

34.310-95. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи на базе асимметричного криптографического алгоритма. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск: Госстандарт Украины, с дополнениями, 1997. 13. ДСТУ 4145-2002. Інформаційні технології. Криптографічний захист інформації. Цифровий підпис, що ґрунтується на еліптичних кривих. Формування та перевіряння. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2003. 14. ГОСТ В21999. Системы электроснабжения военных гусеничных машин.

УДК 681.327.12

І.Б. Боженко*, З.Д. Грицьків, П.О. Кондратов*
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра радіотехнічних пристроїв та систем,
* НДКІ ЕЛВІТ

ОСОБЛИВОСТІ КОМП’ЮТЕРНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТЕПЛОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

© Боженко І.Б., Грицьків З.Д., Кондратов П.О., 2006

Пропонується математичне забезпечення для збирання, збереження й опрацювання зображень, отриманих тепловізійною камерою. Розглянуто особливості його програмної реалізації.

The mathematical support for the acquisition, storage and processing of the images received by thermovision camera is offered. The features of its program realization are considered.

Вступ

Бурхливий розвиток комп’ютерних технологій дав потужний поштовх до розвитку суміжних галузей, зокрема, прикладного телебачення. Кожне нове досягнення в одній із них надає нові можливості в іншій і водночас висуває до неї нові вимоги. Прикладом цього процесу є вирішення питання введення тепловізійної камери (ТК) до складу комп’ютеризованої системи дистанційного моніторингу.

Огляд літературних джерел

Питання створення комп’ютеризованого тепловізійного комплексу розглянуте у джерелах [1, 2]. Проте задача побудови його математичного і програмного забезпечення (ПЗ) досі є актуальною, оскільки сьогодні не тільки не існує стандартного ПЗ для ТК, але й серед фахівців цієї галузі немає усталеної точки зору на те, якою саме повинна бути така оптимальна форма представлення отриманої інформації, що задовольняла б усі вимоги споживачів та спроможності виробників [3–5].

Постановка задачі

Задачею статті є розгляд розроблених авторами математичних та програмних засобів збирання, зберігання та відтворення у персональному комп’ютері (ПК) зображень, отриманих з ТК.

Основні матеріали дослідження

Генерування початкового зображення. Використана ТК формує дискретні дані у своєму специфічному форматі, який не підтримує жодна типова програма перегляду графічних зображень.

У разі сумісної роботи з ПК кадр, сформований у ТК, передається у ПК, де він формується у файл, якому присвоюється розширення *.bin, а його ім'я – порядковий номер цього кадру. Значення пікселів зберігаються неперервним рядком за послідовністю їхнього розташування у зображенні зліва направо, починаючи з верхнього рядка. Оскільки ці дані є стандартними для кожного файла цього специфічного формату, що визначається за двома ознаками – розширенням та розміром, то цю інформацію не вказують у заголовку файла, як це загальноприйнято у графічних форматах, а передбачають у програмі обробки.

На початку роботи у оперативній пам'яті ПК відводять місце для масива, в який буде зчитано початкове теплове зображення. Після цього шукають файл на диску та перевіряють його відповідність заданим параметрам – розширенню та розміру. Якщо файл їм відповідає, його вміст переписують до цього масиву.

Тут необхідно зауважити, що опрацювання зображень, отриманих з інфрачервоного спектра, має свою специфіку, оскільки воно пов'язане з дослідженням не візуального контрасту, а просторовим розподілом і зміною в часі енергетичної (теплової) яскравості досліджуваних об'єктів. При цьому необхідно задовольнити дві доволі взаємосуперечливі вимоги: з одного боку, необхідно виявити зони з аномальним тепловим розподілом, а з іншого – ідентифікувати об'єкт загалом. Одним з основних засобів задоволення першої вимоги є доповнення теплового зображення градаційною шкалою. З цією метою в оперативній пам'яті ПК відводять місце для додаткових десяти рядків, куди заносять градаційну шкалу – від суцільно чорного тону до суцільно білого. Блок, відведений для неї, розбивають на 20 частин розміром 4x10 пікселів; кожен наступний блок заповнюють значенням, на одиницю більшим за значення вмісту попереднього блоку. Оскільки градація змінюється через кожні 4 пікселі, то візуально градаційну шкалу сприймають з плавною зміною відтінків – від майже чорного до майже білого, без граничних значень обох тонів.

Корекція контрастності. Коли вирішене питання представлення стандартної градації, виникає інше, зазвичай передбачене у ПЗ скануючого обладнання – можливість зручної для оператора ручної корекції яскравості та контрастності зображення. При цьому, оскільки в основному їх підбирають та встановлюють безпосередньо під час налагодження ТК, від ПЗ вимагається лише можливість додаткової корекції контрастності оцифрованого зображення. Для цього вводять початкове еталонне значення (наприклад, 100) і передбачають можливість його зміни у більший чи менший бік на 30% (оскільки у разі більшої зміни контрастності, яку вже корегували апаратно, виникає загроза зробити зображення візуально несприйнятним). Якщо це значення у процесі роботи змінює оператор, його заносять у файл установок, звідки зчитують на початку кожного нового сеансу – щоб не виникала потреба кожного разу вручну підбирати вже знайдені параметри. Можливість виведення значення контрастності за встановлені у програмі межі забезпечується шляхом введення цього числа до файла програмних установок за допомогою текстового редактора.

Після зчитування з файла ініціалізації значення зміни контрастності кожен піксел зображення коригують відповідно до нього за формулою:

$$A [y, x] := \lfloor A [y, x] \cdot 100/B \rfloor, \quad (1)$$

де $A [y, x]$ – значення яскравості зображення у точці з координатами $[y, x]$; B – значення зміни контрастності зображення.

За адресою кожного нового значення пікселу заноситься ціла частина від результату ділення.

Створення негативного варіанта зображення. Як показав досвід роботи з тепловими зображеннями, їхнє негативне представлення утворює свого роду “імітацію” зображення, отриманого у видимому діапазоні, і тому воно, порівняно з вихідним, ефективніше ідентифікується.

Створення негативу зображення полягає в інверсії значення яскравості кожного його піксела. Оскільки значення контрастності знаходиться у межах від чорного (значення 0) до білого (значення 63), то інверсія значення для кожної точки відбувається за формулою:

$$A [y, x] := 64 - A [y, x], \quad (2)$$

де $A [y, x]$ – значення яскравості зображення у точці з координатами $[y, x]$.

Оскільки градаційну шкалу було попередньо введено до складу зображення, інверсія так само стосується і її.

Псевдокольорове розфарбування. Під час виявлення зон з аномальним тепловим розподілом одним з найпотужніших засобів вважають т.зв. псевдокольорове розфарбування (ПКР). Цей термін передбачає відсутність наперед заданого жорсткого закріплення кольорів перетворюваного зображення відносно реального. ПКР створює таку кольорову карту досліджуваного об'єкта, яка унаочнює якісь його певні властивості (наприклад, теплову сигнатуру) без жодного зв'язку з реальним кольором його поверхні та має на меті привернути увагу оператора до зон, що мають, наприклад, певний, різко відмінний від суміжних, тепловий розподіл.

Тут треба зауважити, що людське око здатне сприймати до 17 тис. кольорів, а з урахуванням яскравості – до 10 млн. відтінків. Але якщо йдеться не про сприйняття, а про ідентифікацію, їхня кількість різко зменшується. За, наприклад, монохромного представлення оператор здатен ідентифікувати не більше за 5–8 напівтонів. Саме тому із застосуванням ПКР інформативність зображення різко підвищується – зокрема, уможливується розрізнення у суміжних теплових зонах. Але, з іншого боку, за надмірного ПКР зображення набуває складної кольорової структури, однозначність інтерпретації якої порушується.

Тому найефективнішим вважають кількість кольорів ПКР не більшу за 64 за умови компенсації фонових спотворень до 3–5 % [6]. Крім того, для зменшення впливу спотворювального ефекту ПКР бажано:

- доповнити зображення шкалою кольорів;
- забезпечити можливість вибору певного обмеженого діапазону ПКР із загальної кількості рівнів квантування – наприклад, за загального ПКР у 256 кольорів додатково робити вибірку з 16-ти;
- розширювати палітру не за рахунок кількості кольорів, а завдяки їхньої яскравості.

З огляду на зазначене у пам'яті ПК формується додатковий масив – палітра кольорів, в якому адресою кожної комірки є значення відтінку сірого кольору, а її вмістом – значення кольорового пікселя, що має три складові – значення кольорів RGB у цій точці. Ці дані доцільно зберігати в окремому файлі та зчитувати їх на початку роботи.

Створюючи новий масив даних у оперативній пам'яті ПК, на місце кожного пікселя заносять не значення відповідного пікселя початкового зображення, а ті дані, що знаходяться у “палітрі” за адресами, які і є значеннями відтінків сірого тону.

Збереження отриманих зображень. Для збереження і подальшого опрацювання зображень, отриманих у процесі роботи, необхідно їх транслювати до одного з загальноприйнятих графічних форматів представлення растрових даних.

З великої кількості поширених сьогодні форматів зупинимося на форматі BMP як найбільш “природному” у середовищі MS Windows. Його використовують, коли треба якнайшвидше відобразити графічну інформацію: оскільки об'єкт переміщують безпосередньо з оперативної пам'яті, то у цьому форматі його можна відобразити швидше, ніж під час розпізнавання кодової послідовності символів. Дані, необхідні для запису у цьому форматі, не потребують спеціального обрахунку, оскільки є такими, що залежать від опцій, встановлених у ТК для оцифрування зображення, отриманого у процесі її роботи, а відтак заздалегідь обумовленими під час розроблення ПЗ.

Вибір мови програмування. Попри те, що останнім часом досить поширеною є операційна система MS Windows, деякі обчислювальні комплекси досі ґрунтуються на останніх версіях MS DOS. Тому доцільним є створення двох варіантів ПЗ – під DOS та під Windows. При цьому кожен варіант має як недоліки, так і переваги. Звичайно, ПЗ, розроблене для середовища MS Windows, забезпечує зручний користувацький інтерфейс і можливість в процесі роботи користуватися усіма ресурсами та можливостями, що пропонує Windows. А програма, розрахована на роботу в середовищі MS-DOS, забезпечує значно вищу швидкодію (за рівноцінних апаратних засобів) та займає значно менший обсяг оперативної пам'яті, що у деяких випадках є життєво важливим.

Оскільки основна робота ПЗ пов'язана з великими масивами інформації та вказівниками на них, для розроблення ПЗ у середовищі MS-DOS доцільно використовувати мову Сі, компілятор якої забезпечує швидке програмне оброблення великої кількості циклів та багатомірних масивів.

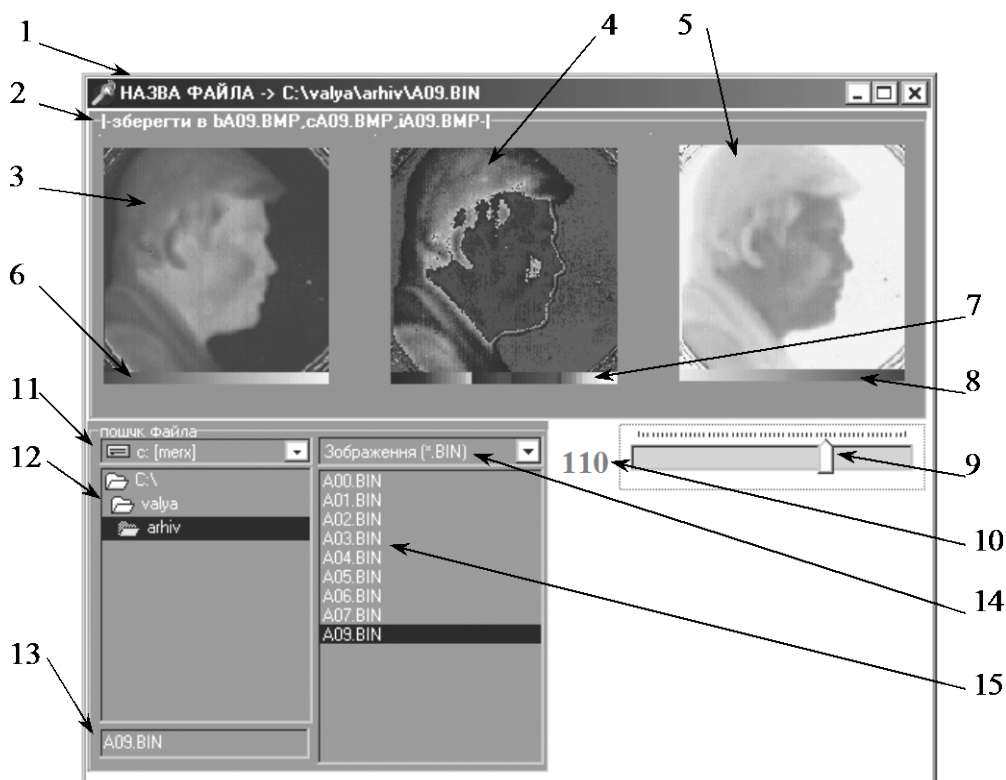
А для розроблення ПЗ, призначеного для роботи у середовищі MS Windows, обрано мову Delphi, яка має в своїй основі структуру, близьку до мов Pascal та Сі, що дає змогу використати розробки, створені для DOS-варіанта програми. Водночас Delphi дає можливість під час програмування користуватися ресурсами Windows для створення графічного користувацького інтерфейсу, вводити до складу ПЗ компоненти з бібліотеки візців та під'єднувати його до складу ПЗ MS Office, а також забезпечує можливості візуального програмування за допомогою механізму “drag-and-drop”.

Програмна реалізація алгоритму для MS Windows. Відповідно до правил створення ПЗ для середовища MS Windows це ПЗ складається з головної екранної форми, з завантаження якої починається робота системи, та ряду процедур та функцій, використовуваних залежно від дій оператора. Всі ці елементи побудовано за допомогою ресурсів MS Windows та Бібліотеки Компонент Delphi.

Як кожна ужиткова Windows-програма, ПЗ має файл ініціалізації *dh.ini*, з якого на початку роботи завантажуються початкові установки програми – адреса останньої роботи з файлами *fName*, значення зміни контрастності *iMx* та номер COM-порта *port* для введення інформації від ТПК. Першим кроком роботи ПЗ є виведення на екран вікна діалогу.

Якщо робота ПЗ має відбуватися синхронно з роботою ТК, запускають функцію *bioscom* (вставки мовою Асемблер), яка програмує порт COM-2 для зчитування інформації від ТК. За допомогою функції *Inportb* та процедури *Outportb* передають вхідний масив даних з ТПК на монітор ПК.

А коли ПЗ має працювати з кадрами, вже переданими та збереженими у ПК, на екран виводять головну екранну форму (див. рисунок) та запускають процедури, що до неї під'єднано.



Робоче вікно програмного комплексу:

- 1 – заголовок вікна програми; 2 – список імен файлів, у які перетворюється початкове зображення;
- 3, 4, 5 – відповідно черно-білий, псевдокольоровий та інверсний варіанти зображення;
- 6, 7, 8 – градаційні шкали; 9 – лінійка прокрутки для зміни контрастності; 10 – поточне значення контрастності; 11 – список логічних дисків ПК; 12 – дерево досяжних каталогів; 13 – найменування оброблюваного файла; 14 – список розширень вхідних файлів; 15 – список досяжних файлів

Вибраний курсором файл відкривають для читання, дані з нього переписують у масив *bvv*, після чого копіюють у масив *hp*. Назву файла із змінної *fName* виводять у заголовок вікна. Ці дії виконують процедурою *Create_BMP*.

У масив *bt* переписують масив вихідних даних та дописують напівтонову градаційну шкалу. За (1) корегують контрастність, значення якої у змінну *iMx* було зчитане процедурою *ReadIniFile* під час запуску програми з файла *dh.ini*. Вміст *bt* копіюється у масиви:

- *wB*, причому значення тону кожного пікселя збільшується на 16 з метою підвищення різкості зображення для покращання його зорового сприйняття;
- *wI*, куди копіюється вміст масиву *bt*, причому значення тону кожного пікселя обраховується за (2) для отримання його негативної копії;
- *wC*, причому попередньо виконують процедуру *FormPalette* – з файла текстового формату *rab.pal*, у якому зберігаються кодові значення кольорів схеми RGB, у масив *aRGB* завантажуються значення кольорів і за його допомогою у *wC* записуються значення різнобарвних пікселів.

За допомогою стандартної Windows-функції *CreateBitmap* значення цих трьох масивів перетворюються на BMP-зображення, що виводяться у відповідне місце екранної форми програми та одночасно зберігаються у вигляді файлів.

За допомогою лінійки прокрутки оператор у процесі роботи має змогу змінювати значення змінної *iMx*; одночасно з цим оновлюються масиви *wB*, *wC*, *wI*.

За допомогою процедури *Paint_Lbl_on_gbPict* у робочому полі програми генеруються імена файлів, у які записуються результуючі зображення. Останні три літери імені файла (його розширення) замінюються на “bmp”, а перед іменем додають літери “b”, “c” або “i” для чорно-білого, кольорового або інверсного зображення відповідно.

Отже, підбираючи контрастність зображення на екрані та на диску створюють кожного разу нові варіанти зображення. Коли процедура *Receive_file* викликає процедуру *Create_BMP* з іменем нового файла з розширенням *.bin як вхідний параметр, ПЗ розпочинає дії з оброблення нового зображення, і процес повторюється знову.

Роботу програми завершують за стандартною для Windows-ужитків схемою. Керування передається до стандартної процедури *FormDestroy*. Вона викликає процедуру *WriteIniFile*. У файл ініціалізації *dh.ini* записують значення, що були зчитані на початку роботи програми та могли зазнати змін. Область пам'яті *ini.INF* звільняється. Оскільки BMP-файли вже було створено в процесі роботи, на цьому робота ПЗ завершується, а усі області пам'яті, що були зайняті значеннями її змінних, звільнюються.

Сукупний текст усіх процедур та функцій ПЗ становить 466 рядків.

Висновки

Запропоноване ПЗ комп'ютеризованого комплексу оброблення теплових зображень залежно від вибору оператора, що керує ним за допомогою ПК, виконує такі дії:

- приймання та запам'ятовування у файли даних, отриманих з ТК;
- пошук файлів – результатів роботи ТК за їхнім іменем та розміром та виведення на екран;
- корекцію контрастності отриманих зображень;
- створення негативного та псевдокольорового еквівалента отриманих зображень;
- збереження отриманих зображень шляхом створення нових файлів у форматі BMP.

Напрямами подальшого вдосконалення ПЗ можуть бути:

- забезпечення можливості перебудови алгоритму ПКР;
- доповнення теплового зображення гістограмами, зрізами тощо;
- перетворення теплової сигнатури у температурну;
- формування комплексного зображення на основі зображень, отриманих у різних спектральних діапазонах.

1. Боженко І., Воронов С., Кондратов П., Шаблатович А. Відеопроцесор сумарно-різницевої обробки для системи тепловізійного моніторингу енергетичних об'єктів // Електроніка і зв'язок. –

2003. – №19. – С. 87–89. 2. Боженко І., Клушин Ю., Кондратов П. Відеопроцесор для системи теплового моніторингу енергетичних об'єктів // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2004. – № 523. – С. 3–6. 3. Hrytskiv Z., Kondratov P. The ways of multispectral devices construction for thermal object visualization // Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services. Proceedings. – Nis, Serbia, 1999. – Vol. 1. – P. 184–185. 4. Колобродов В., Шустер Н. Тепловізійні системи. – К.: НТУУ "КПІ", 2001. – 340 с. 5. Кравченко В., Стефанов В. Обработка тепловизионных изображений для визуального распознавания // Фотоэлектроника и приборы ночного видения. – М.: Орион, 2004. – С. 209. 6. Мазуров А., Николаев Е. Искажения при цветовом кодировании черно-белых изображений // Техника средств связи. Сер. ТТ. – 1984. – № 1. – С. 59–60.

УДК 681.325:621.384.3

І.Б. Боженко, П.О. Кондратов

Національний університет "Львівська політехніка",
Науково-дослідний і конструкторський інститут
електронно-обчислювальної та вимірювальної техніки

ДВОКАНАЛЬНА ПОКАДРОВА ЦИФРОВА ОБРОБКА ПІРОСИГНАЛУ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

© Боженко І.Б., Кондратов П.О., 2006

Запропоновано принцип двоканальної побудови тепловізійної камери на базі піровідикону, який, на відміну від існуючих пристроїв, не тільки істотно зменшує вплив геометричних шумів мішені піровідикона і шум п'єдесталу на корисний сигнал, але й компенсує синхронні та асинхронні завади у реальному часі без погіршення динамічних властивостей пристрою.

Two-channel principle of thermovision camera camera based on pyrovidicon design that allows not only, on difference of existing devices, is able to vital decrease of pyrovidicon targets geometric noise and pedestal noise on the useful signal influence, but also is able to the synchronous and asynchronous interferences compensation in real time without dynamic properties of the device worsening.

Вступ

Серед значної кількості застосувань технічної кібернетики важливе місце належить засобам забезпечення формування теплового зображення. Це зумовлене тим, що отримання такого зображення є одним з основних методів визначення загального стану досліджуваних об'єктів. При цьому, попри інтенсивне застосування у тепловому моніторингу тепловізійних камер (ТПК) з матричними детекторами, актуальним залишається й застосування ТПК на піровідиконах (ПВ), оскільки їхня неселективність, а також відносно низькі вартість, масгабарити і споживання уможливають їхнє масове впровадження у різноманітні системи моніторингу.

Огляд літературних джерел

Переваги застосування ТПК на ПВ докладно розглянуто у джерелі [1]. Водночас зазначено, що, оскільки піроелектрик є диференційним приймачем, найефективнішим режимом роботи таких ТПК є обтюрація – робота із періодичним перериванням теплового випромінення [2].

На цьому терені однією з основних задач є підвищення якості формованого з відеосигналу ПВ (піросигналу) теплового зображення як основного чинника впливу на точність роботи оператора. А цю якість погіршують не тільки такі широковідомі теплові явища, як термодифузія і теплове маскування та спричинена ними втрата контурів елементів відтворюваного об'єкта, але й