

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

УДК 681.3.06

Н. С. ЯКОВЕНКО
(Новосибирск)

БАЗОВОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Введение. Базовой ЭВМ комплекса обработки астро- и аэрофотоснимков [1]*, реализованного на основе фотограмметрического автомата «Зенит-2», является мини-ЭВМ ЕС-1010, в функции которой входят управление (через аппаратуру КАМАК) комплексом; первичная обработка данных, полученных на автомате «Зенит-2»; управление «оперативной визуализацией» информации (в состав комплекса входят КАМАК-монитор, цветной и полутонный телевизионные КАМАК-дисплеи); обеспечение передачи информации (через унифицированную магистральную систему обмена (УМСО) для последующей обработки (на ЭВМ М-4030, НР2116В, М-6000) или вывода на специализированные внешние устройства (графопостроитель «Планшет», устройство микрофильмирования «Карат»).

Цель данной статьи — описание программных модулей, принадлежащих нижнему уровню программного обеспечения комплекса (базовых модулей), которые занимаются непосредственно управлением функционально выделенной конкретной частью автомата. Они написаны на Ассемблере и могут вызываться [2] из модулей более высокого уровня, которые осуществляют предварительную обработку данных или совмещают функционирование различных частей комплекса и написаны либо также на Ассемблере, либо на языках высокого уровня PLR-10 или ФОРТРАН-IV. Базовые модули размещаются в библиотеках перемещаемых двоичных модулей дисковой операционной системы. На их основе созданы различные мониторные системы, реализованные в виде исполняемых программ для диагностики работы автомата и предназначенные для настройки аппаратуры, проверки правильности работы комплекса и т. п. При помощи данной системы модулей а) реализуется визуальная обработка снимков, включающая такие процедуры, как просмотр в диалоговом режиме изображений на КАМАК-мониторе, полутонном черно-белом и цветном телевизионных дисплеях, масштабирование, различные нелинейные преобразования, эквализация и т. п.; б) проводится выделение интересных объектов для дальнейшей обработки с участием оператора; в) создается синтезированное цветное изображение методом совмещения с динамическим изменением весовых множителей одноименных участков снимков, полученных при помощи шестизональной камеры МКФ-6; г) осуществляется вывод отдельных участков снимка или результатов его обработки на магнитные диски и другие устройства вывода информации.

* Сведения о технических средствах комплекса содержатся в работе [1] и библиографии к ней.

и запросы на обработку: запрос на считывание оптической плотности от сканирующей части автомата (обрабатывается при помощи системы быстрых прерываний); запрос на окончание обработки «зонного» сканирования, поступающий в ЭВМ после того, как в режиме интерполяции закончится обход прямоугольника с оцифровыванием оптической плотности в каждой внутренней точке прямоугольника (этот запрос и перечисленные ниже в порядке уменьшения приоритета обрабатываются при помощи системы обычных прерываний); запрос на прекращение дальнейшей работы в связи со сбоем КАМАК-аппаратуры (нет «Х»); запрос на анализ координат (по X и Y) подвижной каретки стола, поступающий при прохождении ε -окрестности точки назначения; сбой автоматической подстройки частоты или амплитудной характеристики по обоим координатам. Два уровня прерываний (по управлению и данным), отведенных под управление УМСО, обслуживаются стандартным для ЕС-1010 образом. Анализ и обработка поступающих запросов оформлены в виде стандартной программы (хандлер УМСО), которая в процессе генерации монитора операционной системы подсоединяется к остальным хандлерам системы. Все хандлеры являются резидентными программами. Обращение к хандлеру УМСО из программы пользователя происходит при помощи заполнения стандартным образом управляющего блока, куда заносятся вид приказа и характер его исполнения.

Прерывания от КАМАК-аппаратуры управления «Зенитом-2» обслуживаются нестандартным для ЕС-1010 способом. Это вызвано главным образом ограниченностью оперативной памяти, а также применением оверлейной структуры исполняемых программ, когда различные уровни прерываний и связанные с ними базовые программные модули могут лежать в параллельных ветвях. Если в данной программе не участвует какое-либо функциональное звено, то соответствующий модуль обслуживания не будет находиться в оперативной памяти, освобождая ее для других целей. Инициация работы базовых программных модулей, управляющих соответствующими блоками аппаратуры автомата (заполнение контекстов уровней прерывания, слов дезактивации прерываний, соответствующих таблиц монитора операционной системы и т. д.), осуществляется вызовом иницирующих секций из модулей более высокого уровня или программ пользователя. Применение программ с перекрывающейся структурой в значительной степени уменьшает влияние ограниченности оперативной памяти.

2. Считывание оптической плотности. В поле зрения сканирующей системы «Зенит-2» находится участок фотоматериала размером 3×3 мм («область сканирования»). Это поле имеет 4096×4096 положений, в каждое из которых можно установить луч электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) и измерить оптическую плотность (с 256 уровнями квантования) в окрестности этой точки. Аппаратура реализует режим «зонного» сканирования, позволяющий последовательно устанавливать луч во внутренние точки прямоугольника с заданными началом, шагами обхода и длинами сторон. Кроме того, она также предоставляет возможность проводить усреднение с помощью многократного считывания оптической плотности в заданных точках фрагмента области сканирования.

Базовый программный модуль сбора цифровой информации со снимка SCAN, обеспечивающий функционирование сканатора, позволяет выполнять следующие операции: установить луч в заданную точку области сканирования и измерить (среднюю) оптическую плотность в ней; собрать в буфер оперативной памяти для дальнейшей обработки значения плот-

ностей на некотором фрагменте области сканирования; определить среднюю плотность на всем фрагменте или вдоль одного направления; передать в буфер гистограмму плотностей фрагмента для определения верхней и нижней границ, дисперсии и т. д. (Под фрагментом здесь понимается множество точек, ограниченное прямоугольником или параллелограммом, упорядоченное фиксированным способом обхода.) Пусть (X_0, Y_0) — начальная точка обхода фрагмента, V, W — два неколлинеарных вектора с целочисленными значениями, выходящих из этой точки, которые определяют направление обхода и величины шагов вдоль каждого направления, а (VN, WM) — количество точек вдоль соответствующих направлений. Тогда следующая последовательность задает способ обхода $(V_1, W_1), (V_2, W_1), \dots, (VN, W_1), (VN, W_2), (VN - 1, W_2), \dots, (V_1, W_2), (V_1, W_3), (V_2, W_3), \dots$. Здесь $(V_1, W_1), (V_2, W_1), \dots, (VN, W_1)$ и $(V_1, W_1), (V_1, W_2), \dots, (V_1, WM)$ — точки, расположенные вдоль направлений V и W соответственно. Вызов из программы, написанной на языке ФОРТРАН:

CALL SCAN (X0, Y0, VX, VY, WX, WY, N1, N2, PARAM, BUFFER).

В случае прямоугольных границ фрагмента, т. е. когда VY и WX равны нулю, обход фрагмента будет осуществляться аппаратно, а в общем случае — программно с использованием аппаратного приращения по одной из координат. BUFFER — целочисленный массив оперативной памяти, отведенный под значения оптической плотности, PARAM — способ обработки.

Базовый программный модуль WIGHT позволяет определять «центр тяжести» объектов с формой контура, близкой к окружности, а также центры реперных крестов. При помощи параметров, фиксируемых в иницилирующей секции, задаются начальная точка внутри объекта, направление и шаг сканирования. Модуль вычисляет количество шагов до границы объекта (уровень плотности ниже/выше заданного), сумму плотностей до границы и сумму произведений плотностей, умноженных на расстояние от начальной точки.

Диагностика и настройка аппаратуры сканатора осуществляются выполнением директив мониторинг программы ZENIT, работающей в диалоговом режиме. В ней присутствуют такие тестирующие возможности, как проверка установки координат, приращений координат, однократное или многократное считывание оптической плотности в точке или на фрагменте (с учетом прерывания от АЦП либо без него). Их осуществление проводится однократно либо повторяется до тех пор, пока не понадобится осуществить другую операцию. Область сканирования можно просмотреть на КАМАК-мониторе. В зависимости от задаваемого шага сканирования можно визуализировать всю область сканирования или любой участок с более мелким шагом. Для настройки правильности геометрических размеров квадрата области сканирования имеются соответствующие директивы. Тестирование может сопровождаться выдачей данных в виде таблиц, гистограмм или графиков на алфавитно-цифровой дисплей (АЦД) либо на АЦПУ.

3. Перемещение области сканирования. Под неподвижным сканатором расположена подвижная каретка с различного рода носителями информации размером до 420×420 мм, которая перемещается в любых направлениях с дискретностью $1/3$ мкм.

Базовый программный модуль перемещения области сканирования TABLE, помимо сброса, установки и чтения абсолютных координат, реализует алгоритм перехода из текущей точки (X_0, Y_0) в заданную (X_1, Y_1) . Для этого в соответствующие регистры загружается векторная разность $(X_1 - X_0, Y_1 - Y_0)$, которую модули управления электродвигателями [3] начинают обрабатывать, тем самым перемещая каретку к точке (X_1, Y_1) . После получения запроса, свидетельствующего о входе каретки

в окрестность точки (X_1, Y_1) , программным способом осуществляется временная задержка (величина которой указывается в параметре вызова описываемой подпрограммы), необходимая для завершения переходных процессов; затем проверяется истинное местонахождение каретки, и в случае, если разность не больше допустимой, переход считается осуществленным:

CALL TABLE (X, Y, PARAM, SCALE).

Здесь X, Y — вещественные переменные.

Диагностика и настройка аппаратуры перемещения осуществляются диалоговыми мониторными системами MONTAB и DRIVE. Они обрабатывают такие операции, как перемещение каретки в заданную точку или на заданный вектор, сброс, установка и чтение координат. Программа DRIVE, помимо этого, осуществляет еще перекодировку значений координат каретки, заданных в дискретах перемещения, в микроны и, наоборот, тестирование работы привода, а также позволяет перемещать каретку в любое место стола с одновременной индикацией области сканирования или ее части на КАМАК-мониторе, динамически меняя масштаб изображения и шаг перемещения. Программа MONTAB, кроме упомянутых операций, набирает статистику точности перехода в заданную координату, на основании которой осуществляются настройка модулей управления электродвигателями и величины задержки после обработки перемещения.

4. Коррекция геометрических искажений области сканирования. Вследствие искажения электронно-лучевой трубкой и оптическим узлом геометрических размеров области сканирования, а также в связи с большими трудностями аппаратного устранения этого искажения в состав фотограмметрического автомата включен КАМАК-модуль оптических и геометрических поправок. В том случае, когда луч попадает в область искажения геометрических координат, модуль автоматически изменяет его местоположение на величину поправки. При этом корректируется также считываемая оптическая плотность снимка. Модуль имеет автономную полупроводниковую память 16×16 16-разрядных слов. Каждое слово хранит информацию о 3 параметрах для корректирования координат (X, Y) луча и оптической плотности (по 5 и 6 разрядов соответственно). Память заполняется в процессе настройки модуля; в дальнейшем модуль работает автономно.

Вызов базового программного модуля CALL CORECT (PARAM, BUF) позволяет заносить или считывать величины поправок плотностей и координат отдельно или одновременно в зависимости от значения параметра: PARAM = 0/4 — занесение/чтение 6-разрядных поправок плотностей из целочисленного буфера BUF (256) в модуль/из модуля в буфер; PARAM = 1/5 — занесение/чтение 5-разрядных поправок координаты Y; PARAM = 2/6 — занесение/чтение 5-разрядных поправок координаты X; PARAM = 3/7 — занесение/чтение совмещенных поправок. При значениях параметра 0—2/4—6 информация размещается в младших битах слова, если же PARAM = 3/7, то плотность размещается в разрядах 0—5, координата Y — в 6—10, X — в 11—15.

Исполняемая программа CORDEXY предназначена для автоматической настройки модуля оптических и геометрических поправок. Она использует программный модуль (TABLE) перемещения каретки, на которой установлены геометрические и оптические эталоны, модуль сбора цифровой информации (SCAN), а также модули вывода информации на телевизионные дисплеи и подпрограмму определения «центра тяжести» объекта (WIGHT). Принцип работы программы CORDEXY заключается в том, чтобы геометрические поправки в каждом из 16×16 участков поля сканирования удовлетворяли двум условиям: а) значения в каждом из участков не должны отличаться от значений в соседних участках (четы-

рех внутри и трех или двух на границе) более чем на один дискрет; б) центр объекта, «близкого к кругу», помещенный кареткой в середине участка, должен находиться в середине участка, вычисленной сканирующей системой. Оптические поправки соответствующих эталонов насчитываются исходя из того, что минимальное искажение пропускания — в центре квадрата поля сканирования.

5. Визуализация изображения на КАМАК-мониторе. Для оперативного просмотра участка поля сканирования в составе внешних специализированных устройств «Зенита-2» имеется устройство индикации полутоновой информации на аналоговом КАМАК-мониторе [4, 5] с электронно-лучевой трубкой (256×256 точек).

При помощи функциональной клавиатуры АЦД программный диалоговый модуль MNSCAN предоставляет оператору возможность отследить границы объекта, находящегося в поле зрения сканирующей системы. После визуального осмотра всего фрагмента поля сканирования при помощи клавиш «<» и «>» нужно установить требуемый масштаб, затем, нажимая клавиши «←», «→», «↑» и «↓», «подогнать» границу к середине экрана и нажатием клавиши «ERASE» считать координаты первой точки границы, которые передадутся в буфер вызвавшей программы (CALL MNSCAN (IBUF, LENWORD)). Затем необходимо переместиться к следующей точке границы и вновь нажать клавишу «ERASE» и т. д. Шаг перемещения изменяется нажатием клавиш «IC» и «DC». Заполнение буфера прекратится либо после его переполнения, либо после нажатия клавиши «HOME»; после этого управление передается вновь в вызвавшую программу для обработки границы объекта. Подпрограмма добавляет в конец буфера координаты первой точки границы.

6. Вывод информации в память полутонового черно-белого дисплея.

Полутоновый черно-белый дисплей [6] обладает автономной памятью размером 256 (по Y) на 384 (по X) 5-разрядных ячеек.

Имеются два способа программного вывода информации на дисплей: по точкам и по строкам. В первом случае в начале исполняемой программы необходимо зафиксировать переменные IX , IY и $IDENS$ для координат X , Y и плотности (CALL IPOINT (IX , IY , $IDENS$)), а затем по мере насчитывания этих переменных обращаться к записи в память (CALL POINT2). Во втором случае аналогичное обращение к модулям ILINE2 (IX , IBUFF) и LINE2 позволяет вывести строку ($X = IX$, $0 \leq Y < 256$) на экран телевизора. IBUFF — целочисленный буфер с 256 значениями плотностей в соответствующих точках. Несмотря на то что данный телевизионный дисплей имеет 32 градации по яркости, переменные $IDENS$ и IBUFF должны лежать в диапазоне от 0 до 255.

7. Вывод информации в память цветного дисплея.

Аппаратура управления цветным дисплеем аналогична аппаратуре черно-белого. Объем автономной памяти составляет 256×384 9-разрядные ячейки. Для каждого из трех основных цветов (красный — R , зеленый — G и синий — B) имеется возможность записи численного значения интенсивности от 0 до 7.

Программные модули, аналогичные описанным в предыдущем пункте, позволяют проводить техническое раскрашивание сканируемого негатива:

- 1) IPOINT (IX , IY , $IDENS$), POINT, ILINEY (IX , IBUFF), LINEY;
 - 2) IPOINT7 (IX , IY , $IDENS$), POINT7, ILINE7 (IX , IBUFF), LINE7,
- где $0 \leq IX < 384$, $0 \leq IY < 256$, $0 \leq IDENS$, $IBUFF < 256$.

В первом случае техническое раскрашивание осуществляется при помощи специально подобранного цветового клина, имеющего 256 различных оттенков, расположенных таким образом, чтобы повысить визуальное разрешение изображения. Во втором случае в цветовом клине имеется только 7 цветов с 8 градациями каждый (серый, голубой, синий, малино-

вый, красный, желтый и зеленый). Этот цветовой клин позволяет довольно точно визуальным образом определять оптическую плотность участков изображения.

8. Просмотр негативов. Исполняемая программа INDIC позволяет просматривать негативы. Нажатием клавиш АЦД «1», «2», ..., «F» устанавливается соответствующий масштаб. Кроме того, масштаб может увеличиваться или уменьшаться при помощи клавиш «IC», «DC». В зависимости от того, какая из трех клавиш («X», «Y», «Z») нажата, изображение будет визуализироваться либо на черно-белом дисплее, либо на цветном, либо на обоих. Имеется 8 клавиш — «→», «/», «↑», «\», «←», «<», «↓», «>», после нажатия которых начинается пошаговое перемещение в указанном клавишей направлении до тех пор, пока не будет нажата другая клавиша либо клавиша «ERASE», после чего перемещение прекращается. Индикация на цветном дисплее осуществляется при помощи 7-цветного клина, при этом имеется возможность его перемещения относительно начала (клавиши «IL» и «DL»).

Заключение. Описанная система базовых программных модулей является совместимой, легко расширяемой, не дублирующей написание сходных по конечному результату программ, доступна программисту-пользователю, реализующему алгоритм на языке высокого уровня (ФОРТРАН-IV, PLR-10). Модули написаны на Ассемблере и оптимизированы либо по объему занимаемой оперативной памяти, либо по быстродействию, либо по удобству работы с внешними устройствами в диалоговом режиме. При помощи данного набора модулей созданы и создаются диалоговые и полностью автоматизированные системы обработки изображений, использующие все возможности фотограмметрического автомата, его окружения и дисковой операционной системы ЕС-1010.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурый Л. В. и др. Автоматизированный комплекс обработки изображений.— Автометрия. 1980, № 3.
2. Вечев Т. Совместное использование языка FORTRAN и компоновочного языка в программировании на ЭВМ ЕС-1010.— Бюл. «Системы математического обеспечения». Будапешт, Видеотон. 1975/1, с. 38—51.
3. Щербаченко А. М., Юрлов Ю. И. Электронные модули КАМАК прецизионных лазерных измерительных и управляющих систем.— Автометрия. 1980, № 3.
4. Гусев О. З. и др. Набор модулей САМАС для визуализации данных на экране электронно-лучевой трубки.— В кн.: Автоматизация эксперимента. Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1976.
5. Авдеев В. С. и др. Мониторный крейт.— Там же.
6. Золотухин Ю. Н., Якушев В. С. Привод телевизора.— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. (Тезисы докладов Всесоюз. конф.) Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1978.

Поступила в редакцию 16 октября 1979 г.

УДК 621.391.172 : 621.397.681.518.2

Т. П. БЕЛКОВА, Л. П. ЯРОСЛАВСКИЙ
(Москва)

ПРЕПАРИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ДИАЛОГОВОМ РЕЖИМЕ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Препарирование изображений — это их преобразование, направленное на облегчение их визуальной интерпретации [1—3]. Вследствие этого препарирование должно проводиться в диалоговом режиме с пользо-