

На правах рукописи

Вашкелис Вадим Владимирович

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕГО
ПОФРАГМЕНТНОГО ВВОДА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (сфера услуг)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2001

Работа выполнена на кафедре «Теоретических основ инноватики» в Санкт-Петербургском государственном техническом университете.

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук,
ст.н.с.

Пятышев Е.Н.

Научный консультант - доктор технических наук,
профессор

Туккель И.Л

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор

Игнатъев М.Б.

кандидат технических наук,

доцент

Манцветов А.А.

Ведущая организация - НИИ космоаэрогеологических методов

Защита состоится «19» декабря 2001 года в 16 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.21 в Санкт-Петербургском государственном техническом университете по адресу: Политехническая ул., д.29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СПбГТУ.

Автореферат разослан «19» ноября 2001 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Черненькая Л.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы Цифровая или математическая обработка изображений на сегодняшний день используется практически во всех областях человеческой деятельности, так или иначе связанных с анализом визуальной информации. Преимущества, которые может дать анализ изображений, приведенных к цифровой форме, прежде всего, связаны с применением возможностей современных ЭВМ, производительность которых увеличивается с каждым годом.

Непременным условием для представления изображения в электронном виде, является оцифровка – перевод аналоговых изображений в цифровую форму. Несмотря на бурное развитие электронной и фотоэлектронной техники, этап оцифровки изображений до сих пор таит в себе немало сложностей. Одной из наиболее сложных задач является работа с оригиналами крупного формата или ввод изображений с большим числом элементов разложения.

Существующие на сегодняшний день высокоразрешающие сканеры для издательской и полиграфической деятельности, а также высокоразрешающие цифровые камеры, как правило, очень дороги и, при этом, далеко не всегда способны удовлетворить всем требованиям, которые выдвигают по отношению к ним задачи по оцифровке изображений.

Все вышесказанное показывает актуальность разработки и создания специальных средств для автоматизированного ввода, обработки и сохранения графической информации, которые позволили бы оцифровывать изображения с высокими оптическими разрешениями и могли работать с крупноформатными носителями информации.

Целью работы является исследование и реализация новых подходов к автоматизации процессов оцифровки изображений. Предлагаемый принцип заключается в объединении процесса оцифровки крупных сцен малыми фрагментами и их последующего автоматического объединения в единый технологический цикл.

Среди задач, которые необходимо решить для эффективной реализации данного метода, можно выделить следующие:

- определить возможные механические схемы таких устройств;
- рассмотреть возможные принципы управления в устройствах пофрагментного ввода изображений;
- проанализировать существующие методы объединения изображений с точки зрения возможности их использования в представляемых системах;
- решить задачу устранения возможных визуальных дефектов, связанных с объединением фрагментов в единое изображение;
- опробовать данный подход в конкретных устройствах ввода изображений.

К основным **методам исследований**, которые используются в данной работе, можно отнести моделирование задач совмещения фрагментов изображений путем подготовки специальных тестовых кадров, а также работа с изображениями, полученными в ходе исследований экспериментальных моделей устройств, реализующих принцип пофрагментной оцифровки. Качество получаемых изображений анализировалось как визуальными методами, так и методами аппаратных измерений.

В ходе выполнения диссертационной работы получены следующие **новые научные результаты**:

- концепция построения автоматизированных высокоразрешающих систем ввода изображений, основанная на применении пофрагментного способа сканирования;
- оценка технических характеристик, которые могут иметь данные устройства;
- методика нормировки яркостных искажений для взаимосвязанной группы кадров;
- способ объединения набора кадров, минимизирующий геометрические искажения по полю изображения;
- методика устранения граничных дефектов между объединенными фрагментами;

- способ анализа соответствий между изображениями, имеющими угловые и масштабные отклонения.

Практическая ценность полученных результатов состоит в следующем:

- разработана методика, позволяющая эффективно создавать высокоразрешающие системы ввода изображений;
- создано программное и аппаратное обеспечение для устройств пофрагментного ввода изображений.

Реализация результатов работы. Материалы диссертации были использованы в инновационно-инвестиционном комплексе СПбГТУ при создании специализированного комплекса для обработки широкоформатных аэрокосмических снимков, а также при реализации экспериментальной модели высокоразрешающей студийной цифровой камеры.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались на IV Всероссийской научно-методической конференции «Фундаментальные исследования в технических вузах» (Санкт-Петербург, 2000г); на V Санкт-Петербургской ассамблее: «Молодые ученые промышленности Санкт-Петербурга» (Санкт-Петербург, 2000), в периодических научных изданиях.

Публикации. Всего по результатам работы опубликовано 9 печатных работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, изложенных на 148 страницах машинописного текста, содержит 44 рисунка, включает 84 наименования отечественной и зарубежной литературы, и 5 приложений. Всего 164 страницы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность работы. Определены цели и задачи исследования, определены основные научные результаты, которые выносятся на защиту.

Первая глава диссертации посвящена аналитическому обзору задач оцифровки изображений, основных типов оцифровывающих устройств, датчиков оптического излучения, форматов графических файлов, а также методов предварительной обработки изображений.

Глава начинается с описания основных задач, в которых требуется оцифровка изображений с высоким разрешением, или обработка оригиналов крупного формата. К таким задачам относятся: исследование земной поверхности при помощи космической и аэрофотосъемки; оцифровка различных материалов имеющих историческую и культурную ценность; оцифровка изображений для медицины; для научной фотосъемки, например в астрономических и астрофизических исследованиях; цифровая рекламная и художественная фотография.

Для оцифровки изображений существует широкий ряд разнообразных устройств. К таким устройствам относятся планшетные, барабанные, роликовые и слайд-сканеры, а также цифровые репортажные и студийные фотокамеры. Основной проблемой при достижении высоких оптических разрешений является сложность изготовления ПЗС-структур с большим числом светочувствительных элементов. При этом с ростом линейных размеров кристалла, выход годных ПЗС уменьшается примерно пропорционально восьмой степени, что ведет к аналогичному повышению его цены.

Кроме этого, барабанные и некоторые планшетные сканеры, обладают достаточно сложной механикой, что также приводит к усложнению их производства и росту их стоимости.

В первой главе дано краткое описание основных типов сканирующих датчиков - ПЗС, контактных сенсоров, а также фотоэлектронных умножителей.

Также глава содержит описание различных форматов графических файлов, схем цветового представления и методов предварительной обработки изображений. Такая обработка практически всегда используется в оцифровывающей технике и

направлена на упрощение и повышение эффективности процесса ввода изображений.

Помимо таких аспектов обработки изображений, как фильтрация, реставрация и выделение признаков, подробное внимание уделено способам совмещения фрагментов изображения (или их взаимной регистрации).

Процедура совмещения изображений основывается на анализе области их взаимного перекрытия. Из данной области выбираются части сигнала, которые сравниваются между собой. Определив наиболее подходящие друг другу выборки, определяется и взаимное положение самих изображений.

Наиболее распространенными способами сравнения сигналов (размера N) являются следующие:

1) анализ сверток Фурье образов двух сигналов

$$R(F_1, F_2) = \frac{F_2(\eta)F_1^*(\eta)}{|F_1(\eta)F_2(\eta)|},$$

где (1)

$$F(\eta) = \frac{1}{N} \int_0^{N-1} f(t) e^{-i2\pi\eta t/N} dt$$

В данном случае t – обобщенная координата. Если между сигналами существует некоторое трансляционное смещение, т.е. $f_2(t) = f_1(t - \tau_0)$, то $R(F_1, F_2) = e^{-2\pi\eta(t - \tau_0)/N}$, соответственно обратное преобразование должно дать функцию, имеющую выраженный максимум в точке τ_0 .

2) Анализ взаимной корреляции двух сигналов

$$R_N(\tau) = \int_0^{N-1} f_1(t) f_2(t - \tau) dt, \quad (2)$$

3) Анализ функции абсолютной разности сигналов

$$R_A(\tau) = \|f_1 - f_2\|_\tau = \frac{1}{N} \int_0^{N-1} |f_1(t) - f_2(t - \tau)| dt. \quad (3)$$

4) Анализ морфологической корреляции

$$R_M(\tau) = \max[f_1(t) - f_2(t - \tau)]_{(0, N-1)} - \min[f_1(t) - f_2(t - \tau)]_{(0, N-1)}. \quad (4)$$

5) Стандартное отклонение разности сигналов

$$R_S(\tau) = \text{STD}[f_1(t) - f_2(t - \tau)]_{\tau}. \quad (5)$$

Данные функции достигают своих максимальных, или минимальных, значений в точке τ_0 тогда, когда $f_1(t) = f_2(t - \tau_0)$, поэтому задача определения максимально соответствующих друг другу выборок, сводится к нахождению экстремума функции $R(\tau)$, взятой в одном из вышеперечисленных представлений.

Кроме этого, возможно выявление подобия двух изображений на основе анализа их признаков. В качестве признаков могут быть выбраны характерные точки, линии, углы или объекты изображения. Авторами предложен способ идентификации изображений на основе распределения содержащихся в них объектов. Положение объектов мало зависит от изменений яркости, зашумленности и прочих искажений. При этом для эффективности анализа системы, образованной центрами масс объектов, важно учитывать и их размеры. Набор углов при узлах ориентированного графа, построенного по центрам масс объектов, является инвариантным по отношению к угловым и масштабным изменениям. Кроме этого, возможно включение и выключение произвольного числа узлов без изменения всего набора углов, что позволяет сравнивать наборы, состоящие из различного числа объектов.

Вторая глава работы посвящена разработке и исследованию принципов построения систем пофрагментного сканирования (СФС). Главное отличие СФС от обычных систем сканирования состоит в принципе позиционирования оптического датчика.

На рис.1 представлены два способа формирования изображений, общепринятый: когда все изображение проецируется на матричную

ПЗС или сканируется линейной ПЗС (рис.1.а), и пофрагментный, когда изображение сканируется при помощи ряда проекций ПЗС-матрицы.

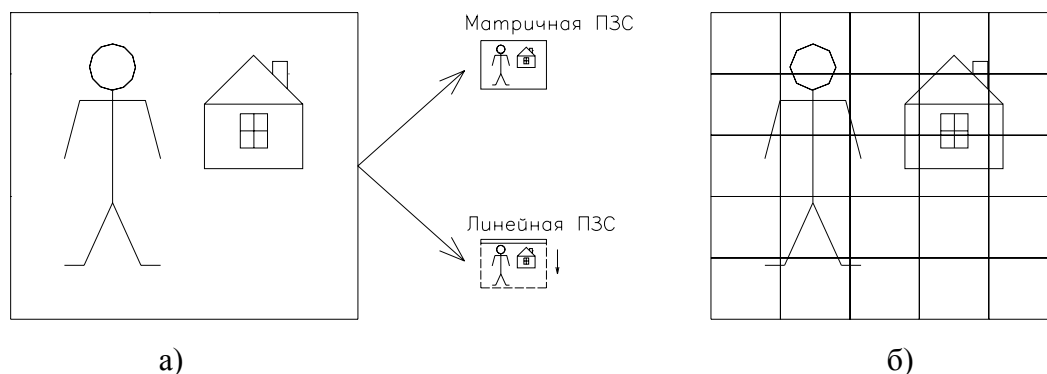


Рис.1. Способы формирования изображений

Данный подход позволяет получать практически любую величину оптического разрешения. Разрешение, в данном случае, будет зависеть от соотношения между размером светочувствительного элемента регистрирующего устройства (в данном случае ПЗС-матрицы) и размером изображения формируемого оптической системой. Например, при использовании оптики стандартной 35-мм камеры (принятый формат изображения 35x24мм) и ПЗС с размером светочувствительного элемента 10x10 мкм получаемый кадр будет иметь разложение - 3600x2400 точек (8,64 млн. пикселей), при применении широкоформатной оптики (12,5x12,5см) возможно получение кадра с разложением 12500x12500 элементов или 156,25 млн. пикселей. Использование ПЗС-матриц с более компактной упаковкой светочувствительных ячеек, например таких, элемент которых имеет размеры 7x6 мкм, позволяет получать изображения с числом точек порядка 300 млн. Сегодня такое оптическое разрешение недоступно ни одному из серийно выпускаемых устройств.

Рассмотрим задачи, которые должна решать типичная СФС:

- Автоматический ввод набора кадров;
- Определение взаимного положения соседних кадров относительно друг друга;

- Нахождение точек вставки для каждого кадра в общую сцену с минимальными геометрическими искажениями;
- Контроль качества процедуры объединения;
- Устранение эффекта границ между отдельными кадрами.

Автоматический ввод должна обеспечивать механическая часть СФС, работающая под управлением ЭВМ. Программное обеспечение (ПО) ЭВМ должно синхронизировать работу механического блока и блока ввода изображения, который в свою очередь, состоит из ПЗС матрицы (или любого другого матричного датчика излучения) и преобразующей платы (видеоконтроллера).

Таким образом, СФС можно представить в виде нескольких модулей:

- механического, обеспечивающего позиционирование оригинала и сканирующей матрицы;
- ввода изображения, состоящего из ПЗС матрицы и видеоконтроллера;
- модуля математической обработки, который обеспечивает автоматическое объединение вводимых кадров в единое изображение;
- координирующего, обеспечивающего синхронизацию работы всех перечисленных модулей и предоставляющего интерфейс пользователя СФС.

Управляющий модуль, как и модуль обработки и ввода данных, использует ресурсы персонального компьютера. Механический блок может иметь собственную микропроцессорную систему, которая будет работать автономно, обмениваясь данными с ЭВМ. За счет такого распределения ресурсов объединение кадров может производиться одновременно с процессом оцифровки во время перемещений в механическом блоке.

Для эффективной реализации СФС, необходимо использовать наиболее эффективные методы совмещения фрагментов, поэтому было проведено сравнительное тестирование методов (2-5) в различных условиях. Метод Фурье-анализа не рассматривался в

связи с тем, что при схожей, по сравнению с другими методами, точностью, расчет преобразований Фурье требует значительно большего времени, чем расчет всех остальных целевых функций, что серьезно сказывается на производительности всей системы.

Методы тестировались на специально подготовленных изображениях, которые подвергались яркостно-контрастным, шумовым и прочим искажениям, которые часто возникают при оцифровке изображений.

При тестировании оценивалась как точность определения взаимного положения кадров, так и, при прочих равных условиях, характер поведения целевой функции метода. Поведение целевой функции оценивалось по остроте и глубине минимума, наличию ложных пиков и т.д.

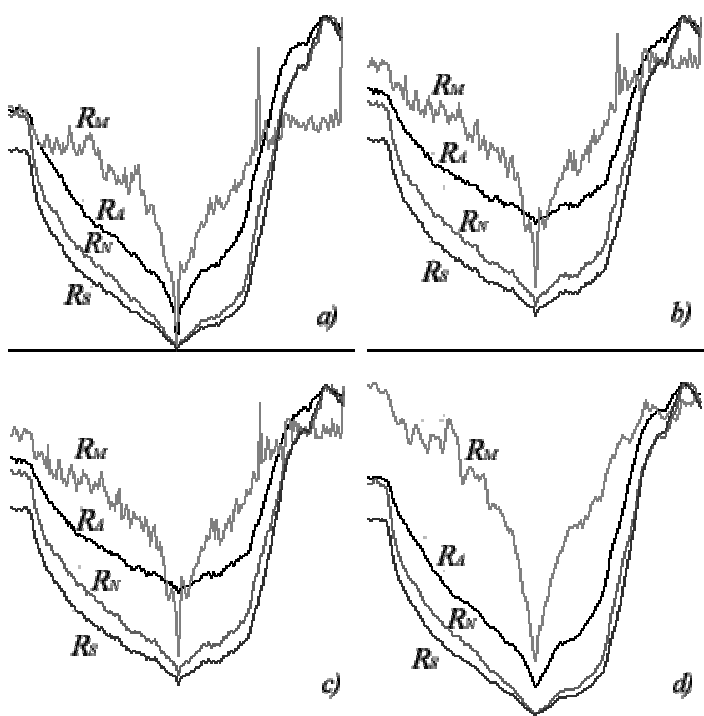


Рис.2. Поведение целевых функций регистрации в случае различных искажений

На рис.2, представлено поведение целевых функций в случае отсутствия каких-либо искажений – *a)*, для зашумленных изображений – *b)*, изображений подвергнутых изменениям яркости – *c)* и изображений с разным уровнем фокусировки – *d)*.

Для удобства представления, все функции были приведены к одинаковой области значений, в частности R_N представлена как $1 - R_N(\tau)$.

Как показали исследования, различные виды целевых функций ведут себя по-разному при различных видах искажений. Тем не менее, можно говорить, что с учетом реальных условий наиболее предпочтительным оказывается использование функции морфологической корреляции R_M . Данная функция легко

реализуема, обладает наиболее четким минимумом в точке регистрации и достаточно устойчива к основным видам искажений.

Помимо определения взаимного положения пар кадров ПО сканирующего устройства должно обеспечивать совмещение этих кадров в единую сцену, с минимальными геометрическими и визуальными искажениями, а так же производить контроль качества совмещения изображений.

Контроль качества совмещения двух кадров можно обеспечить путем их взаимной регистрации по нескольким выборкам. Если из области перекрытия кадров выбирается m образцов s_i (для которых определяются соответствующие им выборки, принадлежащие другому изображению), то мы получим m пар значений $(Px, Py)_i$, обозначающих смещение одного кадра относительно другого. Контроль качества может осуществляться по разбросу значений: $\Delta Px = \max(Px_i) - \min(Px_i)$ и $\Delta Py = \max(Py_i) - \min(Py_i)$.

Чем шире разброс $(\Delta Px, \Delta Py)$, тем ниже вероятность получения правильного результата. Искомые значения можно выбирать как средние по всем наборам

$$\overline{Px} = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{m-1} Px_i, \quad \overline{Py} = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} Py_i. \quad (6)$$

При этом для повышения достоверности результата, возможна реализация механизма исключения ложных значений $(Px, Py)_i$, т.е. тех, которые значительно отличаются от усредненных значений.

По полученным $(\overline{Px}, \overline{Py})$ определяются точки вставки кадров в общую сцену. Для определения координат вставки каждого из фрагментов в сцену, состоящую из $N \times M$ кадров, достаточно рассчитать $(N-1) + (M-1)$ параметров $(\overline{Px}, \overline{Py})$, если в качестве опорного кадра выбирается какой-либо угловой (например левый верхний в наборе). При этом объединение всех фрагментов будет производиться цепным, или рекурсивным способом, когда положение каждого последующего фрагмента определяется исходя из положения предыдущего (рис.3.а). Недостаток данного способа в

том, что при расчете положения каждого следующего кадра, учитываются все ошибки, возникающие при расчете положений предыдущих. С этой точки зрения более эффективным может оказаться взаимная регистрация каждого из кадра с каждым из своих соседей (рис.3.б).

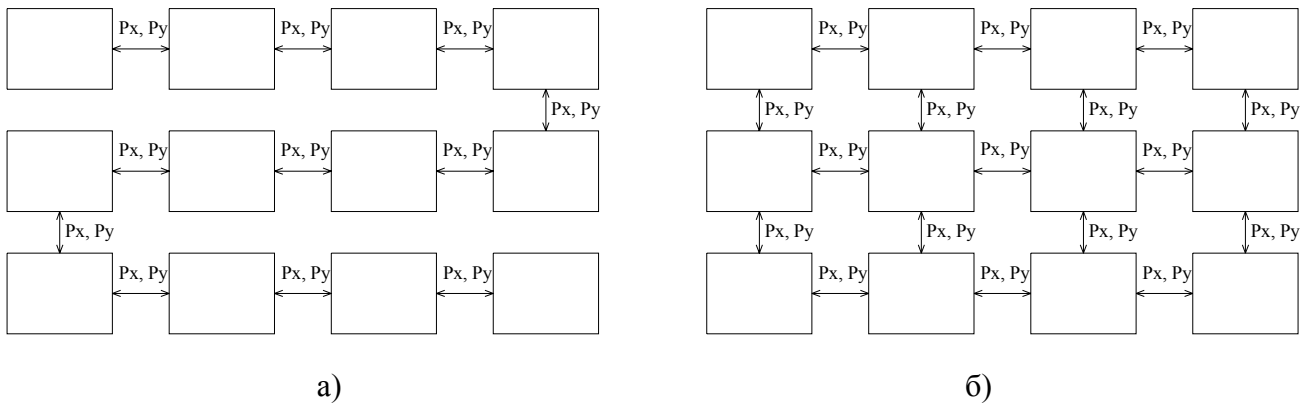


Рис.3. Способы объединения кадров

В том случае, когда производится полная регистрация набора кадров, т.е. определяются все (P_x, P_y) , возможно определение координат вставки каждого из кадров - (X, Y) , на основании нескольких альтернативных наборов (P_x, P_y) . При этом возможны два случая. В первом, (X, Y) для каждого кадра выбираются исходя из того набора значений (P_x, P_y) , суммарный разброс которых $\sum \Delta P_x$ и $\sum \Delta P_y$ минимален среди всех возможных наборов. Во втором случае, выбираются усредненные X и Y , полученные по нескольким наборам (P_x, P_y) . При этом целесообразно учитывать степень достоверности каждого набора, т.е. брать их с определенными весовыми коэффициентами. Поскольку в идеальном случае при регистрации двух кадров по нескольким выборкам разброс в значениях должен отсутствовать $\Delta P_x = \Delta P_y = 0$, то весовые коэффициенты предлагается определять, как

$$q(P_{x_{\Sigma}}) = \exp(-P_{x_{\Sigma}}), \quad q(P_{y_{\Sigma}}) = \exp(-P_{y_{\Sigma}}). \quad (7)$$

Тогда положение кадра, стоящего в M -м столбце и N -й строке от опорного, вычисляется как

$$\bar{X} = \frac{1}{Qp_x} \sum_{j=1}^{M-1} q(Px_{\Sigma}) \left[(N-1)W - \sum_{i=1}^{N-1} Px_{ij}^H + \sum_{k=1}^{j-1} Px_{1k}^V + \sum_{k=j}^{M-1} Px_{(N-1)k}^V \right], \quad (8)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{Qp_y} \sum_{i=1}^{N-1} q(Py_{\Sigma}) \left[(M-1)H - \sum_{j=1}^{M-1} Py_{ij}^V + \sum_{k=1}^{i-1} Py_{k1}^H + \sum_{k=i}^{N-1} Py_{k(M-1)}^H \right].$$

где

$$Qp_x = \sum_{j=1}^{M-1} q(Px_{\Sigma}^{(j)}), \quad Qp_y = \sum_{i=1}^{N-1} q(Py_{\Sigma}^{(i)}).$$

На практике, в реализованных системах ввода изображений, применяется упрощенный, полурекурсивный вариант. В данном случае положение каждого кадра определяется как средневзвешенная сумма, получаемая из значений рассчитанных по двум соседям, стоящим ближе к опорному кадру.

Помимо неточностей совмещения влиять на качество получаемых изображений могут и граничные эффекты – проявление видимой границы разделения между соседними кадрами. Практика показала, что наиболее часто данный эффект проявляется из-за перепадов уровней яркости между соседними фрагментами. Такие перепады, в основном, возникают при нестабильности внешнего освещения и проявляются из-за того, что фрагменты сцены экспонируются во времени последовательно, т.е. разные фрагменты могут быть экспонированы с несколько отличным уровнем освещения.

Для устранения такого рода эффектов предлагается использовать яркостную нормировку фрагментов с применением накопительной гистограммы яркости изображения. Накопительная гистограмма (или полигон яркости) определяется как

$$P(b) = \sum_{b'=0, b} h(b'), \quad (9)$$

$$b \in [0, 255].$$

где $h(b')$ – число элементов изображения имеющих яркость b' . Преимущество накопительной гистограммы в том, что она обладает однозначностью представления $P(b) \rightarrow b$, а также то, что при линейных изменениях яркости $b \rightarrow b'$, значение P не изменяется, т.е. $P(b) = P(b')$.

Используя это свойство, можно предложить принцип яркостной нормировки фрагментов, т.е. приведение яркостных уровней отдельных кадров в соответствие друг другу (рис.4).

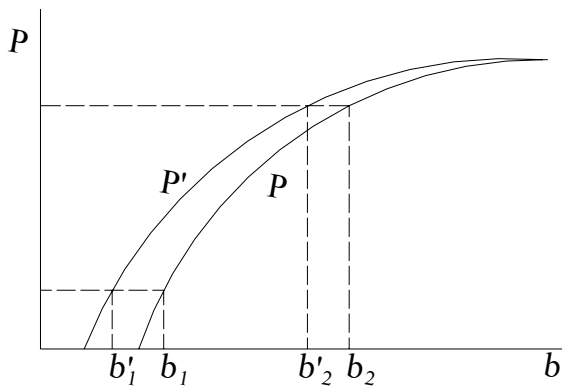


Рис.4. Выбор отсчетов яркостей по значениям полигонов

Если два полигона P и P' построены по области взаимного перекрытия двух кадров, то в отсутствии яркостных искажений они должны совпадать, поэтому нормировка заключается в линейном преобразовании яркостей $b' = Ab + B$ таким образом, чтобы полигоны нормированных изображений совпадали.

Коэффициенты нормировки можно определить по b и b' выбираемых при одинаковых значениях P : $P(b) = P'(b')$.

Тем не менее выбирая всего две пары значений (b, b') , из-за влияния шумов, ошибок округления и т.д., можно не достичь верного результата, поэтому целесообразно определять A и B по методу наименьших квадратов (МНК). Систему линейных уравнений, определяющих A и B , можно определить как

$$\begin{bmatrix} b_1' & 1 \\ b_2' & 1 \\ \dots & \dots \\ b_m' & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix} \quad \text{или} \quad \mathbf{b}' \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \mathbf{b}. \quad (10)$$

Согласно МНК, ее можно привести к невырожденному виду

$$\mathbf{b}'^T \mathbf{b}' \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix} = \mathbf{b}'^T \mathbf{b}. \quad (11)$$

Полученные коэффициенты справедливы для областей взаимного перекрытия, т.е. для граничных областей. Каждый кадр может иметь четырех соседей, а соответственно и четыре граничных условия (A_i, B_i) , с учетом этого можно записать

$$A(x, y) = \frac{A_1 \cdot (W - x) + A_3 \cdot x + A_2 \cdot (H - y) + A_4 \cdot y}{W + H} \quad (12)$$

$$B(x, y) = \frac{B_1 \cdot (W - x) + B_3 \cdot x + B_2 \cdot (H - y) + B_4 \cdot y}{W + H}$$

W, H – ширина и высота фрагмента.

Помимо яркостной нормировки для устранения эффекта границ предлагается использовать параметрическое усреднение данных в зоне перекрытия соседних кадров. Если область перекрытия имеет ширину Px , то величину сигнала $s(x, y)$ внутри

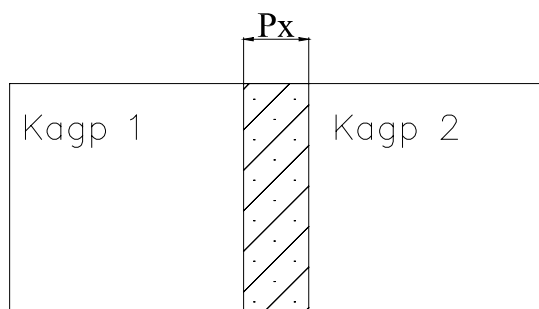


Рис.5. Два кадра с областью перекрытия

этой области можно определять как $s = s_1 k_1(x) + s_2 k_2(x)$, где $k_1(x) = Px - x$, $k_2(x) = x$ ($0 \leq x < Px$).

Такое усреднение приводит к плавному переходу от одного кадра к другому, и пограничные искажения распределяются по

всей области перекрытия. В случае, когда усреднение происходит в области принадлежащей, например, трем кадрам (вертикальный и горизонтальный соседи), усреднение производится с учетом трех весовых коэффициентов.

Третья глава работы посвящена описанию двух устройств, разработанных с использованием принципа пофрагментной оцифровки.

Первое из них – специализированный программно-аппаратный комплекс для оцифровки аэрокосмических снимков (СПАК). Данное устройство может обрабатывать рулонные фотоматериалы, имеющие до 40 см в ширину и протяженностью до нескольких десятков метров. Оцифровка производится с изменяемым разрешением 1200-1600 dpi, скорость оцифровки ~1,8 Мб/с. СПАК обладает возможностью выбора области сканирования произвольной формы, обеспечения привязки геофизических координат к координатам изображения и наоборот. Процедура объединения фрагментов изображения производится в режиме реального времени, параллельно с процессом оцифровки фрагментов.

Второе представляемое устройство – высокоразрешающая экспериментальная студийная цифровая камера. Эта камера предназначена для оцифровки изображений с высоким разрешением в студийных условиях. Камера позволяет получать полутоновые изображения с форматом разложения до 3500x3500 элементов. Цикл экспозиции фрагментов и цикл их объединения разделен во времени. Время экспозиции составляет ~6 с. Время объединения и обработки кадров зависит от производительности ЭВМ и для компьютера класса РП-300 составляет порядка 20 с.

В **заключении** суммируются полученные в ходе работы результаты, оцениваются перспективы дальнейшего улучшения представленных устройств и рассматриваются возможности применения принципа пофрагментной оцифровки в будущем.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. В работе предложена и рассмотрена концепция автоматизации процессов пофрагментного ввода изображений, позволяющая значительно повысить производительность и разрешающую способность сканирующих устройств.

2. Предложен принцип организации работы устройств, использующих данную методику.
3. Исследован широкий класс методов совмещения изображений и определены условия для наиболее эффективного использования каждого из них.
4. Предложен принцип объединения группы фрагментов в единое изображение с минимизацией геометрических искажений и реализацией механизма контроля качества операции объединения.
5. Разработан принцип нормировки яркостных искажений, повышающий качество получаемых изображений.
6. Предложен способ устранения визуальных дефектов изображений путем применения параметрических усреднений по пограничным областям фрагментов.
7. Реализованы образцы двух устройств, использующих принцип пофрагментного сканирования: специализированный комплекс для обработки аэрокосмических снимков и высокоразрешающая студийная цифровая камера.
8. Предложен принцип определения степени соответствия между изображениями, имеющими угловые и масштабные искажения.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Вашкелис В.В., Пятышев Е.Н., Специализированный комплекс для оцифровки широкоформатных фотоматериалов// Фундаментальные исследования в технических вузах: Тез.докл. IV Всероссийской научно-методической конф. Санкт-Петербург: СПбГТУ. 2000. С.41.
2. Вашкелис В.В., Пятышев Е.Н., Средства регистрации полутоновых растровых изображений// Фундаментальные исследования в технических вузах: Тез.докл. IV Всероссийской

научно-методической конф. Санкт-Петербург: СПбГТУ. 2000. С.42-43.

3. Вашкелис В.В., Высокоразрешающие устройства оцифровки плоских и трехмерных объектов// Пятая Санкт-Петербургская ассамблея молодых ученых и специалистов. Тез.докл., Санкт-Петербург, 2000, с.32.
4. Вашкелис В.В., Методика устранения визуальных дефектов для многофрагментных изображений// Пятая Санкт-Петербургская ассамблея молодых ученых и специалистов. Тез.докл., Санкт-Петербург, 2000, с.33.
5. Вашкелис В.В., Методы быстрого объединения фрагментов крупноформатных изображений для сканирующих систем // С.-Петербург. гос. технич. ун-т. – СПб., 2000. Деп. ВИНТИ № 3017-В00 от 28.11.2000.
6. Вашкелис В.В., Способы определения масштабных и угловых отношений между изображениями, на основе анализа весового и геометрического распределения объектов // С.-Петербург. гос. технич. ун-т. – СПб., 2000. Деп. ВИНТИ №3017-В00 от 28.11.2000.
7. В.В.Вашкелис, В.П.Вашкелис, Е.Н.Пятышев, Специализированный комплекс для автоматизированной оцифровки широкоформатных фотоматериалов// Инф. бюллетень ГИС-ассоциация №4(26), Ноябрь, Москва, 2000, с.58-61.
8. В.В.Вашкелис, Принципы построения высокоразрешающих систем пофрагментного сканирования// Научное приборостроение, т.11, №1, Январь, Санкт-Петербург, 2001, с.57-64.
9. В.В.Вашкелис, Методы определения угловых и масштабных отклонений между изображениями// Информационные технологии, №6, Июнь, Москва, 2001, с.32-38.