

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ПИРОВИДИКОННОЙ КАМЕРОЙ

*В.И.Боженко, И.Б.Боженко, С.А.Воронов,  
П.А.Кондратов, В.Ф.Ткаченко*

Национальный университет  
“Львовская политехника”  
г.Львов, ул. Ст.Бандеры, 12  
E-mail: [ndki@polynet.lviv.ua](mailto:ndki@polynet.lviv.ua)

*Предлагается комплекс математического и программного обеспечения для сбора, хранения и обработки тепловых изображений, получаемых персональным компьютером от тепловизионной камеры на базе пировидикона.*

**Введение.** Одной из достаточно важных задач, решаемых при создании систем дистанционного мониторинга, является включение тепловизионной камеры (ТПК) в состав единой компьютеризированной системы [1]. Актуальность этой проблемы усугубляется тем, что до сих пор не только не существует стандартного программного обеспечения (ПО) для ТПК, но и среди специалистов этой области нет устоявшейся точки зрения на то, какой именно должна быть оптимальная форма представления полученной информации, которая отвечала бы всем требованиям потребителей и возможностям производителей [2, 3].

Целью данной статьи является рассмотрение одного из возможных путей решения указанной задачи на примере разработанного авторами комплекса математических и программных средств сбора, сохранения и воспроизведения в персональном компьютере (ПК) графических данных, полученных от ТПК на базе пировидикона.

**Генерация начального изображения** производится в ТПК в её специфическом формате, который не поддерживает ни одна типовая программа просмотра графических изображений. Оно имеет размер 32040 байт и описывает изображение размерностью 178x180 пикселей. Каждый пиксель кодируется одним из 64-х оттенков серого цвета. Учитывая возможности имеющихся на данное время пировидиконов [4] и наиболее распространённые требования к тепловому мониторингу в разных областях деятельности человека [5], эту размерность можно считать вполне достаточной.

Фрейм данных передается из ТПК в ПК, где он формируется в файл, которому присваивается расширение *bin* (а его имя – порядковый номер полученного кадра). Данные файлы определяются по двум признакам – расширению и размеру, поэтому эта информация не указывается в заголовке файла, как это делается в общепринятых графических форматах, а должна быть предусмотрена в программе обработки.

В начале работы в оперативной памяти ПК отводится место для массива, в который будет считано начальное тепловое изображение. Затем происходит поиск файла на диске и проверка его соответствия вышеуказанным признакам. Если файл им соответствует, его содержимое переписывается в отведённый массив.

Здесь необходимо отметить, что обработка тепловых изображений имеет свою специфику, поскольку она связана не с исследованием визуального контраста, а с пространственным распределением и изменением во времени энергетической яркости объекта. При этом необходимо удовлетворить два довольно-таки взаимопротиворечивых требования: с одной стороны, необходимо обнаруживать зоны с аномальным тепловым распределением, а с другой – идентифицировать объект в целом.

Одним из основных средств удовлетворения первого требования является дополнение теплового изображения градационной шкалой – т.н. “тепловым клином”. С этой целью в оперативной памяти ПК отводится место для массива размерностью 188x180 байт: основной массив предназначен для перезаписи в него побитовых значений из исходного массива, а в дополнительные 10 строк заносится градационная шкала – от чисто чёрного цвета (значение 0/0/0) до чисто белого (значение 63/63/63).

Блок, отведённый для шкалы размерностью 180x10 пикселей, разбивается на 20 частей размером 4x10 и, начиная из верхнего левого угла, каждая следующая часть заполняется значением, которое на единицу больше значения предшествующего блока. Поскольку изменение градации происходит каждые 4 пикселя, то при зрительном восприятии тепловой клин представляет собой плавное изменение оттенка от черного к белому, не включая в себя предельные значения обоих цветов.

Возможность коррекции контраста и яркости полученного изображения оператором – одно из основных требований к ПО сканирующего оборудования. Однако в случае ТПК основной подбор и установка значений контраста и яркости выполняются непосредственно при её отладке. Поэтому здесь от ПО требуется лишь возможность дополнительной коррекции контраста оцифрованного изображения. Для этого вводится начальное значение “100” с возможностью его изменения на 30% (т.к. при большем изменении контраста, который уже корректировался аппаратно, изображение можно сделать визуально не воспринимаемым). Если же это значение в процессе работы изменялось оператором, то оно заносится в файл установок, откуда считывается в начале каждого нового сеанса – чтобы не приходилось подбирать каждый раз уже найденные параметры. Возможность вывода контраста за установленные границы обеспечивается вводом в файл программных установок с помощью текстового редактора.

После считывания из файла инициализации значения изменения контраста каждый пиксель изображения корректируется как:

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

где  $A[y, x]$  – значение яркости изображения в точке с координатами  $[y, x]$ ;

$B$  – значение изменения контраста изображения.

По адресу каждого нового значения пикселя заносится целая часть от результата деления.

Создание негативного варианта изображения состоит в инверсии значения яркости его пикселей. Поскольку значения контраста находится в границах от черного (значение 0) до белого (значение 63), то их инверсия происходит как:

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

Поскольку тепловой клин включен в состав изображения, инверсия так же касается и его.

Такой вариант может оказаться необходимым: опыт работы с тепловыми изображениями показывает, что их инверсное представление образует своего рода “имитацию” изображения, полученного в видимом диапазоне, и поэтому его легче идентифицировать.

Псевдоцветное кодирование (ПЦК) создает цветную карту исследуемого объекта, которая делает наглядными некоторые его определенные свойства (например, тепловую сигнатуру) без какой бы то ни было связи с реальным цветом его поверхности (в любом диапазоне) и имеет целью привлечь внимание оператора к тем зонам изображения, что имеют, например, резко отличающиеся от сопредельных зон тепловое распределение.

Здесь надо заметить, что глаз человека может воспринимать до 17 тыс. цветов, а с учетом яркости – до 10 млн. оттенков. Но если речь идёт не о восприятии, а об идентификации, их количество резко уменьшается. При, например, монохромном представлении оператор способен идентифицировать не более 5-8 полутонов. Именно поэтому с применением ПЦК информативность изображения резко повышается – в частности, делается возможным различение в сопредельных тепловых зонах. Но, с другой стороны, при чрезмерном ПЦК (особенно – при нарушении непрерывности цветового пространства) изображение приобретает сложную цветную структуру без однозначности её интерпретации [6].

Поэтому ПЦК эффективна при количестве цветов не более 64. Кроме того, желательны:

- дополнение изображения цветовой шкалой;

- возможность выбора определённого ограниченного диапазона ПЦК из общего количества его уровней – например, при общем ПЦК в 256 цветов дополнительно делать выборку из 16-ти;

- расширение цветовой палитры за счет ввода яркостных градаций.

С учётом изложенного в памяти ПК формируется дополнительный массив палитры цветов, в котором адрес каждой ячейки – значение оттенка серого, а её содержимое – значение цветного пикселя, имеющего три составляющие (значения цветов RGB в этой точке). Эти данные должны храниться в отдельном файле и считываться в начале работы.

Сохранение изображений, полученных в процессе работы, состоит в их трансляции в общепринятый графический формат представления растровых данных.

Авторами избран формат BMP как наиболее “естественный” в среде Windows.

Данные, необходимые для записи в формате BMP, не требуют специального обсчета, т.к. они зависят от опций, установленных в ТПК для оцифровки изображения, получаемого по ходу её работы, и заранее обусловленных при разработке ПО. С помощью средств программирования Windows возможно создать графические BMP-файлы с этими параметрами.

Состав ПО в соответствии с правилами создания ПО для среды Windows включает в себя главную экранную форму и ряд процедур, вызываемых в зависимости от действий оператора. Все они построены с помощью ресурсов Windows и Библиотеки Компонент Delphi.

Как и каждая потребительская Windows-программа, ПО имеет файл инициализации *dh.ini*, из которого в начале работы загружа-

ются начальные установки – адреса последней работы с файлами *fName*, значение изменения контраста *iMx* и номер СОМ-порта для ввода данных от ТПК. Первым шагом программы является вывод окна диалога.

Если оператор выбирает режим совместной работы с ТПК, запускается функция *bioscom* (вставка на языке Ассемблер), которая программирует порт для считывания данных, поступающих из ТПК. С помощью функции *Inportb* и процедуры *Outportb* входной массив данных передается на монитор ПК.

А если выбран режим работы с кадрами, уже переданными из ТПК в ПК и там сохранёнными, то на монитор выводится главная экранная форма (рис.1) и запускаются подключённые к ней процедуры.

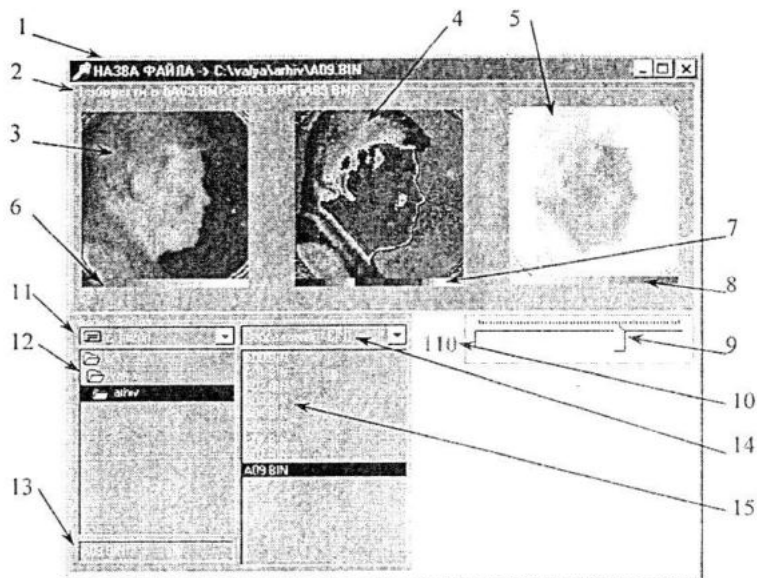


Рис. 1 - Рабочее окно программного комплекса:

- 1 – заголовок окна программы; 2 – список имён файлов, в которые преобразуется начальное изображение; 3, 4, 5 – чёрно-белый, псевдоцветной и инверсный варианты изображения; 6, 7, 8 – градационные шкалы; 9 – линейка прокрутки для изменения контраста; 10 – текущее значение контраста; 11 – список дисков ПК; 12 – дерево достижимых каталогов; 13 – наименование обрабатываемого файла; 14 – список расширений входных файлов; 15 – список достижимых файлов

Выбранный курсором файл открывается для чтения. Название файла из переменной *fName* выводится в заголовок окна.

По (1) проводится коррекция контраста, значение которого было считано в переменную *iMx* при запуске программы. Содержимое *bt* копируется в массивы:

- *wB [188, 180]*, при этом значения пикселей увеличиваются на 16 для улучшения их зрительного восприятия;
- *wI [188, 180]*, при этом значения пикселей обсчитывается по (2) для получения

их отрицательной копии;

– *wC [188, 180]*, при этом предварительно из файла текстового формата *rab.pal*, где сохраняются кодовые значения 64-х цветов схемы RGB, в массив *aRGB [0..255, 0..2]* загружаются значения цветов и с его помощью в *wC* записываются значения цветных пикселей.

С помощью стандартной Windows-функции *CreateBitmap* значение этих трех массивов превращаются в BMP-изображения, которые выводятся в соответствующее

место экранной формы и одновременно сохраняются в виде файлов.

С помощью линейки прокрутки оператор в процессе работы может менять значения переменной *iMx*; при этом массивы пересчитываются и обновляются на экране и в файлах.

В рабочем поле программы генерируются имена файлов, в которые записываются результирующие изображения. Последние три буквы имени файла заменяются на расширение *bmp*, а впереди прибавляются буквы *b*, *c* или *i* для черно-белого, цветного и инверсного изображений.

В процессе подбора контраста на экране и диске создаются каждый раз новые варианты изображения. Если будет вызвана процедура *Create\_BMP* с именем нового файла с расширением *bin* в качестве входного параметра, ПО начинает действия по обработке нового изображения и процесс повторяется.

Завершение работы программы происходит по стандартной для Windows схеме. Управление передается стандартной процедуре *FormDestroy*. Она вызовет процедуру *WriteIniFile*. В файл инициализации *dh.ini* записываются те значения, что были считаны в начале работы программы и могли быть изменены. Область памяти *ini.INF* освобождается. Поскольку BMP-файлы уже были созданы в процессе работы, на этом работа ПО завершается, а все области памяти, занятые значениями её переменных, освобождаются.

Текст всех процедур и функций ПО составляет 466 строк.

**Выводы.** Разработанное ПО системы обработки тепловых изображений в зависимости от выбора оператора, управляющего ею с помощью ПК, выполняет:

- приём и запоминание данных ТПК;
- поиск файлов – результатов работы ТПК – и их вывод на экран монитора;
- коррекцию контраста полученных изображений;
- создание негативного и псевдоцвет-

ного эквивалентов изображений;

- сохранение сформированной графической информации в формате BMP.

Направлениями дальнейшего совершенствования ПО могут быть:

- расширение возможностей псевдоцветного кодирования, в частности, обеспечение возможности его перестройки с целью выбора оптимального;
- дополнение теплового изображения гистограммами, срезами и т.п.;
- преобразование тепловой сигнатуры в температурную;
- формирование композитных (комплексных) изображений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Боженко И.Б., Гой В.М., Кондратов П.А. Расширение функциональных возможностей тепловизионной камеры для инфракрасной термографии морских объектов// Системы контроля окружающей среды. Сборник научных трудов НАНУ. Севастополь: МГИ, 1999. - С.130-132.
2. Goj V.M., Kondratov P.A., Voronov S.A. Multispectral observation for thermal object// Optoelectronic and Hybrid Optical/Digital Systems for Image/Signal Processing. - Kiev: SPIE, 2000. - Vol.4148, p.236-239.
3. Боженко И.Б., Гой В.М., Клушин Ю.С., Кондратов П.А. Процессорный тепловизионный комплекс с дополнительным каналом изображения в видимом диапазоне спектра// Системы контроля окружающей среды. Сборник научных трудов НАНУ. - Севастополь: МГИ, 2002. - С.272-273.
4. Боженко И.Б., Кондратов П.А., Ткаченко В.Ф. Усовершенствование режима работы высокочувствительного пировидикона в системе тепловизионного мониторинга// Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг. Сборник научных трудов НАНУ. - Севастополь: МГИ, 2004. - С.146-148.
5. Колобродов В.Г., Шустер Н. Тепловізійні системи. - К.: НТУУ "КПІ", 2001. - 340 с.
6. Мазуров А.И., Николаев Е.И. Искажения при цветовом кодировании черно-белых изображений// Техника средств связи. Сер. ТТ. - 1984. - №1. - С.59-60.