

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

УДК 528.7 : 778.35 : 522.61 : 771.534 : 531 : 429 : 621.391 : 681.515.8

Л. В. БУРЬИЙ, Ю. Н. ЗОЛОТУХИН, В. А. ИВАНОВ,
В. С. КИРИЧУК, В. П. КОРОНКЕВИЧ, Ю. Е. НЕСТЕРИХИН,
А. К. ПОТАШНИКОВ, Б. М. ПУШНОЙ, Г. П. ЧЕЙДО,
А. М. ЩЕРБАЧЕНКО, Н. С. ЯКОВЕНКО, А. П. ЯН
(Новосибирск)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Данная статья представляет собой краткое описание реализованного в Институте автоматизации и электрометрии СО АН СССР центра обработки аэрокосмической информации — высокоразрешающего автоматизированного комплекса обработки изображений, зарегистрированных на прозрачном носителе. Рассматриваемые здесь работы проводятся в рамках общей программы Сибирского отделения АН СССР по созданию Центрального сетевого вычислительного комплекса «Сибирь».

Принципы построения комплекса:

использование иерархической многомашинной системы со специализацией входящих в нее ЭВМ;

широкое применение аппаратуры КАМАК как для управления устройствами, так и для обеспечения связи между компонентами комплекса;

использование функционального полного набора устройств ввода-вывода, регистрации и визуализации изображений (разработанных в ИАиЭ СО АН СССР).

Назначение комплекса:

автоматический ввод в ЭВМ оптической плотности и координат изображения, зарегистрированных на фотоносителе;

проведение обработки изображений в диалоговом и автоматическом режимах;

регистрация исходной информации и результатов обработки на экранах дисплеев, фото- и бумажных носителях;

создание банка данных на магнитных дисках ЭВМ и голографическом запоминающем устройстве.

Функциональная схема комплекса. В настоящее время создана первая очередь комплекса (рис. 1). Связь между объектами комплекса обеспечивает унифицированная магистральная система обмена информацией (УМСО), выполненная в стандарте КАМАК. Такая структура позволяет легко перестраивать комплекс, заменять внешние устройства, расширять его функциональные возможности без перестройки существующего базового математического обеспечения. Аппаратура КАМАК используется не только для реализации коммуникационных средств, но и для управления устройствами ввода-вывода информации.

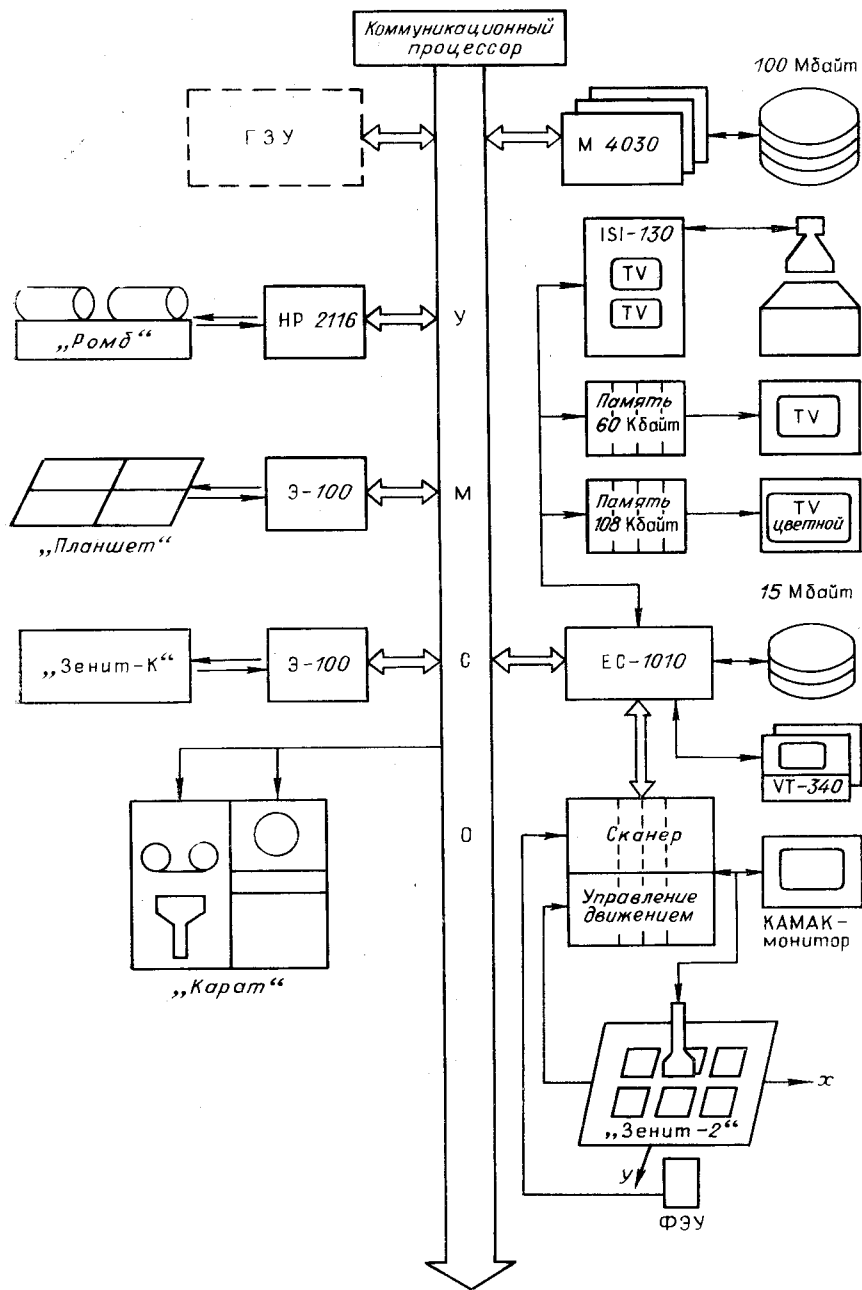


Рис. 1.

Вычислительные средства комплекса. Специализация входящих в комплекс ЭВМ позволила создать программно-независимое системное математическое обеспечение каждого из средств, предоставила возможность их использования в автономном режиме.

В состав комплекса входят:

ЭВМ ЕС-1010 — реализация диспетчерских функций, управление устройством «Зенит-2», первичная обработка и реализация адаптивных алгоритмов считывания информации;

ЭВМ «Электроника-100И» — управление графопостроителем-кодировщиком «Планшет»;

ЭВМ HP2116 — управление устройством ввода-вывода оптической информации «Ромб» и первичная обработка информации;

ЭВМ «Электроника-100И» — управление установкой «Зенит-К» и первичная обработка получаемой от нее информации;

комплекс из трех ЭВМ М4030 с накопителями на магнитных дисках емкостью 100 Мбайт — обработка информации, создание банков данных для результатов обработки.

Устройства ввода изображений. Фотограмметрический автомат «Зенит-2» — считывание изображений с разрешением 6 мкм на поле 420×420 мм [1—4].

Фотограмметрический автомат «Зенит-К» — ввод микроизображений с разрешением 2 мкм на поле 1×1 мм [5].

Установка «Ромб» — ввод и вывод изображений с разрешением 25, 50, 100 мкм на поле 130×180 мм [6].

Устройства диалога и визуализации. КАМАК-монитор — визуализация поля сканирования с возможностью изменения масштаба изображения.

Полутонный дисплей — вывод полутонных изображений и результатов обработки на экран телевизионного монитора.

Цветной дисплей — вывод на экран телевизионного монитора цветных изображений.

Устройства регистрации. «Карат» — регистрация архивного графического материала, в том числе для голографического запоминающего устройства (ГЗУ), на киноплёнку и видеоконтрольный экран [7].

«Планшет» — вывод графического материала на бумажный носитель [8].

Наличие функционального полного набора устройств ввода-вывода, регистрации и визуализации позволяет проводить на рассматриваемом комплексе полный цикл обработки: от ввода информации до получения необходимого графического материала и занесения полученных результатов в банки данных.

Технические характеристики средств комплекса. «Зенит-2». Основным инструментом считывания изображений в данном комплексе является фотограмметрический автомат «Зенит-2» (рис. 2). В автомате использовано сочетание электронного сканирующего устройства с оптико-механической системой перемещения [9].

Наличие программно-управляемого раstra (световое пятно по команде из ЭВМ может быть выведено в любую из 4096×4096 точек на экране ЭЛТ) и использование в следящем приводе подвижной каретки с фотоносителем высокоточных лазерных измерителей перемещения принципиально отличают данный автомат от широко распространенных сканирующих систем. Такой принцип позволяет рассматривать изображение как внешнюю память ЭВМ емкостью 10^{11} байт.

Технические характеристики автомата «Зенит-2»: максимальный размер изображения 420×420 мм; точность позиционирования сканирующего пятна 2 мкм; диаметр сканирующего пятна 6 мкм; диапазон измерения оптической плотности 0—2; время измерения оптической плотности в одной точке 10 мкс; число регистрируемых уровней оптической плотности 256; отношение сигнал/шум 50.

Такие параметры удалось получить с помощью применения методов цифровой коррекции, которые используются для уменьшения влияния нелинейности системы отклонения луча и канала считывания оптической плотности, устранения виньетирования объектива, выравнивания координат системы механического перемещения. Коррекцию всех указанных систематических погрешностей выполняет отдельный блок, реализованный в стандарте КАМАК.

Программное управление системой сканирования позволяет применять алгоритмы обработки, оперирующие лишь той информацией, кото-

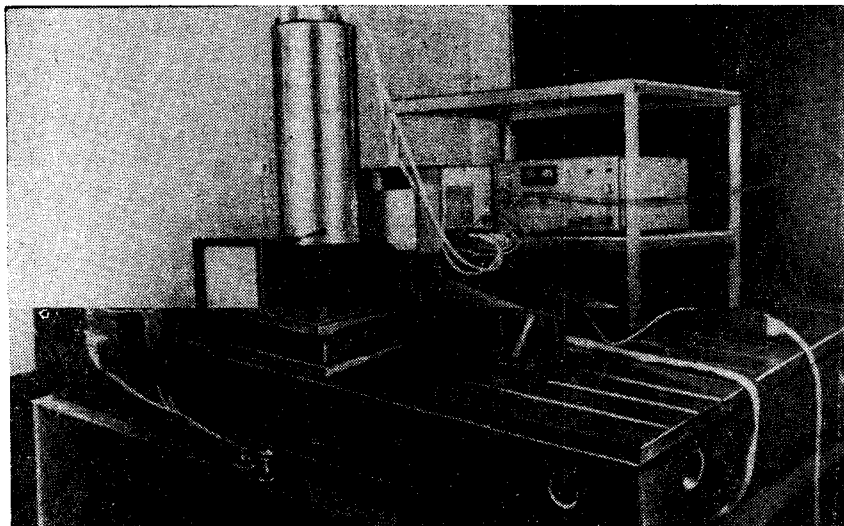


Рис. 2.

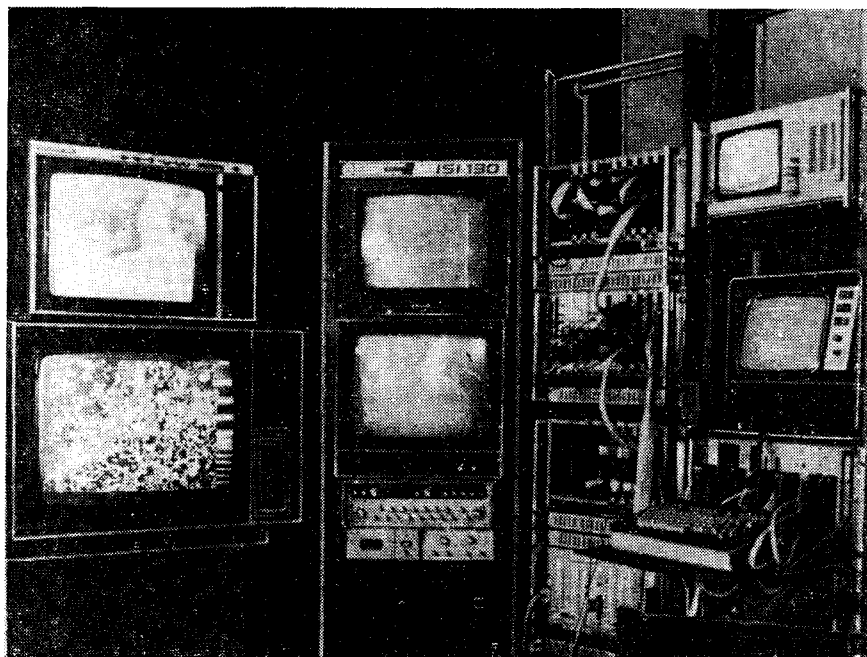


Рис. 3.

рая существенна на данном этапе работы (т. е. избегать полного ввода информации с изображения в ЭВМ). При этом значительно уменьшаются объем используемой памяти ЭВМ и время, требующееся для обработки информации.

Наличие указанной возможности особенно важно для задач поиска областей с заданными признаками, обработки астронегативов, а также для работы с несколькими снимками одного и того же объекта (стереопары, снимки МКФ-6 и т. д.).

«Зенит-К». Фотограмметрический автомат «Зенит-К» отличается от «Зенита-2» отсутствием точной механики и наличием сменной оптики. Назначение этого автомата — анализ и обработка объектов, размеры которых не превосходят растра сканирования. Сменная оптика позволяет варьировать размер поля от 40 до 1 мм, а диаметр сканирующего пятна от 40 до 2 мкм. Высокое разрешение этого устройства обеспечивает анализ микрообъектов размером до нескольких микрон.

«Ромб». Это устройство используется в составе комплекса как для решения задач, требующих сплошного считывания изображений, так и для вывода изображений и результатов обработки на фотопоситель.

Средства отображения информации и диалога. Большинство практических задач обработки изображений не поддается в настоящее время полной автоматизации (не хватает ни памяти, ни быстродействия современных ЭВМ). Естественный выход — создание диалоговой системы обработки. Участие человека заключается в целеуказании, принятии решений о путях дальнейшей обработки, помощи управлению комплексом в сложной ситуации. Поэтому рассматриваемый комплекс оснащен различного рода устройствами визуализации (рис. 3), позволяющими оператору следить за ходом процесса обработки и оперативно в него вмешиваться.

В состав комплекса включены следующие устройства:

полутонный КАМАК-монитор, предназначенный для просмотра поля сканирования, поиска нужных областей, ручного отслеживания границ образований (число элементов разложения 256×256 , частота регенерации 16 Гц);

полутонный телевизионный монитор, предназначенный для вывода полутонных изображений и результатов обработки на экран серийных черно-белых телевизоров и имеющий автономную память для запоминания и регенерации полутонного изображения (число элементов разложения 256×384 , число уровней яркости 32, скорость записи 300 000 точ./с, частота регенерации 50 Гц);

цветной телевизионный монитор, предназначенный для вывода на экран серийного телевизора цветных изображений и результатов обработки (число элементов разложения 256×384 , число уровней яркости 8 на каждый цвет, скорость записи 300 000 точ./с, частота регенерации 50 Гц).

Наличие в составе комплекса цветного телевизионного монитора существенно расширяет информативные возможности отображения. На экране цветного монитора можно визуализировать синтезированные в ЭВМ изображения, путем подбора раскраски выделять слабоконтрастные детали, совмещать несколько черно-белых изображений и т. п.

Включение в комплекс телевизионных мониторов значительно ускоряет также отладку программ обработки, поскольку дает возможность наблюдать на экранах мониторов ход выполнения программы.

Результаты обработки необходимы исследователю не только в виде цифровой информации, но и, как правило, в виде графического материала и изображений (контуры объектов, графики различных распределений, непосредственно изображение после выполнения обработки и т. д.). Поэтому в состав комплекса включены устройства регистрации изображений: фотопостроитель «Карат» и графопостроитель-кодировщик

«Планшет». Назначение этих устройств — быстрый вывод графической информации на фото- и бумажный носители.

Математическое обеспечение комплекса. В настоящее время завершена разработка набора системных программ, основными целями которого являются обеспечение взаимодействия между абонентами комплекса и диалогового режима обработки, а также создание комфортных с точки зрения пользователя условий работы по вводу и обработке изображений.

Системное программное обеспечение комплекса позволяет осуществлять обмен между устройствами комплекса; считывать информацию с участков изображения заданной ориентации, размера и увеличения; выводить графическую информацию на устройства «Карат», «Планшет», «Ромб»; отображать фрагмент поля сканирования на КАМАК-мониторе, изменять его масштаб и перемещать по полю сканирования; выводить изображения и результаты обработки на полутонный и цветной мониторы с возможностью выполнять заданные амплитудные преобразования сигнала; проводить целеуказание областей и ручное отслеживание границ; осуществлять ввод координат границ фрагментов и нужных точек в память ЭВМ и хранение этой информации и результатов обработки на внешних носителях.

Функции специального математического обеспечения комплекса: отслеживание границы объекта по плотности, текстурным признакам и смене математического описания; осуществление поиска объектов, отличающихся по плотности от фона; определение геометрических и фотометрических характеристик выделяемых или указанных областей и объектов; осуществление амплитудных преобразований исходных фрагментов изображения (фильтрация, вычисление средних, градиентов, лапласианов, текущих дисперсий и т. д.); определение текстурных признаков изображения на основе матрицы оценок переходных вероятностей; классификация объектов и областей.

В настоящее время на основе разработанного специального обеспечения создаются программы обработки изображений, ориентированные на решения следующих задач:

1. Анализ изображения микрообъектов. Осуществляется поиск микрообъектов (размеры 5—6 мкм и более), определяются границы (рис. 4) и параметры, характеризующие геометрию объекта и распределение его оптической плотности. Значения этих параметров передаются в ЭВМ М4030, где и проводится классификация объектов [10, 11].

2. Обработка астронегативов. Задача здесь заключается в поиске изображения звезд и квазаров, точном определении их положения (требуется точность 1 мкм на поле 300×300 мм) и размеров [12], а также в автоматическом отождествлении звезд [13].

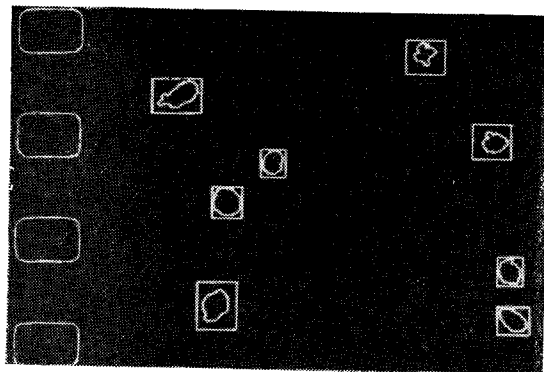


Рис. 4.

3. Обработка космических снимков, снятых камерой МКФ-6. Для работы с космическими снимками разработана кассета (для автомата «Зенит-2»), позволяющая устанавливать шесть спектральных снимков взаимно параллельно и тем самым исключать операции поворота из программ совмещения фрагментов. Среднеквадратичная погрешность привязки снимков составляет 1—1,5 мкм на поле $420 \times$

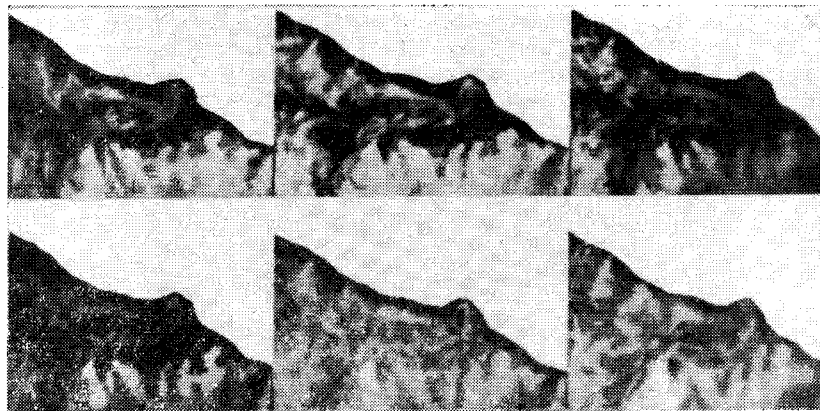


Рис. 5.

×420 мм (рис. 5). Время, затрачиваемое на привязку снимков по девяти реперным крестам, менее 3 мин, а обеспечение взаимной параллельности 2 мин, т. е. полное время, затрачиваемое на привязку шести снимков, находится в пределах 25—30 мин.

С использованием комплекса решаются такие задачи обработки космических снимков, как получение синтезированных цветных изображений местности, поиск и анализ однородных областей, текстурный анализ выделенных или указанных областей с целью проведения классификации [14], поиск и отслеживание границ образований и объектов (рис. 6).

Заключение. Рассмотренный автоматизированный комплекс дает возможность с высоким быстродействием считывать и обрабатывать информацию, а также оперативно и в удобной форме отображать резуль-

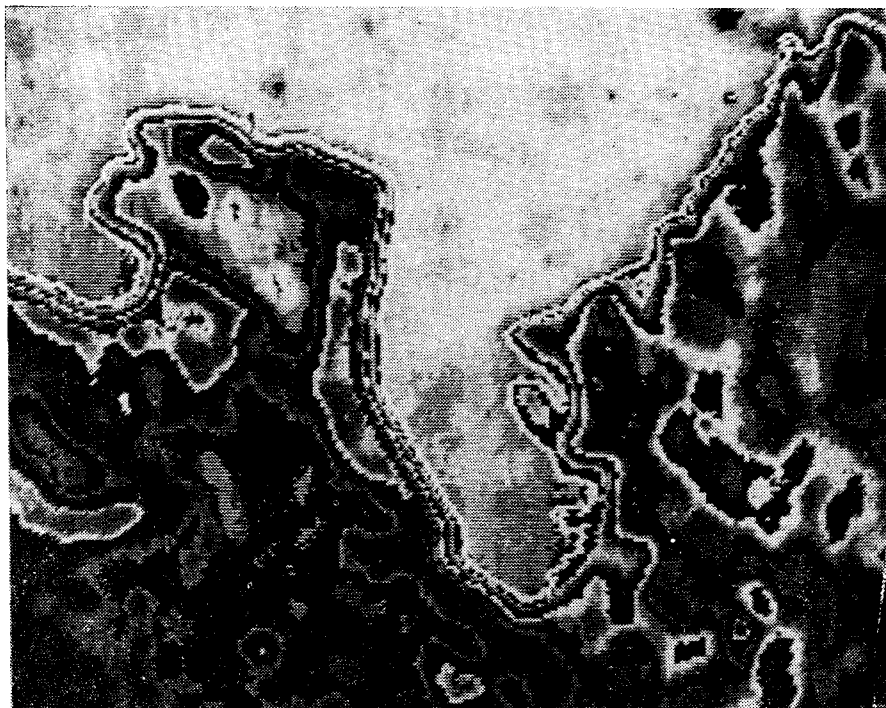


Рис. 6.

таты обработки. Применение современных устройств ввода-вывода и разработанного математического обеспечения позволило создать на базе автомата «Зенит-2» высокоточную и производительную систему обработки изображений, не имеющую аналогов в отечественной практике.

Дальнейшее развитие комплекса ориентировано на существенное повышение его быстродействия и удобства работы оператора с комплексом (улучшение качества и разрешения терминальных устройств, введение в состав комплекса спецпроцессоров параллельного действия).

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестерихин Ю. Е., Пушной Б. М. О системе автоматической обработки изображений.— *Автометрия*, 1977, № 3.
2. Бурый Л. В., Кузнецов С. А., Луговов Л. Г. и др. Электромеханическая система позиционирования фотограмметрического автомата «Зенит».— *Автометрия*, 1977, № 3.
3. Мамонтов Г. М., Поташников А. К., Ситников Г. Ф. Сканирующее устройство универсального фотограмметрического автомата «Зенит».— *Автометрия*, 1977, № 3.
4. Бурый Л. В., Иванов В. А. Математическое описание и моделирование алгоритмов управления двухкоординатным приводом с линейными двигателями.— *Автометрия*, 1977, № 3.
5. Андрианов Л. А., Киричук В. С., Косых В. П., Чейдо Г. П. Анализ цитограмм системой «Зенит — ЭВМ».— Препринт № 49. Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1976.
6. Васьков С. Т., Выдрин Л. В., Касперович А. Н. и др. Прецизионная система ввода-вывода изображений из ЭВМ.— *Автометрия*, 1977, № 2.
7. Авдеев В. С., Васьков С. Т., Мамонтов Г. М. и др. «Карат» — устройство вывода графической информации из ЭВМ на микрофильм.— *Автометрия*, 1976, № 1.
8. Карлсон Н. Н. Организация движения регистрирующего устройства графопостроителя-кодировщика «Планшет».— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. (Тезисы докладов конф.). Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1979.
9. Алькаев М. И., Ведерников В. М., Щербаченко А. М. Программно-управляемые модули интерференционной координатно-измерительной системы фотограмметрического автомата «Зенит».— *Автометрия*, 1977, № 3.
10. Киричук В. С., Пушной Б. М., Чейдо Г. П. Построение процедур считывания с выпуклыми границами.— *Автометрия*, 1977, № 3.
11. Андрианов Л. А., Киричук В. С., Косых В. П. Автоматический анализ цитограмм.— *Автометрия*, 1977, № 3.
12. Косых В. П., Чейдо Г. П. Автоматизация астро- и фотометрических измерений.— *Автометрия*, 1977, № 3.
13. Воронцова Л. А., Чейдо Г. П. Алгоритм автоматического отождествления звезд снимка с каталогом.— *Автометрия*, 1974, № 4.
14. Иванов В. А., Киричук В. С., Перетягин Г. И. Сегментация изображений.— *Автометрия*, 1980, № 3.

Поступила в редакцию 21 декабря 1979 г.

УДК 519.219 : 519.22 : 519.223 : 519.226 : 519.254 : 528.7

В. А. ИВАНОВ, В. С. КИРИЧУК, Г. И. ПЕРЕТЯГИН

(Новосибирск)

СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Введение. В данной статье рассматривается одна из основных задач сегментации изображений — классификация текстурных характеристик небольших фрагментов для последующего отнесения их к тем или иным областям. Этот тип сегментации применяется для разбиения сцены на