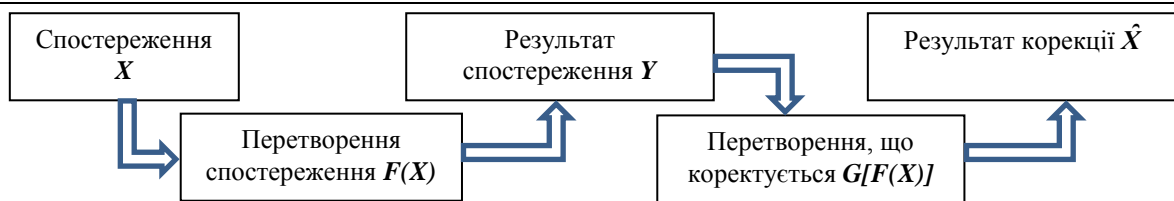


Рис. 4. Узагальнений процес відновлення або реставрації зображення

Під реставрацією зображення в БАС слід розуміти процедуру відновлення або оцінювання елементів зображення з метою корекції спотворень і найкращої апроксимації ідеального неспотвореного зображення.

В узагальненому вигляді завдання реставрації зображень повинна розглядатися з урахуванням внутрішнього шуму самої системи обробки зображень в умовах випадкових збурень оператора формування спостережуваних зображень (так, як поняття «випадкові обурення» набагато ширше в порівнянні з поняттям «внутрішній шум», до якого зазвичай зводяться «випадкові обурення»).

До основних проблем стійкості рішень інформаційних завдань в БАС можна віднести: чутливість системи з інверсним оператором реставрації (обробки) зображень випадкових збурень коефіцієнтів оператора реставрації і внутрішніх шумів системи.

Реальне опис процесу реставрації зображення передбачає вирішення завдання відновлення зображення в цілому, коли в операторі реставрації присутні випадковим збуренням.

Постановка завдання реставрації дискретно спостережуваного зображення в системах технічного зору безпілотних автомобілів передбачає наявність апріорної інформації про всі складові компоненти процесу інверсної реставрації:

- 1) інформацію про вхідний зображення;
- 2) характеристику передавальної функції зображує системи;
- 3) спостережуване зображення.

Одним із шляхів вирішення завдання є можливість формування оцінки невідомого апріорі оператора деформації.

Формування оцінної матриці оператора деформації відноситься до класу задач ідентифікації систем, коли в нашому розпорядженні є вхідний  $X$  і виходить  $Y$  сигнали, а передавальна функція системи невідома.

Рівень деформації зображення, яке спостерігається на виході системи формування дискретних зображень, може бути різним, залежно від передавальної характеристики системи: форми оператора деформації і його параметрів.

Проблема стійкості рішень інформаційних завдань в системах технічного зору безпілотних автомобілів зводиться до проблеми формування оцінки оператора деформації (викривлення) системи формування зображень з урахуванням розмірності вхідного інформаційного масиву і випадкових збурень, а також шумів системи.

**Висновки.** Реставрація зображень зворотним методом для безпілотних автомобільних систем зводиться до отримання регулярно-стійкого рішення в умовах апріорно невизначеною або неточно вимірної інформації щодо вихідних параметрів.

1. Скачков В.В. Анализ эффективности адаптивной обработки сигналов в условиях дестабилизирующих воздействий / В.В. Скачков // Радиотехника. – 1998. – №11. – С. 17–23.

2. Скачков В.В. Влияние случайных возмущений на качество пространственной реставрации дискретных изображений алгебраическим методом / В.В. Скачков, В.В. Клименко, Е.К. Мыйнов // Сборник научных трудов «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». Часть 2. – Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2002. – С. 150-153.

3. Клименко В.В. Методика аналитической оценки чувствительности инверсной системы восстановления информации к случайным возмущениям / В.В. Клименко, В.В. Скачков // Збірник наук. праць СВМІ. – Севастополь: Вид. СВМІ ім. П.С. Нахімова. – 2005. – №2. – С. 103-108.

4. Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010. Под ред. Р. Р. Назирова. – М.: КДУ, 2011. – Вып. 4. – 328 с.

5. Скачков В.В. Проблема повышения качества измерения информативных параметров радиосигналов в условиях аддитивных шумов / В.В. Скачков, В.И. Павлович // тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Метрологія, технічне регулювання та забезпечення якості». – 2015. – 96-99 С.

6. Василенко Г.Н. Восстановление изображений / Г.Н. Василенко, А.М. Тараторив. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.

7. Уэбб С. Физика визуализации изображения в медицине / С. Уэбб – М.: Мир, 1991. – 282 с.

## REFERENCES

1. Skachkov, V. (1998). Analiz effektivnosti adaptivnoy obrabotki signalov v usloviyah destabiliziruyuschih vozdeystviy [Analysis of the efficiency of adaptive signal processing in conditions of destabilizing effects]. *Radiotekhnika - Radio engineering*, 11, 17–23 [in Russian].
2. Skachkov, V. \$ Klimenko, V. \$ Myiynov, E. (2002). Vliyanie sluchaynykh vozmuscheniy na kachestvo prostranstvennoy restavratsii diskretnykh izobrazheniy algebraicheskim metodom [The influence of random perturbations on the quality of spatial restoration of discrete images by the algebraic method]. *Sbornik nauchnykh trudov «Prikladnaya radioelektronika. Sostoyanie i perspektivy razvitiya» - Collection of scientific works "Applied radioelectronics. Status and Prospects of Development"*, Harkov: AN PRE, HNURE, 150-153 [in Russian].
3. Klimenko, V. \$ Skachkov, V. (2005). Metodika analiticheskoy otsenki chuvstvitelnosti inversnoy sistemy vosstanovleniya informatsii k sluchaynyim vozmuscheniyam [Method of analytical assessment of the sensitivity of the inverse system of information recovery to random disturbances]. *ZbIrnik nauk. prats SVMI - Collection of scientific papers SVMI*, 2, 103-108 [in Russian].
4. Nazirov, R. (2011). *Tekhnicheskoe zrenie v sistemah upravleniya mobilnyimi ob'ektami-2010 [Technical vision mobile object management systems-2010]*. M. : KDU [in Russian].
5. Skachkov, V. \$ Pavlovich, V. (2015). Problema povysheniya kachestva izmereniya informativnykh parametrov radiosignalov v usloviyah additivnykh shumov [The problem of improving the quality of measuring informative parameters of radio signals under conditions of additive noise]. *V MizhnarodnoYi naukovopraktichnoYi konferentsiyi «Metrologiya, tekhichne reguluyuvannya ta zabezpechennya yakosti» - V International Scientific and Practical Conference "Metrology, Technical Regulation and Quality Assurance"*. (pp. 96-99) [in Russian].
6. Vasilenko, G. \$ Taratoriv, A. (1986). *Vosstanovlenie zobrazheniy [Restoring images]*. – M.: Radio i svyaz [in Russian].
7. Uebb, S. (1991). *Fizika vizualizatsii izobrazheniya v meditsine [Physics of imaging in medicine]*. M.: Mir [in Russian].

**Клименко В.В., Поляков В.М., Сакно О.П., Колесникова Т.Н. Решение информационных задач в системах технического зрения беспилотных автомобилей.**

Проведён анализ концепций и технологий развития и функционирования беспилотных автомобильных систем. Особое внимание уделено методу обработки дискретной информации в технических системах зрения беспилотных автомобильных систем и определены основные технические трудности внедрения зрительного информационного канала в контуры систем управления автомобилем.

**Ключевые слова:** система технического зрения, беспилотная автомобильная система (БАС), аналитическая модель, реставрация дискретных изображений.

**V. Klimenko, V. Polyakov, O. Sakno, T. Kolesnikova. Problem solving of information in the vision system of unmanned vehicles.**

The analysis of concepts and technologies of development and functioning of unmanned automotive systems is carried out. Processing method of discrete information in the vision system of unmanned automotive systems had a good look. The main technical difficulties of introducing the visual information channel into the contours of control systems of vehicles.

**Keywords:** vision system, unmanned automobile system, analytical model, restoration of discrete images.

### АВТОРИ:

**КЛИМЕНКО Віктор Володимирович**, кандидат технічних наук, с.н.с., доцент кафедри «Автомобільна техніка», Військова академія (м. Одеса), e-mail: [klimenko120@ukr.net](mailto:klimenko120@ukr.net)

**ПОЛЯКОВ Віктор Михайлович**, кандидат технічних наук, професор кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)

**САКНО Ольга Петрівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатація та ремонт машин», ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», e-mail: [sakno-olga@ukr.net](mailto:sakno-olga@ukr.net)

**КОЛЕСНИКОВА Тетяна Миколаївна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатація та ремонт машин», ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», e-mail: [tnk1403@ukr.net](mailto:tnk1403@ukr.net)

### АВТОРЫ:

**КЛИМЕНКО Виктор Владимирович**, кандидат технических наук, с.н.с., доцент кафедры «Автомобильная техника», Военная академия (г. Одесса), e-mail: [klimenko120@ukr.net](mailto:klimenko120@ukr.net)

**ПОЛЯКОВ Виктор Михайлович**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)

**САКНО Ольга Петровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ДВНЗ «Приднепровская государственная академия

строительства и архитектуры», e-mail: [sakno-olga@ukr.net](mailto:sakno-olga@ukr.net)

*КОЛЕСНИКОВА Татьяна Николаевна*, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ДВНЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», e-mail: [tnk1403@ukr.net](mailto:tnk1403@ukr.net)

**AUTHORS:**

*Victor KLIMENKO*, PhD. in Engineering, senior staff scientist, Assoc. Professor of Automotive Engineering Department, Military Academy (Odessa), e-mail: [klimenko120@ukr.net](mailto:klimenko120@ukr.net)

*Viktor POLIAKOV*, PhD, Professor of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)

*Olha SAKNO*, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Operation and Maintenance of Machines Department, Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: [sakno-olga@ukr.net](mailto:sakno-olga@ukr.net)

*Tatiana KOLESNIKOVA*, PhD, Associate professor of Operation and Maintenance of Machines Department, Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: [tnk1403@ukr.net](mailto:tnk1403@ukr.net)

Стаття надійшла в редакцію 27.03.2018р.