

1. По кинематическим данным оси растяжения и сжатия на территории Волынского блока имеют две основные ориентировки: в С-З части растяжение падает в западном направлении, сжатие — на юг, в Коростенском плутоне растяжение направлено на юг, сжатие — на восток. В пределах Белоцерковского блока растяжение ориентировано на север, сжатие — на восток. В Кировоградском блоке наблюдается неустойчивые ориентировки главных осей деформаций от субширотных до субмеридиональных. В северной части Западно-Ингулецкой шовной зоны растяжение направлено на север, сжатие — на запад. В южной части зоны растягивающие усилия направлены на юг, сжимающие — на север, С-З. В пределах Западного Приазовья растяжение направлено на юг, сжатие — на С-З. Восточное Приазовье характеризуется западным или Ю-В направлением оси растяжения и в основном восточным сжатием.

2. В пределах УЩ преобладают условия растяжения, наиболее выраженные в пределах Волынского и Белоцерковского блоков, а также в районе интрузивных щелочных комплексов Восточного Приазовья. Условия сжатия преобладают в южной части Белоцерковского блока, в Голованевской шовной зоне и в Восточном Приазовье.

3. В движении дневной поверхности преобладает опускание, наиболее ярко выраженное в восточной части Кировоградского блока. Воздымание характерно для Волынского, Белоцерковского и Приазовского блоков.

В заключение следует отметить, что для более полной характеристики параметров поля деформаций необходимо проведение дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Гушенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. — М.: Наука, 1979 — С. 7–25.
2. Степанов В.В. Количественная оценка тектонических деформаций // Поля напряжений и деформаций в литосфере. — М.: Наука, 1979. — С. 67–71.
3. Корчемагин В.А., Емец Е.С. К методике выделения и реконструкции наложенных тектонических полей напряжений. АН СССР // Доклады АН СССР. — М., 1982. — Т.263 (1). — С. 163–168.
4. Гинтов О.Б., Исая В.М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. — К.: Наукова Думка, 1988. — 120 с.
5. Соллогуб В.Б., Чекунов А.В., Гарецкий Р.Г. и др. Литосфера Центральной и Восточной Европы. — Киев: Наукова Думка, 1989. — 188 с.
6. Байсорович М.М., Беланов В.М., Бородулін М.А. та ін. Атлас «Геологія і корисні копалини України». М 1:5000000. — Київ: ІГН НАН України, 2001.

© Дудник В.А., Емец В.С., Корчемагин В.А.,
Корчемагин Д.В., Павлов И.О., Степанов В.В., 2002

УДК 528:711

ГЕРМОНОВА Е.А. (ДонНТУ)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ КАЛИБРОВКИ СКАНЕРОВ

Процесс сбора и обработки исходной картографической и атрибутивной информации для геоинформационных систем очень трудоемок и дорогостоящ. Для уменьшения этих затрат в качестве исходной картографической информации в ГИС используются уже имеющиеся в архивах исходные картографические материалы (ИКМ) на бумажной, пластиковой, алюминиевой и др. видах основы. Существует

множество разработок по вводу этих ИКМ в ГИС сканированием на полиграфических планшетных сканерах. Во всех этих разработках предполагается, что ошибки сканирования минимальны (применение точных сканеров). Недостаточное число опорных точек на растровых картах не позволяет исключать ошибки сканирования (при сканировании на полиграфических сканерах) и более полно исключать ошибки основы.

Учитывая принцип работы оптико-механического узла планшетного сканера можно разработать его математическую модель, для описания которой нами вводятся следующие понятия:

— теоретическая система координат сканера — система координат с началом в точке $O_{ск}$ и двумя взаимно-перпендикулярными осями $X_{ск}$ и $Y_{ск}$;

— система координат растрового изображения, полученного в результате сканирования — система координат с началом в точке O_{pic} (верхний левый угол растра) и двумя взаимно-перпендикулярными осями X_{pic} (вправо) и Y_{pic} (вниз);

— система координат сетки-эталона с началом в точке $O_{э}$, которая смещена на величины δx_0 и δy_0 относительно начала теоретической системы координат, и двумя взаимно-перпендикулярными осями $X_{э}$ и $Y_{э}$.

Если предположить, что сканер работает безошибочно, то можно записать следующую систему уравнений связи:

$$\begin{cases} x_{ск_i} = x_{э_i} + \delta x_0 \\ y_{ск_i} = y_{э_i} + \delta y_0 \end{cases} \quad (1)$$

Однако существующие полиграфические сканеры имеют ошибки сканирования. Так, например, на рис.1. представлена схема возможного перемещения CCD-линейки, для которой уравнения связи (1) недействительны.

Значительная часть ошибок при сканировании вызвана нелинейными искажениями, например:

- неприжим сканируемого материала при сканировании;
- поворот осей системы координат сканера в процессе сканирования на некоторые малые углы φ_y и φ_x и их изменение в процессе сканирования;
- различный размер CCD-ячеек на CCD-сенсоре и ряд других факторов.

Способы учета нелинейных деформаций при сканировании можно свести к выбору определенного вида полинома. От вида выбранной функции, числа членов, принятых величин коэффициентов напрямую зависит, насколько полно будут устранены систематические погрешности при сканировании.

Построить математическую модель траектории перемещения CCD-линейки и решить задачу полного исключения систематических погрешностей при наличии случайных погрешностей практически невозможно. Однако можно выбрать такой вид функции, который в результате изменит соотношение между случайными и систематическими погрешностями, т.е. позволит максимально уменьшить влияние систематических погрешностей при минимальном увеличении влияния случайных.

Если предположить, что в некоторый момент времени CCD-линейка переместилась на n_y шагов (рис.2), тогда для точки M , расположенной на расстоянии n_x от начала CCD-линейки, можно записать следующие уравнения связи:

$$\begin{cases} x_{ск} = n_x + \psi_y(n_y) \\ y_{ск} = \xi_y(n_y) + n_x \cdot \psi_x(n_y) \end{cases} \quad (2)$$

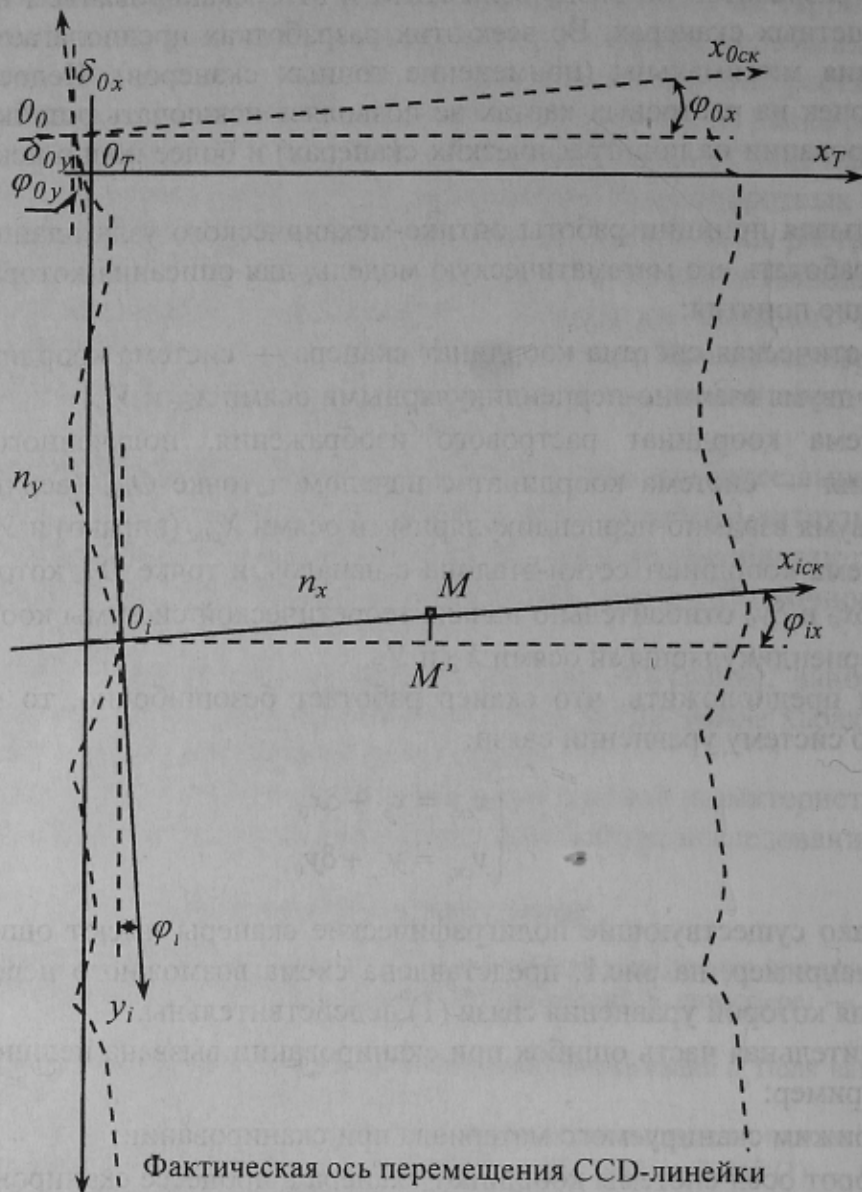


Рис. 1. Схема возможного перемещения CCD- линейки при сканировании

где $\psi_y(n_y)$, $\psi_x(n_y)$ — функции, описывающие закономерности изменения углов φ_y и φ_x , $\xi_y(n_y)$ — функция, описывающая траекторию перемещения CCD-линейки.

Для того, чтобы наиболее полно исключить систематическую погрешность из координат $x_{ск}$ и $y_{ск}$ необходимо выбрать такой вид функций $\psi_y(n_y)$, $\psi_x(n_y)$ и $\xi_x(n_y)$, который в результате будет учитывать систематические искажения как линейного, так и нелинейного характера. Для выбора этих функций в течении месяца выполнялось сканирование сетки-эталона (50 закладок). С помощью манипулятора «мышь» на экране монитора выполнялись измерения координат вершин образа сетки, полученного в результате сканирования. Эталонные значения координат вершин сетки были известны.

На основании анализа полученных результатов измерения функции $\psi_y(n_y)$, $\psi_x(n_y)$ и $\xi_x(n_y)$ выбраны в виде полиномов третьей степени. Тогда для i -той точки уравнения (2.2) можно записать в следующем виде:

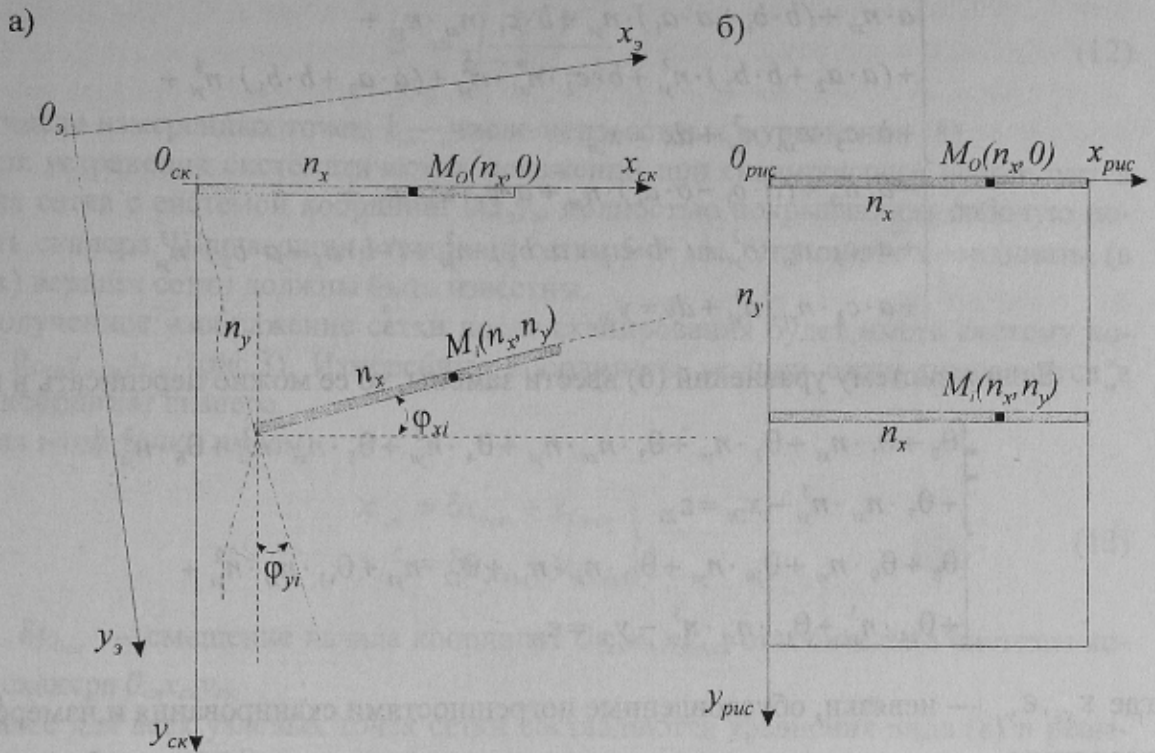


Рис. 2. Схема размещения CCD-линейки в разные моменты сканирования: *а* — сканирование; *б* — результат сканирования

$$\begin{cases} x_{cki} = n_{xi} + a_1 \cdot n_{yi} + a_2 \cdot n_{yi}^2 + a_3 \cdot n_{yi}^3 \\ y_{cki} = b_1 \cdot n_{yi} + b_2 \cdot n_{yi}^2 + b_3 \cdot n_{yi}^3 + n_{xi} \cdot (c_1 \cdot n_{yi} + c_2 \cdot n_{yi}^2 + c_3 \cdot n_{yi}^3) \end{cases} \quad (3)$$

где $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ — параметры систематических искажений.

Так как для определения ошибок сканирования применялась сетка-эталон, оси системы координат которой повернуты на некоторый угол относительно теоретической системы координат сканера, а начало смещено на некоторую величину, то с учетом этого систему уравнений (3) можно записать в следующем виде:

$$A \cdot \begin{pmatrix} x_{ck} \\ y_{ck} \end{pmatrix} + D = \begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где D — вектор-столбец свободных членов, A — матрица коэффициентов ортогональных преобразований:

$$A = \begin{pmatrix} a & b \\ -b & a \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где a и b — коэффициенты, учитывающие угол поворота системы координат сетки-эталона относительно теоретической системы координат сканера и масштабные коэффициенты.

С учетом (3) и (5) систему уравнений (4) можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} a \cdot n_{xi} + (b \cdot b_1 + a \cdot a_1) \cdot n_{yi} + b \cdot c_1 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi} + \\ + (a \cdot a_2 + b \cdot b_2) \cdot n_{yi}^2 + b \cdot c_2 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi}^2 + (a \cdot a_3 + b \cdot b_3) \cdot n_{yi}^3 + \\ + b \cdot c_3 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi}^3 + dx = x_{Эi} \\ -b \cdot n_{xi} + (a \cdot b_1 - b \cdot a_1) \cdot n_{yi} + a \cdot c_1 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi} + \\ + a \cdot c_2 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi}^2 + (-b \cdot a_2 + a \cdot b_2) \cdot n_{yi}^2 + (-b \cdot a_3 + a \cdot b_3) \cdot n_{yi}^3 + \\ + a \cdot c_3 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi}^3 + dy = y_{Эi} \end{cases} \quad (6)$$

Если в систему уравнений (6) ввести замены, то ее можно переписать в виде:

$$\begin{cases} \theta_0 + \theta_1 \cdot n_{xi} + \theta_2 \cdot n_{yi} + \theta_3 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi} + \theta_4 \cdot n_{yi}^2 + \theta_5 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi}^2 + \theta_6 \cdot n_{yi}^3 + \\ + \theta_7 \cdot n_{xi} \cdot n_{yi}^3 - x_{Эi} = \varepsilon_{xi} \\ \theta_8 + \theta_9 \cdot n_{xi} + \theta_{10} \cdot n_{yi} + \theta_{11} \cdot n_{xi} \cdot n_{yi} + \theta_{12} \cdot n_{yi}^2 + \theta_{13} \cdot n_{xi} \cdot n_{yi}^2 + \\ + \theta_{14} \cdot n_{yi}^3 + \theta_{15} \cdot n_{xi} \cdot n_{yi}^3 - y_{Эi} = \varepsilon_{yi} \end{cases} \quad (7)$$

где $\varepsilon_{xi}, \varepsilon_{yi}$ — невязки, обусловленные погрешностями сканирования и измерениями координат.

Для n связующих точек уравнение (7) можно написать в матричном виде:

$$B\Theta + L = V, \quad (8)$$

где V и L — матрицы-столбцы порядка n ; Θ — матрица-столбец порядка k ; B — матрица коэффициентов при соответствующих неизвестных порядка $n \times k$ ($k=16$):

$$B = \begin{pmatrix} 1 & n_{x1} & n_{y1} & n_{x1} \cdot n_{y1} & n_{y1}^2 & n_{x1} \cdot n_{y1}^2 & n_{y1}^3 & n_{x1} \cdot n_{y1}^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & n_{x1} & n_{y1} & n_{x1} \cdot n_{y1} & n_{y1}^2 & n_{x1} \cdot n_{y1}^2 & n_{y1}^3 & n_{x1} \cdot n_{y1}^3 \\ 1 & n_{x2} & n_{y2} & n_{x2} \cdot n_{y2} & n_{y2}^2 & n_{x2} \cdot n_{y2}^2 & n_{y2}^3 & n_{x2} \cdot n_{y2}^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & n_{x2} & n_{y2} & n_{x2} \cdot n_{y2} & n_{y2}^2 & n_{x2} \cdot n_{y2}^2 & n_{y2}^3 & n_{x2} \cdot n_{y2}^3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & n_{xi} & n_{yi} & n_{xi} \cdot n_{yi} & n_{yi}^2 & n_{xi} \cdot n_{yi}^2 & n_{yi}^3 & n_{xi} \cdot n_{yi}^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & n_{xi} & n_{yi} & n_{xi} \cdot n_{yi} & n_{yi}^2 & n_{xi} \cdot n_{yi}^2 & n_{yi}^3 & n_{xi} \cdot n_{yi}^3 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Для нахождения неизвестных в (8) ставится условие, что

$$\Phi = PV^T V = \min, \quad (10)$$

Поскольку измерения координат вершин сетки-эталона являются не зависимыми, мы вправе принять эти величины равноточными. Тогда результат решение уравнений (8) примет вид:

$$\Theta = -(B^T B)^{-1} B^T L. \quad (11)$$

Следует отметить, что для приведения коэффициентов Θ к одному порядку, выполняется их нормирование.

Для оценки выбранной функции вычисляется средняя квадратическая ошибка единицы веса для отдельной вершины:

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T V}{2 * n - k}}, \quad (12)$$

где n — число измеренных точек; k — число неизвестных в уравнении (8).

Для устранения систематических искажений при сканировании используется эталонная сетка с системой координат $O_{э.ск}x_{э.ск}y_{э.ск}$, полностью покрывающая рабочую поверхность сканера. Шаг вершин эталонной сетки 5×5 мм. Эталонные координаты (в пикселях) вершин сетки должны быть известны.

Полученное изображение сетки после сканирования будет иметь систему координат $O_{э.ск}x_{э.ск}y_{э.ск}$ (рис.3). Измеренные координаты вершин сетки переводятся в систему координат сканера.

Для i -той точки имеем:

$$\left. \begin{aligned} x_{i.ск} &= \delta x_{0.ск} + x_{i.э.ск} \\ y_{i.ск} &= \delta y_{0.ск} + y_{i.э.ск} \end{aligned} \right\}, \quad (13)$$

где $\delta x_{0.ск}, \delta y_{0.ск}$ — смещение начала координат $O_{э.ск}x_{э.ск}y_{э.ск}$ относительно системы координат сканера $O_{ск}x_{ск}y_{ск}$.

Далее для всех узловых точек сетки составляются уравнения вида (8) и решаются по способу наименьших квадратов.

Для трансформирования изображений, полученных в результате сканирования необходимо составить систему уравнений вида (8) и систему уравнений вида:

$$\left\{ \begin{aligned} &\theta'_0 + \theta'_1 x_{эi} + \theta'_2 y_{эi} + \theta'_3 x_{эi} y_{эi} + \theta'_4 y_{эi}^2 + \\ &+ \theta'_5 x_{эi} y_{эi}^2 + \theta'_6 y_{эi}^3 + \theta'_7 x_{эi} y_{эi}^3 - n_{xi} = \varepsilon'_{xi}; \\ &\theta'_8 + \theta'_9 x_{эi} + \theta'_{10} y_{эi} + \theta'_{11} x_{эi} y_{эi} + \theta'_{12} y_{эi}^2 + \\ &+ \theta'_{13} x_{эi} y_{эi}^2 + \theta'_{14} y_{эi}^3 + \theta'_{15} x_{эi} y_{эi}^3 - n_{yi} = \varepsilon'_{yi}. \end{aligned} \right. \quad (14)$$

Если повторяемость поля искажений исследуемого сканера велика, то калибровку сканера не обязательно проводить перед каждым сканированием. В таком случае, следует считать векторы параметров Θ и Θ' , полученные в результате решения уравнений (7) и (14), постоянными для преобразования всех отсканированных на этом сканере изображений.

Трансформирование изображений, полученных при сканировании, с целью устранения метрических искажений, внесенных сканером, следует выполнять в такой последовательности:

— отсканированное изображение с системой координат $O_{рис.ск}x_{рис.ск}y_{рис.ск}$ пересчитывается в систему координат сканера $O_{ск}x_{ск}y_{ск}$ (начала систем координат должны совпадать);

— используя вектор параметров Θ , вычисляются новые размеры растрового изображения. Первоначальные размеры растрового изображения известны. Так как растр имеет прямоугольную систему координат (рис.3), а минимальные значения абсциссы и ординаты равны нулю, то их максимальные значения равны соответственно ширине и высоте растрового изображения в пикселях. Вычисляются новые координаты вершин растрового изображения с учетом систематических погрешно-

стей (в системе координат эталона) и по разности их значений определяются новые размеры для трансформированного растрового изображения;

— формируется новое поле рисунка с новыми размерами и заполняется фоновым цветом;

— заполняется область данных трансформированного изображения, т.е. последовательно, по новым координатам каждого пикселя вычисляются его координаты в старой системе координат (используя вектор Θ') и считывается соответствующее ему значение цвета из файла растрового изображения (путь 1, рис.4), полученного непосредственно при сканировании. Заносят это значение по новым координатам в новый растр (путь 2, рис.4).

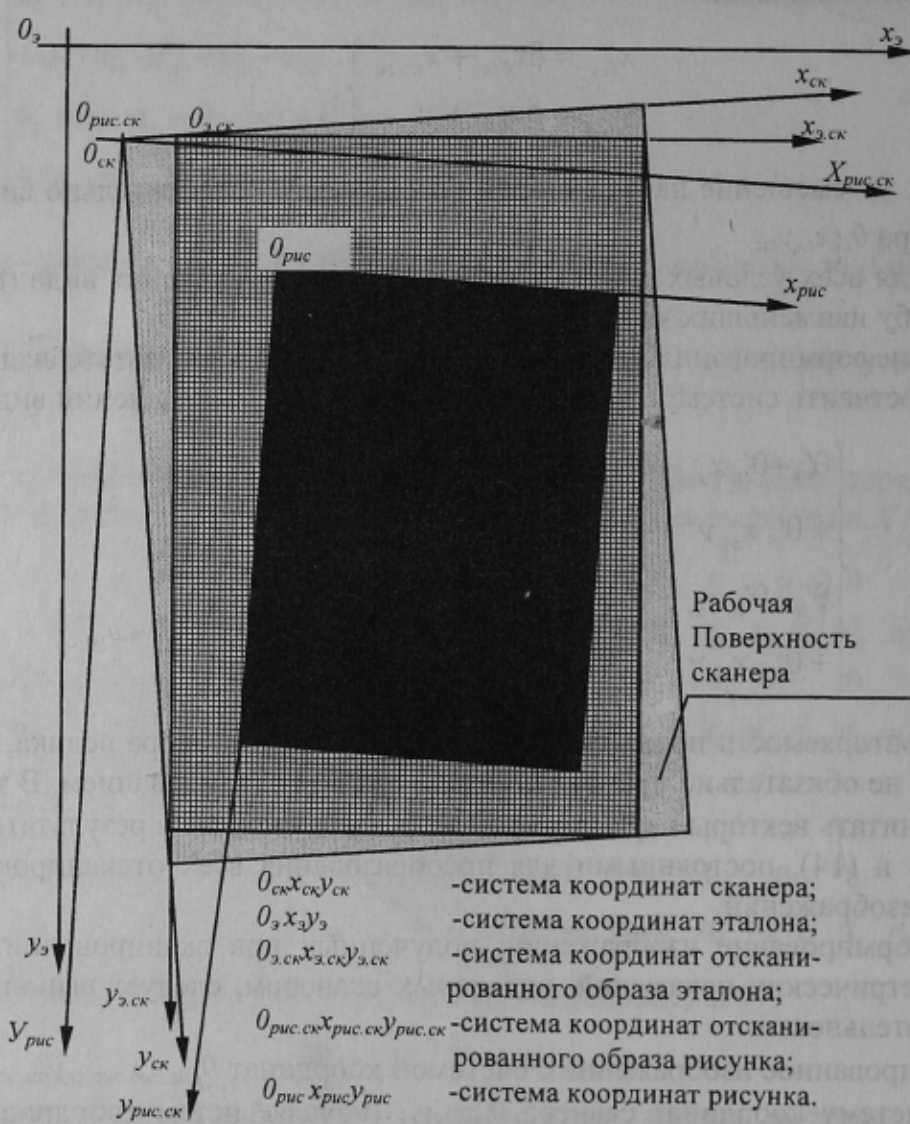


Рис. 3. Расположение координатных осей относительно поверхности сканера

Предложенный порядок заполнения области данных трансформированного изображения дает однозначный выбор цвета для каждого пикселя.

Если заполнение области данных выполнять из исходного изображения кадра последовательным занесением значений пикселей в трансформированное растровое изображение, то возможны ситуации, когда пиксель трансформированного изображения будет определен не однозначно. Так, например, на рис.4 (узел А) показано,

что для пикселя с координатами (x_T, y_T) с исходного растра будут считаны данные сначала для пикселя с координатами (x_U, y_U) , затем их перекроют данные с исходного растра для пикселя с координатами (x_{U2}, y_{U2}) .

Предлагаемая технология калибровки сканеров предполагает исключение систематических ошибок как линейного, так и нелинейного характеров.

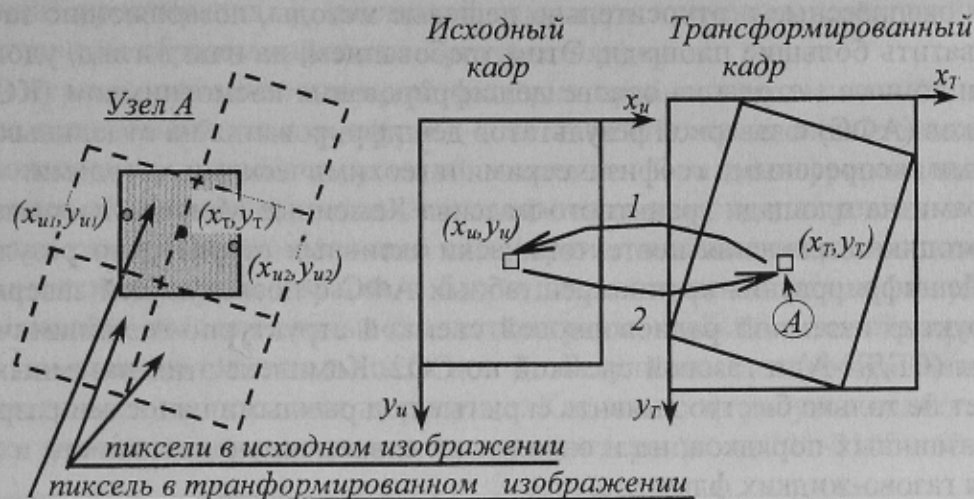


Рис. 4. Схема определения цвета пикселя в трансформированном изображении

Исследования планшетных сканеров показали, что максимальные искажения присутствуют по оси Y (ось, вдоль которой перемещается источник света), которые примерно на порядок выше, чем по оси X . Так, например, для исследуемого сканера PRIMAX 4800 DIRECT было определено, что максимальные ошибки по оси Y , составили до 10 пикселей (≈ 1 мм) а по оси X до 1.5 пикселей ($\approx 0,2$ мм). После исключения систематической части ошибок остаточные ошибки исследуемого сканера PRIMAX 4800 DIRECT составили от -1 до 1 пикселя ($\approx -0,1 + 0,1$ мм), что в пределах точности измерения координат для растровых изображений с 300 dpi (11.811 пикселей на мм).

В результате калибровки полиграфических сканеров по предложенной выше технологической схеме значительно повышается точность сканирования, что позволило их использование для сканирования карт и планов.

Библиографический список

1. Гермонова Е.А. Калибровка планшетных сканеров // Придніпровський науковий вісник, 1998. — № 118–119 (185–186). — С. 38–41.

©Гермонова Е.А., 2002

УДК 551.24.03

АЛЕХИН В.И., ТОБИАШ В.Э., КОЙНАШ П.В., ПРИСТИНСКАЯ М.В. (ДонНТУ)

НЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ПРОНИЦАЕМОСТЬ ТРЕЩИННЫХ СТРУКТУР ГРАНИТНОГО МАССИВА КАМЕННЫЕ МОГИЛЫ

Изучение неотектонической активности разрывных нарушений и их проницаемости для флюидов позволяет решать широкий спектр геологических и экологи-