

# Лекция 21.

## Комбинированный ввод

# Сшивка кадров изображений

Сшивку сканированных изображений имеющих частичное перекрытие друг друга можно осуществить путем привязки ключевых точек (реперных) на обоих изображениях.

$$M = \underset{m, n}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^K |X_i - Y_i(m, n)|,$$

где векторы  $X_i$  и  $Y_i$  представляют соответствующие  $i$ -е выбранные области кадров. Совмещение отдельных реперных точек осуществляется в общем случае таким образом, чтобы наблюдался одинаковый зазор между границами реперных меток. Так как норма ошибки - сумма абсолютной разности - вычисляется для каждого положения  $(m, n)$  в области поиска, то этот метод требует полного перебора.

# Функция расстояния

Как правило, функция расстояния  $d(x, y)$  между пикселями  $p_1(x, y)$  и  $p_2(x, y)$  строится на основе евклидова расстояния.

Дополнительно могут учитываться и другие факторы, которые входят в формулы как слагаемые или коэффициенты, например:

$$d(x, y) = a \|p_1 - p_2\| + b + \varepsilon(x, y)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $\varepsilon(x, y)$  - параметры контраста, средней освещенности и шума соответственно.

# Мера сходства

Мера сходства может быть определена через функцию расстояния следующим образом: считается, что пиксели схожи, если

$$d(p_1, p_2) \leq \lambda, \text{ где } \lambda$$


некоторый установленный порог. Если в качестве меры различия в некотором пикселе  $(k, l)$  будем брать среднеквадратичную ошибку

$$\varepsilon^2(k, l) = \sum_x \sum_y [p_1(x, y) - p_2(x + k, y + l)]^2$$

которая минимизируется перебором всех допускаемых сдвигов эталона по заданной области, то приходим к корреляционной функции подобия.

Считается, что в точке экстремума реализуется сходство, если

$$\varepsilon^2(k, l) \leq \lambda$$



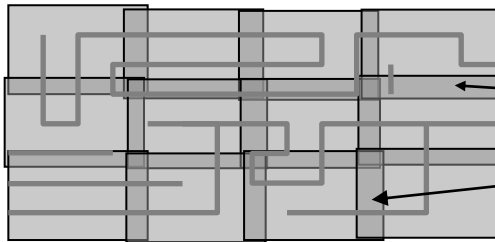
Для ускорения вычисления корреляции используют специальные преобразования: фильтрацию, автокорреляционные функции Фурье ,

уменьшение совмещаемых областей, а также приближенные алгоритмы

совмещения, дающие некоторое приемлемое квазиоптимальное решение. В рамках каждого из этих подходов целесообразна разработка алгоритмов параллельного совмещения для ускорения процесса вычисления.

# Сшивка матрицы кадров изображений

*Реперных меток нет*



Зоны перекрытия:  
по горизонтали  
по вертикали

$S_h$  и  $S_v$  – среднее перекрытие  
 $h$  и  $v$  – смещения кадров  
относительно заданных по  
горизонтали и вертикали,  
 $-\Delta h < h < \Delta h$ ,  $-\Delta v < v < \Delta v$ ,  
 $G = (N, R)$ ,

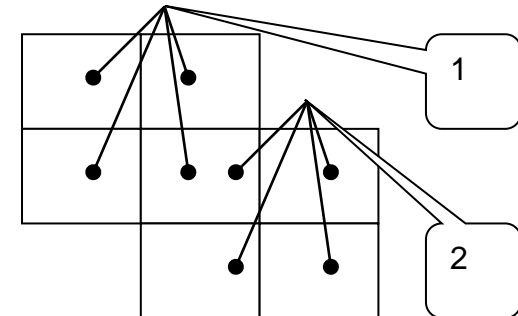
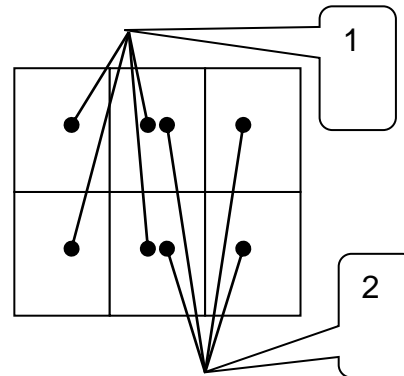
Функцию  $d(r_i, h, v)$  определим как среднее значение  $d_{abs}(p1, p2) = |x1-x2| + |y1-y2|$  по всем пикселям  $p1$  и  $p2$  из области перекрытия рассматриваемой пары смежных кадров

Задача заключается в нахождении такого расположения кадров, чтобы было минимальным значение функции:

$$g = \sum_{i=1}^{|R|} d(r_i, h, v) \rightarrow \min$$

*комбинаторный поиск*

Сшивка по  
горизонтали  
с добавлением  
двух кадров



**Сшивка с добавлением  
трех кадров**

Приближенные алгоритмы, в которых вместо общего критерия качества используется локальный критерий – функция  $g$ , оценивающая сшивку четверок кадров ( $|R| = 4$ ), расположенных в виде матрицы размерности  $2 \times 2$  с применением функции расстояния между пикселями

$$\|p_1 - p_2\| = d_{\text{abs}}(p_1, p_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

Функцию  $d(r_i, h, v)$  определим как среднее значение  $d_{\text{abs}}(p_1, p_2)$  по всем пикселям  $p_1$  и  $p_2$  из области перекрытия рассматриваемой пары смежных кадров.

В качестве функции совмещения используется функция оценки совмещения кадра со всеми соседними кадрами при условии, что они жестко фиксированы:

$$g = g(P_{i,j}) = \sum_{k=1}^{K_{i,j}} \min d(P_{i,j}, P_{i,j}^{K_{i,j}}, h, v)$$

где  $K_{i,j}$  – количество кадров, смежных  $(i, j)$ -му кадру. Отметим, что  $K_{i,j}$  равно числу ребер, инцидентных вершине графа  $G$ , соответствующей  $(i, j)$ -му кадру.

# Технические средства аппаратно-программных комплексов комбинированного ввода крупноформатных графических документов

Построение технических средств аппаратно-программных комплексов комбинированного ввода графических изображений на основе крупноформатных дигитайзеров и малоформатных планшетных сканеров.

Предложен принцип секционирования индукционных систем координатных матриц, на основе которого разработан новый класс периферийных средств ввода – секционные дигитайзеры с составными (мозаичными) конструкциями координатных матриц.

Разработаны и реализованы способ и схема комплексирования планшетного сканера и дигитайзера без вмешательства в электронную схему последнего.

*Необходимость работы с картами, топопланами и др. изображениями, формат которых превышает размеры широко распространенных и относительно дешевых малоформатных планшетных сканеров форматов А4 и А3 .*

Существует несколько вариантов решения



# Использование дигитайзеров

Данные устройства представляют собой планшеты с указателями координат, которые позволяют, разместив на планшете, например, карту, оцифровать все интересующие пользователя объекты, последовательно перемещая указатель вдоль границ либо осевых линий объекта, и через малые промежутки, указывая точки, координаты которых будут автоматически введены в компьютер. Данный способ достаточно трудоемкий, трудно контролируемый по полноте и точности ввода.

Дигитайзером невозможен ввод полутоновых и цветных документов. Однако есть и свои преимущества. Например, работа с дигитайзером не требует от исполнителя квалификации профессионального картографа. Кроме того, погрешность получаемой компьютерной модели при аккуратной работе не превосходит некоторого предела, который обусловлен погрешностями указания точек на планшете.

# Сканирование при помощи крупноформатных рулонных, планшетных или барабанных сканеров

Данный способ наиболее предпочтителен для пользователя.

Однако высокая стоимость крупноформатных сканеров сдерживает их широкое применение. К тому же в силу своих конструктивных особенностей эти устройства также не лишены недостатков: громоздкость, невозможность ввода с нестандартных носителей, затруднительное использование в мобильных приложениях.

# *Сканирование малоформатными планшетными сканерами*

Выполняется по фрагментам с последующей программной «сшивкой» фрагментов в единый файл. Планшетные сканеры малых форматов сравнительно недороги, компактны и удобны в работе. Недостатки этой технологии связаны с отсутствием физической координатной привязки сканера при вводе крупноформатных документов, что усложняет последующую сшивку растровых фрагментов, влияя на качество результата.

# Аппаратно-программные комплексы пофрагментного сканирования

Строятся по принципу – крупноформатная физическая двухкоординатная система, на которой тем или иным способом размещается вводимое графическое изображение, и подвижная малогабаритная платформа со сканирующей фотоприемной линейкой приборов с зарядовой связью (ПЗС), программно перемещаемой на траверсе в пределах рабочей области упомянутой координатной системы.

Типичным представителем данного технического решения является планшетный сканер на основе плоттера со встроенной сканирующей головкой. При сканировании производится взаимное координатное перемещение сканирующей головки относительно жестко зафиксированного на рабочей поверхности плоттера графического изображения. Сшивка полос производится автоматически с помощью специализированного программного обеспечения.

Из-за механических погрешностей сшивка чаще всего бывает не точной. Для полученного изображения характерна практически некомпенсируемая полосная структура растровой копии, в которой упомянутые «полосы» могут различаться по яркости, цветности и по видимым визуальным границам стыковки.

## *Комбинированный ввод*

Характеризуется возможностями пофрагментного сканирования крупноформатных изображений, их оцифровкой и комбинированным использованием этих технологий. Для ввода применяются свободно перемещаемые малогабаритные и относительно дешевые средства (сканеры, видеокамеры). Для координатной привязки сканеров и векторной дигитализации используют модификации крупноформатных дигитайзеров.

Комбинированный ввод обеспечивает более высокую точность и производительность по сравнению с «дигитайзерным» вводом; относительную дешевизну возможность избирательного ввода и привязки отдельных актуальных фрагментов изображения преимуществом с существующими системами ввода с помощью дигитайзера или сканера. Возможен контроль за полнотой ввода информации, ввод с нестандартных (деформированных) носителей.

# Элементы технологии комбинированного ввода

Вводимое изображение закрепляется на рабочем поле дигитайзера прижимным стеклом либо скотчем. Прижим стеклом обеспечивает неподвижность изображения в процессе ввода. При этом разглаживаются возможные неровности носителя. На прижимное стекло накладывается планшетный сканер, обращенный сканирующей линейкой в сторону вводимого изображения.

Сканер снабжен двумя или четырьмя индуктивными датчиками, попарно разнесенными в направлениях начала и конца перемещения сканирующей линейки. Оператор курсором дигитайзера последовательно вводит в компьютер от 2-х до 4-х точек изображения, фиксирующих в компьютере границы вводимого участка. Датчики обеспечивают определение текущего положения и ориентацию сканера в координатной системе дигитайзера. Для удобства перемещения сканера на его боковые стороны прикреплены пара ручек.

## Элементы технологии комбинированного ввода (продолжение)

После того как границы вводимого участка определены компьютером, производится разбиение участка на перекрывающиеся фрагменты. Результат разбиения отображается на экране монитора. Курсор дигитайзера устанавливается на посадочное место за пределами поля считывания дигитайзера, например, на крышке корпуса блока сопряжения

Перемещая сканер по прижимному стеклу и наблюдая за его перемещением на экране монитора в виде подвижной рамки, оператор выводит сканер в положение сканирования первого фрагмента. Запускается процесс сканирования. Отсканированный фрагмент отображается на экране монитора и оператор приступает к наведению сканера на второй фрагмент и его сканированию.

# Элементы технологии комбинированного ввода (продолжение)

Процесс продолжается до тех пор, пока не будет отсканирован весь участок. Если вводимое изображение превышает по площади обозначенный участок, прижимное стекло убирается (или приподнимается) и изображение перемещается (сдвигается) по рабочей поверхности дигитайзера для сканирования следующего участка. Затем процесс повторяется в вышеупомянутой последовательности.

Следует отметить, что каждому фрагменту соответствует пара координат от датчиков сканера. По ним расположение фрагмента однозначно привязывается к системе координат дигитайзера. Фрагменты сохраняются в файлах в стандартном растровом формате. Совокупное изображение в компьютере программно синтезируется из них практически без заметных глазом переходов на границах



# Исследования по комбинированному вводу в Беларуси

2002 год, ОИПИ НАН Беларуси

Начато изготовление и поставка заказчикам образцов аппаратно-программных комплексов комбинированного ввода ДИСКАН (ДИгитайзер + СКАНер), а затем и ДИСКАН-М (Мобильный).


Комплексы строятся по модульному принципу и комплектуются из планшетного сканера одного из малых форматов ( $A_4$ ,  $A_4+$  или  $A_3$ ), крупноформатного дигитайзера (форматы от  $A_1$  до  $2A_0$ ,) и дополнительного электронного блока сопряжения для синхронизации их совместного функционирования.

Рассмотрим некоторые вопросы доработки стандартных и построения новых аппаратных средств, составляющих комплексы ДИСКАН и ДИСКАН-М.

# Модернизация сканеров

Малоформатные планшетные сканеры для работы в комплексах ДИСКАН и ДИСКАН-М требуют определенной доработки. Смысл ее сводится в основном к введению индуктивных датчиков координат, идентичных датчику курсора дигитайзера, для позиционирования сканера в системе координат дигитайзера. Датчики размещают одной или двумя парами в крышке корпуса сканера по ее периферии в непосредственной близости к противоположным граням защитного стекла





Сканер в составе комплекса работает в перевернутом положении, при котором его консоль со сканирующим модулем (каретка с ПЗС линейкой) обращена в сторону от сканируемого изображения. В большинстве серийных моделей малоформатных сканеров работа в таком режиме не предусмотрена. Поэтому консоль выполняют с шарнирным соединением на одном из ее концов с направляющей, обеспечивающей перемещение (развертку) по кадру, а второй конец консоли оставляют свободным. В штатном режиме под действием собственного веса консоль прижимается к другой направляющей, сохраняя параллельность ПЗС линейки поверхности сканируемого документа. Для работы сканера в составе комплекса ДИСКАН в перевернутом положении на свободный конец консоли крепится плоская упорная шайба небольших размеров (10÷15 мм в диаметре) из материала с малым коэффициентом трения по металлу или стеклу. При сканировании консоль перемещается по кадру, скользя упорной шайбой по внутренней поверхности стекла крышки сканера. Шайба подбирается по высоте так, чтобы консоль в процессе сканирования удерживалась примерно параллельно поверхности сканируемого изображения. В сканерах с двумя направляющими, удерживающими консоль с обеих концов параллельно поверхности прижимного стекла, необходимость такой доработки сканера отпадает.

# Комплексирование сканера и дигитайзера

В ранних моделях комплексов ДИСКАН комплексирование сканера и дигитайзера было связано с доработкой электронного блока последнего. На электронный блок возлагалась задача подключения дополнительных датчиков сканера.

Между тем вмешательство в электронную схему дигитайзера возможно не всегда, поскольку последние чаще всего поступают в продажу без конструкторской документации. Если документация все же имеется, для ее использования нужны специалисты соответствующего профиля.

Существует и другая сторона вопроса. Преимущественное распространение растровых технологий ввода привело к тому, что во многих организациях и предприятиях скопилось множество крупноформатных дигитайзеров разных моделей, имеющих ограниченное применение, либо находящихся на складском хранении.

В связи с этим возникла задача разработки универсального способа комплексирования без вмешательства в электронную схему дигитайзера как при создании новых крупноформатных дигитайзеров, так и для вторичного использования их накопленного запаса.

# Дигитайзер

*Курсор дигитайзера фирмы Calcomp в посадочном месте на крышке корпуса блока сопряжения*



Принцип действия дигитайзера основан на фиксации местоположения курсора с помощью встроенной в планшет сетки, состоящей из проводочных или печатных проводников с довольно большим расстоянием между ними (от 3 до 6 мм). Но механизм регистрации положения курсора позволяет получить шаг считывания информации намного меньше шага сетки (до 100 линий на мм). Шаг считывания информации называется разрешением дигитайзера. По технологии изготовления дигитайзеры делятся на два типа: электростатические (ЭС) и электромагнитные (ЭМ). В первом случае регистрируется локальное изменение электрического потенциала сетки под курсором. Во втором - курсор излучает электромагнитные волны, а сетка служит приемником.



# Дигитайзер в составе комплекса ДИСКАН

Немалую финансовую составляющую общей стоимости комплекса ДИСКАН составляет электромагнитный дигитайзер. В свою очередь наиболее трудоемким и затратным модулем в составе каждого крупноформатного дигитайзера считается его координатный планшет. Основные трудозатраты по изготовлению планшета приходятся на его индукционную систему линейных проводников (координатных шин) – координатную матрицу. Мировой опыт показывает, что наибольшее распространение получили дигитайзеры, основанные на фазовых методах координатных измерений. Они сравнительно просты в производстве, имеют пассивную индукционную систему координатной матрицы, обслуживаемую небольшим числом активных элементов электронного блока, а следовательно более надежны в эксплуатации. Кроме того они обладают повышенной устойчивостью благодаря узкополосности измерительного тракта (синусоида частотой 10-20 кГц) и автоматической компенсации синфазных помех.

Имея универсальный блок сопряжения для использования подобных дигитайзеров в составе ДИСКАНов нет необходимости вмешиваться в их электронную начинку

# Принцип секционирования координатных матриц

Построение крупноформатных координатных матриц дигитайзеров из множества секций, объединенных в единую конструкцию с небольшим числом гальванических связей между соседними секциями

Технологичность

малая трудоемкость сборки

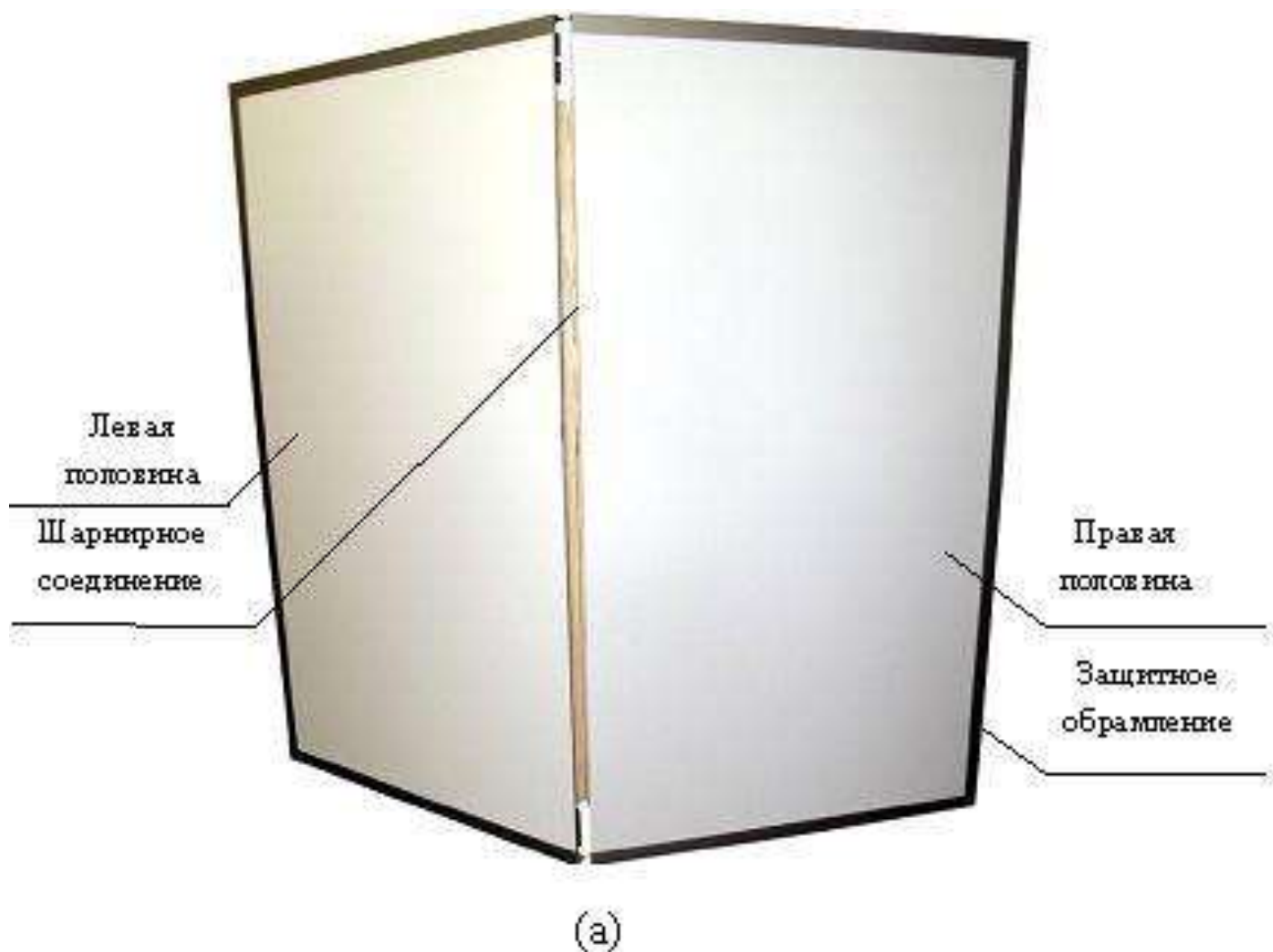
новые функциональные возможности дигитайзеров

# Конструкция секционного дигитайзера

Секционный дигитайзер отличается от дигитайзеров с обычными координатными матрицами конструкцией планшета. В одном из реализованных вариантов планшет секционного дигитайзера выполнен из двух частей прямоугольной формы (правой и левой) примерно одинаковых размеров каждая. Обе части планшета скреплены по длинной стороне с помощью шарнирного соединения в виде рояльной петли (на рисунке петля находится с тыльной стороны). Соединение позволяет разворачивать данную конструкцию в единую столешницу с плоской рабочей поверхностью и фиксацию носителя вводимого изображения для последующего сканирования. С трех сторон каждой части планшета установлено металлическое защитное обрамление для придания большей прочности и жесткости всей конструкции. Тело каждой части планшета выполнено в виде сборки, в основание которой заложен трехслойный композитный материал на основе тонких (толщиной до 1 мм) пластин из пластика, соединенных пористым наполнителем.



# Секционный планшет формата A1+



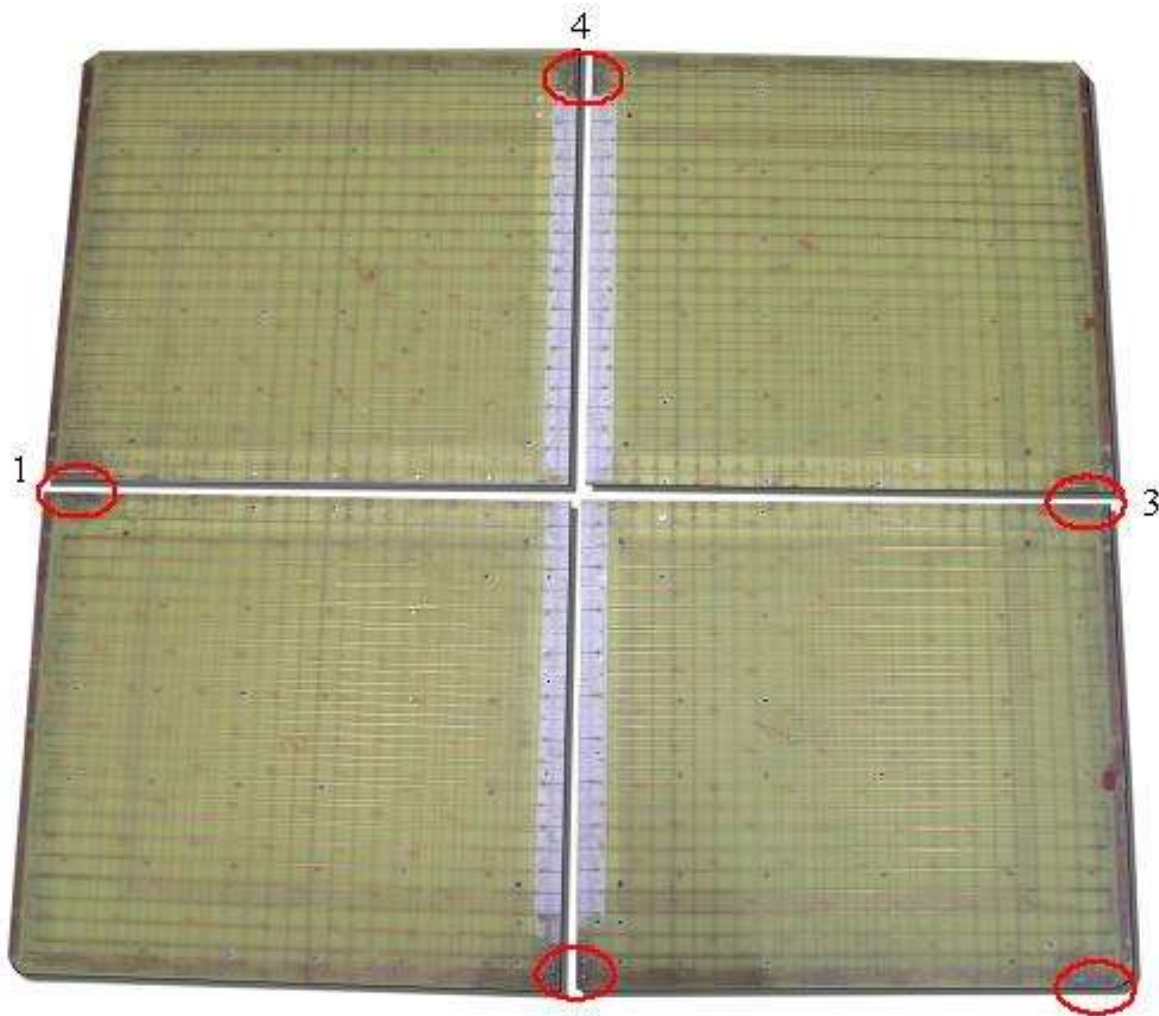
# Координатная матрица дигитайзера

Координатная матрица дигитайзера состоит из четырех секций площадью примерно 515 на 460 мм<sup>2</sup> выбраны исходя из возможностей промышленного изготовления их электрохимическим способом. Каждая секция представляет собой отдельную двухстороннюю прямоугольную плату печатного монтажа, изготовленную из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита. По двум из четырех углов платы находятся ламельные контакты для установки соединительных разъемов. Разъемы объединяют восемь сеток проводников, составляющих индукционную систему координатной матрицы дигитайзера нониусного преобразования, в единое целое. Здесь же имеется проводящая рамка, отделяющая рабочую часть координатной матрицы от ее периферийной зоны, в которой заметно проявление краевого эффекта.

Сетка координатных шин планшета для устройства считывания графической информации: **пат. 2478, пат. 3281 Респ. Беларусь /** Г.И. Алексеев, С.Г. Алексеев; заявитель ОИПИ НАН Беларуси

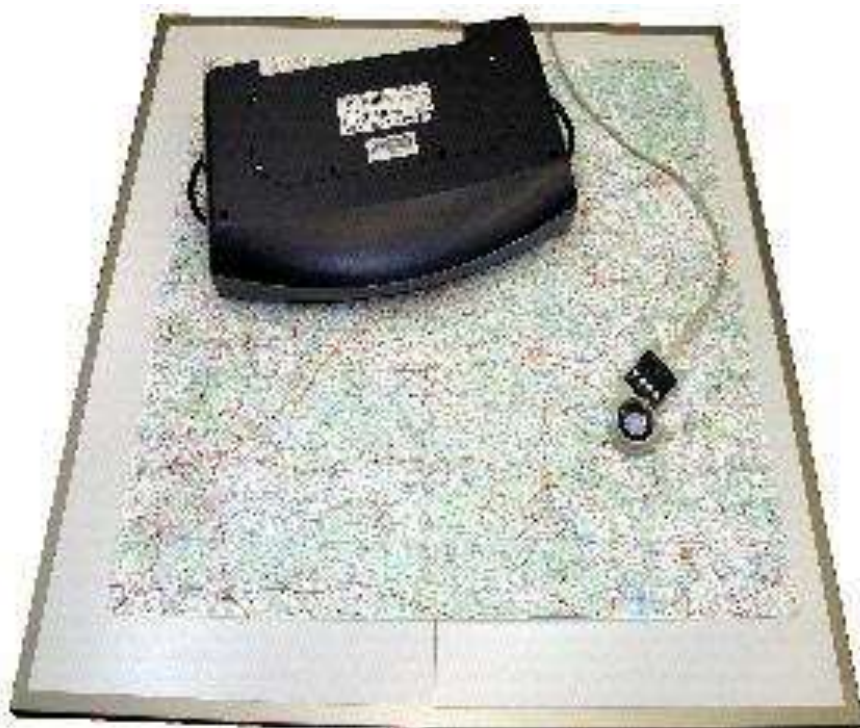
# Четыре секции координатной матрицы

1-4 – зоны электрических соединений соседних секций (до 18 ламелей на разъем)  
5 – место (разъем) подключения матрицы к электронному блоку дигитайзера



# Пример комплекса на базе секционного дигитайзера

*Аппаратно-программный комплекс ввода крупноформатных документов  
ДИСКАН-М*



# Основные технологические операции

1. Размещение и закрепление документа на рабочей поверхности дигитайзера.
2. Интерактивное наведение сканера на очередной сканируемый фрагмент с одновременным отображением процесса наведения на экране монитора.
3. Пофрагментное сканирование с одновременным отображением отсканированного фрагмента на экране монитора.
4. Поиск общих локальных областей в окрестностях перекрытия соседних фрагментов.
5. Трансформация и совмещение фрагментов с учетом найденных локальных областей (меток).
6. Автоматическая сшивка фрагментов и формирование электронной копии документа.

# Области применения

- создание цифровых копий карт и планов местности по картам и планам на бумажной и пленочной основе для нужд народного хозяйства, МЧС, МО и других министерств и ведомств;
- перевод в цифровую форму документов проектно-конструкторских отделов, научно-исследовательских и проектных институтов, других предприятий и организаций – создателей и держателей архивов инженерной документации;
- перевод в цифровую форму накопленных в странах СНГ архивов планов городов и др. населенных пунктов, размещенных в настоящее время на картонных и металлических носителях формата 600х600 мм;
- применение в кадастровых системах (городской, земельные кадастры и др.)

# Дигитайзер,

Дигитайзер, или планшет, как его еще называют, состоит из двух основных элементов: основания и курсора, перемещаемого по его поверхности. Это устройство изначально предназначалось для оцифровки изображений. При нажатии на кнопку курсора его местоположение на поверхности планшета фиксируется, а координаты передаются в компьютер.

Дигитайзер (digitizer) - это кодирующее устройство, обеспечивающее ввод двумерного (в том числе и полутонового) или трехмерного (3D дигитайзеры) изображения в компьютер в виде растровой таблицы. является типичным внешним специализированными устройства графического ввода. Задача получения 3D-моделей реальных объектов стоит перед промышленными дизайнерами, инженерами, художниками, аниматорами, разработчиками игровых приложений. Измерение геометрии сложных пространственных форм является основным требованием для современных производителей технологической оснастки.



# Основные области применения дигитайзеров

Мультипликация

Оцифровывание географических карт для работы с географическими  
информационными системами (ГИС)

Инженерное проектирование, создание прототипов и обратный инжиниринг

Научная визуализация