

Методи і системи оптично-електронної та цифрової обробки сигналів

И. Н. Русняк

Государственное предприятие «Научно-исследовательский институт «Квант»», г. Киев, Украина.

ИЗМЕРЕНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ И ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

Отношение сигнал/шум (SNR) является одной из основных характеристик современных телевизионных и тепловизионных систем автоматического сопровождения (ТСАС). Известные способы определения SNR в автоматических системах пригодны для систем автоматического обнаружения, однако они не учитывают особенностей систем автоматического сопровождения, в частности требований к допустимой вероятности срыва сопровождения. В данной статье рассмотрено влияние требований к вероятности срыва сопровождения на измерение минимального SNR в сигнале в ТСАС. Получены формулы расчета этого влияния, предложена последовательность проведения соответствующих измерений. Определено, что дальнейшее направление исследований связано с усовершенствованием способов измерения амплитуды сигнала объекта и СКО шума в видеосигнале сложной формы.

Ключевые слова: система автоматического сопровождения, отношение сигнал/шум.

I. M. Rusnik

SE RI "Kvant", Kyiv, Ukraine

MEASURING OF MINIMUM VALUE OF SIGNAL TO NOISE RATIO IN TV AND IR AUTOMATIC TRACKING SYSTEMS

Signal to noise ratio (SNR) is one of general characteristics in modern TV or IR automatic tracking systems (TATS). Well-known methods of determination of SNR in automatic systems utilizable for automatic detecting systems, but they do not take into account features of automatic tracking systems, specifically requirements to acceptable tracking loss probability. This article is devoted to consideration of effect of tracking loss probability requirements on measuring of signal to noise ratio in TATS. Formulas for calculation of this effect are equated, succession of conduction of fit measuring is proposed. It is determine that further direction of research get connected with improvement of methods of measuring of object signal amplitude and noise standard deviation in video signal with complex form.

Keywords: automatic tracking system, signal to noise ratio.

*Надійшла до редакції
11 грудня 2009 року*

УДК 621.3

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ І АЛГОРИТМІВ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДАХ

Колобродов В.Г., Харитоненко К.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Останнім часом цифрова обробка зображень набула особливого поширення. Різноманітність методів і алгоритмів пов'язана з широким спектром проблем, які виникають в оптико-електронних приладах з МПВ, та особливостями функціонування конкретних приладів. Здійснено огляд, систематизацію та аналіз існуючих методів і алгоритмів цифрової обробки зображень, досліджено практичні та теоретичні проблеми їх використання. Зроблено висновки та запропоновано рекомендації стосовно застосування методів для розв'язання конкретних завдань, розглянуто перспективи розвитку напряду. Запропоновано декілька

шляхів спрощення розрахунків для обробки в масштабі реального часу, встановлено особливості функціонування і застосування деяких алгоритмів, приведено недоліки і переваги багатьох методів та складових алгоритмів.

Ключові слова: цифрова обробка зображень, виявлення цілі.

Вступ

Оптико-електронні системи знаходять широке застосування в різних галузях науки і техніки. Сучасний етап їх розвитку характеризується швидким удосконаленням елементної бази, в тому числі розвитком оптико-електронних нано- та мікротехнологій, створенням матричних приймачів випромінювання (МПВ), які дозволяють здійснити режим візуалізації, аналогічній роботі зорового апарату людини.

Проведені дослідження свідчать, що використання цифрової обробки зображень значно покращує сприйняття зображення оператором, а відповідно покращує важливі параметри приладів, наприклад збільшує максимальну дальність розпізнавання в тепловізорах [1].

Існує велика кількість класифікацій методів цифрової обробки зображень, проте жодна з них не містить достатньої інформації про їх застосування.

Створюються інтегровані конструкції, в яких МПВ поєднаний з системами обробки електронних зображень. Це дозволяє перейти до розв'язання важливих практичних задач, в тому числі і задач відокремлення корисних оптичних сигналів і образів на фоні перешкод. У той же час у багатьох сучасних матеріалах не враховано ряд нових факторів та проблем, пов'язаних, наприклад, з різким збільшенням об'єму інформації, яку потрібно обробляти в реальному масштабі часу [2], з особливостями просторової та часової вибірки високого розділення та ін. Також існує проблема [3], яка полягає в необхідному для функціонування методу співвідношенні яскравості цілі та фону.

Постановка задачі

Останнім часом цифрова обробка зображень набула особливого поширення. Різноманітність методів і алгоритмів пов'язана з широким спектром проблем, які виникають в оптико-електронних приладах з МПВ, та особливостями функціонування конкретних приладів. Розв'язання деяких особливо складних задач цифрової обробки зображень потребує подальшого вдосконалення методів і алгоритмів обробки. До них можна віднести: виявлення малорозмірної цілі на атмосферному фоні в інфрачервоних системах пошуку і слідкування [2], забезпечення функціонування приладів в режимі реального часу [3], повна автоматизація і алгоритмізація виявлення цілі в системах технічного зору [4], вибір найефективніших методів і алгоритмів цифрової обробки зображень для розв'язання конкретних практичних завдань [5].

Метою даної роботи є систематизація існуючих методів та розробка рекомендацій щодо застосування розглянутих методів і алгоритмів, дослідження та аналіз особливостей функціонування окремих методів.

Елементарні просторові методи цифрової обробки зображень

Основні просторові методи цифрової обробки зображень, на поєднанні яких базуються більшість відомих алгоритмів у конкретних приладах, представлені на рис. 1. Ці методи головним чином є проблемно-орієнтованими.



Рис. 1. Елементарні методи цифрової обробки зображень

Найпростішим просторовим методом є перетворення зображення в негатив. Такий тип обробки зображення є особливо ефективним для посилення білих або сірих деталей на фоні темних областей для покращення візуального сприйняття, коли темні області мають порівняно великі розміри [5]. Цей метод доцільно використовувати для полегшення аналізу знімків у медицині.

Логарифмічне перетворення змінює яскравість пікселів зображення за логарифмічним законом. Особливість логарифмічного перетворення полягає в здатності стискати динамічний діапазон зображень, які містять значні варіації значень сигналів пікселів [6]. Отже, цей метод варто застосовувати у випадках значних перепадів яскравості у межах одного зображення для покращення видимості деталей для візуального сприйняття.

Степеневе перетворення, як і логарифмічне, при невеликому значенні показника відображають вузький діапазон невеликих значень яскравості в широкий діапазон і стискають діапазон великих значень яскравості [5]. Проте завдяки існуванню цілого сімейства кривих степеневого перетворення метод має більше можливостей. Степеневе перетворення використовується для гамма-корекції при виводі зображення на дисплей пристроїв з електронно-променевою трубкою. Взагалі даний метод є універсальним для покращення візуального сприйняття зображення керуванням контрастом і має бути застосований в медицині, для обробки знімків з космосу тощо.

Зміст кусково-лінійного перетворення полягає у тому, що різні діапазони яскравості розтягуються або стискаються за різними законами. Головною перевагою є можливість формування дуже складної функції перетворення. Проте дане перетворення потребує завдання великої кількості параметрів, що не завжди зручно. Крім того, функція повинна монотонно зростати і залишатися однозначною для виключення можливості появи помилкових деталей на зображенні. Застосовувати кусково-лінійне перетворення, як і в попередньому випадку, доцільно для посилення контрасту знімків та інших зображень, призначених для візуального сприйняття.

Обробка гістограм є основою для численних методів просторової обробки, також є корисною для розв'язання задач стискання та сегментації, тобто розділенні зображення на області по певним критеріям, і містить чимало операцій над гістограмами зображення. Гістограмна обробка є простою і для програмної, і для апаратної реалізації [5], тому є зручною для застосування в алгоритмах для обробки зображень в реальному часі. Використовуючи інформацію, яка міститься в гістограмі, можна знайти функцію перетворення для досягнення найкращого контрасту для візуального сприйняття, що може бути реалізовано простим обчисленням [6]. Отже, гістограми як інструмент обробки зображення доцільно використовувати для забезпечення функціонування приладів у масштабі реального часу та для забезпечення автоматизації покращення зображення.

Також методи цифрової обробки зображень взагалі і обробка гістограм зокрема можуть бути здійснені локально, тобто відносно певного елемента зображення. Крім того, зручно знаходити статистичні параметри з локальних гістограм. Локальні математичне сподівання і дисперсію використовують для локальної обробки зі зміною контрасту [6], яку доречно застосовувати для зображень, на яких якість однієї частини задовільна, а інша може містити непомітні необхідні деталі. Головним чином подібні проблеми постають при розробці приладів, які формують зображення для подальшого сприйняття оператором, або при покращенні знімків у різноманітних галузях.

Застосування арифметично-логічних операцій для обробки зображень

Арифметико-логічні операції – це поелементні перетворення над двома або більше зображеннями. Залежно від апаратного і програмного забезпечення арифметико-логічні операції в приладі можуть здійснюватися послідовно та па-

ралельно (тобто всі елементи одночасно) [5]. Серед логічних операцій достатньо забезпечити можливість реалізації AND, OR та NOT, оскільки будь-яка інша операція може бути здійснена комбінацією вказаних операцій. Логічні операції AND та OR використовуються для маскуванню, тобто виділення частини зображення з метою ізолювання необхідної області обробки.

Порогова обробка здійснюється порівнянням значення яскравості кожного пікселя з певним розрахованим значенням – порогом [7]. Порогову обробку покладено в основу процесу просторового виділення цілі на фоні. Просторове виділення допомагає підкреслити малорозмірні деталі, тому цей процес може стати складовим алгоритму пошуку точкової цілі на атмосферному фоні.

З арифметичних операцій найчастіше застосовують віднімання та додавання. При відніманні зображень деталі, які відрізняються на зображеннях набувають підвищеного контрасту. Знаходження різниці зображень широко застосовують при сегментації часовій обробці, тобто виявленні змін в сусідніх кадрах, розділених певним проміжком часу, а також для виявлення рухомої цілі [8].

У результаті на отриманому зображенні – різниці послідовних у часі зображень - залишаються тільки рухомі елементи та шум. На практиці така процедура ускладнюється проблемами можливості реєстрації зображень у приладі та залишкового шуму.

В іншому алгоритмі, який називають тимчасовим, рух цілі визначають за збільшенням інтенсивності випромінювання у порівнянні з постійною інтенсивністю фону. Такий спосіб варто застосовувати у приладах з функцією виявлення цілі на великій відстані з використанням декількох спектральних діапазонів.

Операція усереднення зображення полягає в сумуванні серії зображень і використовується для зменшення рівня шуму [7]. На практиці серію зображень отримують у процесі накопичення з метою зменшення впливу розфокусування чи інших спотворень. Метод доцільно використовувати для обробки знімків, отриманих при малому рівні освітленості і, як результат, високому рівні шуму датчика, проте оскільки в деяких сучасних приймачах застосовується аналогічна операція інтегрування, він не набув широкого розповсюдження.

Алгоритми із застосуванням просторової фільтрації, результати та їх аналіз

Ефективний результат можна отримати, застосовуючи медіанний фільтр. Перевагою фільтра є менший ефект розфокусування при достатній ефективності. Даний метод доречно застосовувати для обробки зображень при необхідності суттєвого зменшення рівня імпульсного шуму і при недопустимому розфокусуванні. Проте застосування нелінійної операції є недоліком цього фільтра.

Просторовий фільтр згладжування (низькочастотний) надає зображенню ефект розфокусування і дозволяє створити грубий образ об'єкта. Найбільш ефективним є його використання разом з пороговою обробкою при необхідності видалення із зображення дрібних деталей, наприклад перед виявленням більших об'єктів. З цією метою фільтр доцільно використовувати у багатьох при-

ладах, однією з функцій яких є виявлення або пошук яскравих об'єктів на порівняно невеликій відстані. Проте недоліком даного методу є розфокусування контурів у зображеннях, які в подальшому підлягають розпізнаванню, що обмежує його використання. Розглянутий фільтр є ефективним також для згладжування помилкових контурів, що з'являються при перетворенні зображень з недостатньою кількістю рівнів.

Просторові фільтри підвищення різкості (високочастотні) використовуються для підкреслення дрібних деталей, підсилення розривів на зображенні. Фільтри, які застосовують першу похідну, дозволяють отримати товсті виділені контури і менше виділення дрібних деталей, а фільтри із використанням другої похідної – отримати тонкі виділені контури і значне підсилення дрібних деталей і шумів. До того ж похилі контури використання другої похідної подвоює. Для більшості приладів ефективнішим є застосування фільтра, який базується на другій похідній. При необхідності відновити фон отримане після фільтрації зображення додають до початкового. Ця операція дозволяє застосовувати такий фільтр для розв'язання ширшого кола завдань. Фільтр із застосуванням першої похідної дозволяє підкреслити дрібні неоднорідності на однорідному сірому фоні. Такий фільтр доцільно використовувати не тільки для покращення візуального сприйняття зображень, але й для спрощення задачі автоматичного контролю наявності дефектів оптичних деталей [5].

Просторову фільтрацію можна виділити в окремий напрям у цифровій обробці зображень. Один з алгоритмів із застосуванням просторової фільтрації запропонований в [9] складається з нелінійної просторової обробки та порогової обробки для підкреслення малорозмірної цілі на неоднорідному фоні. Недоліком такого алгоритму є необхідна умова перевищення яскравості зображення цілі над флуктуаціями фона. Перевагою в цьому випадку є можливість застосування алгоритму в системах автоматичного виявлення точкової цілі.

Інший алгоритм базується на високому значенні кореляції сусідніх пікселів для фону і його зниженні при наявності цілі, на основі чого створюється оптимальний просторовий фільтр з мінімальною середньою квадратичною похибкою. Як наслідок, при застосуванні порогової обробки отримують бінарне зображення, яке не тільки спрощує зорове сприйняття, але, крім того, може використовуватися для автоматичного виявлення без участі оператора [10]. Перевагою алгоритму також є простота, але при реалізації у конкретних приладах він має певні недоліки [7].

По-перше, алгоритм не використовує часову інформацію, тобто ігнорує те, що ціль рухається швидше за фон. Враховуючи, що в багатьох випадках ця ознака є однією з найважливіших і найбільш надійних для виявлення, цей недолік є суттєвим.

По-друге, алгоритм потребує отримання двох кореляційних матриць, що призводить до збільшення часу обробки кадру, що не завжди є можливим. З метою усунення цього недоліку було розроблено вдосконалений метод та реалізовано його за допомогою пакету MatLab. Було розраховано тільки діагоналі ко-

жної з кореляційних матриць (для стовпців та рядків), а також застосовано різні математичні методи спрощення розрахунків процесором. Після моделювання було отримано результати застосування метода до інфрачервоного зображення цілі на атмосферному фоні – рис. 2. Рис. 3 ілюструє отримане бінарне зображення при застосуванні розробленого алгоритму з пороговою обробкою для виявлення зображення точкової цілі на атмосферному фоні. Місцезнаходження цілі позначено стрілкою.

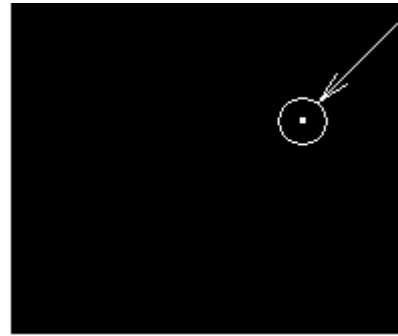


Рис. 2. Інфрачервоне зображення цілі на атмосферному фоні

Рис. 3. Бінарне зображення як результат цифрової обробки з метою виявлення цілі

По-третє, при застосуванні порогової обробки проблемою є вибір значення порогу, оскільки воно залежить від характеристик фону і цілі, закономірності зміни яких складно виділити. При моделювання в MatLab було досліджено особливості вибору порогу та особливості функціонування методу залежно від типу атмосферного фону і зроблено наступні висновки:

- 1) виявлення цілі здійснювалося незалежно від розміру її зображення (рис. 4), що свідчить про широкий діапазон дальності дії для даного методу;
- 2) порогова величина становила 50-90 % від максимального значення яскравості;
- 3) відсутність впливу наявності деяких видів шумів на виявлення (рис. 5).



Рис. 4. Ілюстрація дії методу при збільшенні розміру цілі

Доцільним є використання даного алгоритму в системах з можливістю обробки великих масивів чисел (за наявності потужного процесора), в яких пи-

тання швидкодії не є першочерговим, для виявлення малорозмірних цілей на атмосферному фоні на великих відстанях.

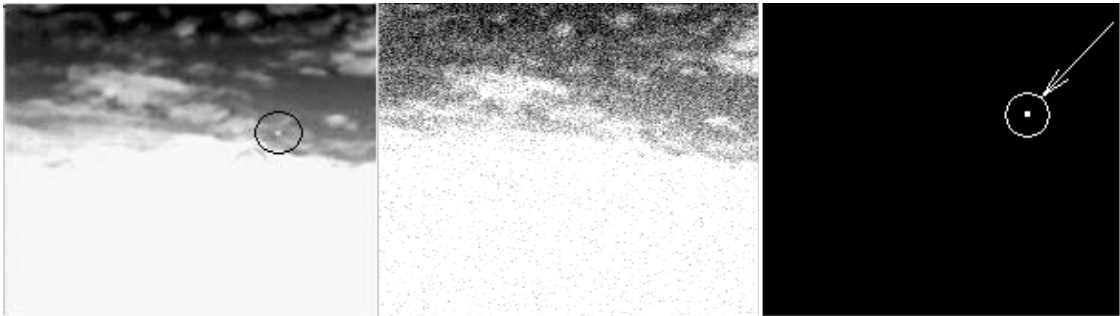


Рис. 5. Ілюстрація дії методу при наявності гаусового шуму

Як перспективи розвитку слід відзначити вдосконалення методів розрахунку в процесорі та алгоритмізацію і автоматизацію процесу вибору значення порогу по відомим характеристикам фону та цілі.

Висновки

Велика кількість існуючих методів і алгоритмів цифрової обробки та можливість комбінацій окремих операцій та методів дозволяє розв'язувати найрізноманітніші задачі в багатьох оптико-електронних приладах, постійно вдосконалювати існуючі алгоритми та постійно підвищувати ефективність обробки зображень. Запропоновано декілька шляхів спрощення розрахунків для обробки в масштабі реального часу, встановлено особливості функціонування і застосування деяких алгоритмів, приведено недоліки і переваги багатьох методів та складових алгоритмів.

Крім того, цифрові алгоритми дозволяють програмно задавати зміну режимів роботи приладів в часі або при зміні зовнішніх обставин, що надає приладам високої керованості, тобто практично необмежених можливостей адаптації до конкретних умов.

В подальшому доцільно дослідити вплив параметрів об'єкта спостереження і фону на вибір метода і алгоритму обробки зображення.

Література

1. Лихолит Н.И. Влияние электронного увеличения тепловизионной системы наблюдения на максимальную дальность распознавания / Н.И. Лихолит, А.С. Ридила, В.Г. Колобродов, В.С. Овечкин // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2006. – №4. – С. 20 - 23.
2. Якименко И.В. Метод компенсации атмосферного фона при пространственной фильтрации тепловых объектов // Журнал радиоэлектроники: Электронный журнал. – 2009. – № 3.
3. Тарасов В.В. Некоторые пути совершенствования тепловизионных систем / В.В. Тарасов, Ю.Г. Якушенков // Специальная техника. – 2004. – № 2.
4. Gerald C. Holst Electro-Optical Imaging Systems Performance. - Winter Park, Florida USA, SPIE Optical Engineering Press, 2001 – 445 p.

5. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – С. 327-350.
6. Ярославский Л. П. Введение в цифровую обработку изображений. - М.: Сов. радио, 1999. – 278 с.
7. Joseph S. Accetta, David L. Shumaker The Infrared and Electro-Optical Systems Handbook. vol. 5. Stephen B. Campana Passive Electro-Optical Systems / Infrared Search and Track Systems. – Infrared Information Analysis Center Environmental Research Institute of Michigan, 2005.
8. G. Labonté , W.C. Deck Infrared Target-Flare Discrimination using a ZISC Hardware Neural Network // Military & Aerospace Electronics. – 2009.
9. Якименко И.В. Пространственная фильтрации тепловых объектов на атмосферном фоне / И.В. Якименко, М.В. Жендарев // Математическая морфология: Электронный математический и медико-биологический журн. – 2009. – Т. 8. – № 1.
10. Якименко И.В. Пространственная фильтрация тепловых объектов на коррелированном атмосферном фоне / И.В. Якименко, М.В. Жендарев // Журнал радиоэлектроники: Электронный журнал.– 2009. – № 2.

В. Г. Колобродов, Е. В. Харитоненко

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
г. Київ, Україна*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРАХ

В последнее время цифровая обработка изображений получила особенное распространение. Разнообразие методов и алгоритмов связано с широким спектром проблем, которые возникают в оптико-электронных приборах с МПИ, и особенностями функционирования конкретных приборов. Осуществлен обзор, систематизация и анализ существующих методов и алгоритмов цифровой обработки изображений, исследованы практические и теоретические проблемы их использования. Сделаны выводы и предложены рекомендации относительно применения методов для решения конкретных заданий, рассмотрены перспективы развития направления. Предложено несколько путей упрощения расчетов для обработки в масштабе реального времени, установлены особенности функционирования и применения некоторых алгоритмов, приведены недостатки и преимущества многих методов и составных алгоритмов.

Ключевые слова: цифровая обработка изображений, обнаружение цели.

V. G. Kolobrodov, K.V. Kharitonenko

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

APPLICATION OF METHODS AND ALGORITHMS OF THE DIGITAL IMAGE PROCESSING IN OPTICAL-ELECTRONIC DEVICES

Digital image processing has spread widely now. The variety of methods and algorithms is caused by the wide spectrum of problems which arise up in optical-electronic devices with FPA, and features of functioning of concrete devices. A review, systematization and analysis of existent methods and algorithms of the digital image processing, is done, investigational practical and theoretical problems of their use are analysed. Conclusions are done and recommendations are offered to find the application of methods for the concrete tasks, the prospects of development of direction are considered. A few ways of simplification of calculations are offered for treatment in the scale of the real time, the features of functioning and application of some algorithms are set, failings and advantages of many methods and component algorithms are showed.

Keywords: digital image processing, target detection.

*Надійшла до редакції
9 вересня 2010 року*