

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ КАРТ МАСШТАБА 1:2000 С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТАРЕВШИХ АРХИВНЫХ ДАННЫХ*

Н.М. Никитина (Центр геодезии и кадастра г. Москва)

В 1975 г. окончила факультет фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия», затем работала в различных топографо-геодезических подразделениях МО РФ. С 2003 г. по настоящее время — инженер камеральной группы Центра геодезии и кадастра г. Москва (МЦГК).

Ю.Е. Федосеев (МИИГАиК)

В 1970 г. окончил факультет геодезии МИИГАиК по специальности «инженер-геодезист», затем работал на предприятиях Министерства среднего машиностроения СССР. В 1974 г. поступил в аспирантуру МИИГАиК и после защиты кандидатской диссертации работал на кафедре прикладной геодезии ассистентом, доцентом и профессором. С 2001 г. по 2004 г. работал главным инженером МЦГК. В настоящее время — ведущий научный сотрудник НИЧ МИИГАиК.

Рассмотрим сущность метода, изложенного в первой части статьи, применительно к поставленной задаче трансформирования архивных картографических материалов, при этом воспользуемся обозначениями, использованными в [4].

Вектор координат n точек, полученных при обновлении и/или теоретически, обозначим как вектор l , а координаты тех же точек, считанные с растрового изображения, — как вектор s .

Найдем линейную оценку вектора s , которая имеет вид:

$$s = Hl, \quad (1)$$

где H — некоторая матрица линейного преобразования вектора s в вектор l .

Кроме того, можно определить ковариационную матрицу вектора ε — $C\varepsilon\varepsilon$.

Согласно общей теории статистического оценивания, оговорим наилучшую линейную оценку s по l как несмещенную линейную оценку с минимальной дисперсией. Опустим вывод, приведенный в [4, 5].

Матрица $C\varepsilon\varepsilon$ может быть представлена в виде суммы двух матриц:

$$C\varepsilon\varepsilon = A + B, \quad (2)$$

где

$$A = C_{ss} - C_{sl}C_{ll}^{-1}C_{ls} \quad (3)$$

и не зависит от H , т. е. одинакова для оценок при оговоренных векторах s и l . Будем рассматривать данную матрицу как меру несоответствия анализируемых массивов друг другу, т. е. можно считать, что матрица содержит обобщенную информацию о согласованности численных значений элементов векторов s и l . Если $s = l$, то и $A = 0$. Если компоненты вектора s отличаются от компонент вектора l только за счет влияния случайных ошибок различной природы, то и A можно рассматривать как некоторую точностную характеристику. Если компоненты вектора s отличаются от компонент вектора l не только за счет влияния упомянутых ошибок, а имеет место нелинейная систематическая составляющая, то можно гово-

речь о наличии масштабного коэффициента, разворота систем координат, т. е. линейном преобразовании на фоне некоторой аффинной составляющей и т. п. В этом случае можно рассматривать A как индикатор необходимости разделения преобразования координат на конформную и аффинные части. Кроме того, матрица A может содержать информацию об общих деформациях площадки и смещениях отдельных пунктов, не согласующуюся с общей картиной. Если в процессе выполнения математической обработки один из векторов s или l преобразуется по традиционным условиям минимума суммы квадратов рассогласования, то, естественно, и матрица A должна стремиться к минимуму.

Вторая составляющая суммы (2) может быть описана следующим соотношением:

$$B = (H - C_{sl}C_{ll}^{-1}) \times C_{ll}(H - C_{sl}C_{ll}^{-1})^T. \quad (4)$$

Для того, чтобы $C\varepsilon\varepsilon = \min$, необходимо приравнять B к ну-

* Окончание. Начало в № 3-2004.

лю, отсюда

$$H = CsCt^{-1}, \quad (5)$$

а

$$s = CsCt^{-1}l. \quad (6)$$

В процессе рассуждений не накладывалось никаких ограничений на матрицу **H**. Следовательно, в общем случае матрица **H** является матрицей аффинного преобразования, описывающей переход из системы координат, в которой определен вектор **s**, в систему координат, в которой определен вектор **l**. С другой стороны, в силу специфики рассматриваемой технической задачи можно с достаточной уверенностью предположить, что матрица **H** мало отличается от ортогональной матрицы, можно говорить, что она «почти ортогональна».

Рассмотрим пример реализации теоретических предложений на модели. При моделировании элементы вектора **l** обозначим как **X1** и **Y1**. После искажения модели по методу Монте-Карло были получены элементы вектора **s** — **X2** и **Y2**. В процессе моделирования были введены поправки, имитирующие собственные деформации бумаги, и погрешности определения координат точек. Эти величины были назначены в несколько раз больше, чем средние квадратические ошибки вычисленных координат. В таблице приведены значения координат.

Для применения предлагаемого алгоритма необходимо иметь центрированные значения векторов измерений **l** и сигнала **s**. Практически это требование можно выполнить, если начало счета для обоих векторов совмещены с геометрическими центрами тяжести.

Интересующая нас матрица **A** (3) будет иметь следующий численный вид:

$$A = \begin{vmatrix} 0,93277 & 0,98314 \\ 0,98314 & 1,03824 \end{vmatrix}.$$

Она характеризует степень совпадения массивов **l** и **s**.

По главной диагонали расположены суммы квадратов рассогласований соответственно по оси **X** и по оси **Y**. Можно определить средние квадратические значения этих рассогласований $\delta = 0,434$ м.

Последнюю величину можно интерпретировать как характеристику согласования растрового изображения и результатов современной съемки. В п. 2.13.1 Инструкции [1] оговорена средняя ошибка в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями $\Theta = 0,5$ мм. От этой величины можно перейти к среднему квадратическому значению расхождений $\delta = 1,4\Theta$.

Для плана масштаба 1:2000 на местности величина $\delta_{2000} = 1,4$ м; $\delta_{500} = 0,350$ м. Так как в дальнейшем предполагается на базе специального топографического плана развернуть полноценный план районного центра, можно принять в качестве меры точности совпадения архивных и современных материалов величину $\delta_{500} = 0,350$ м, тем более, что современные геодезические технологии позволяют обеспечить такую точность с многократным запасом. Исходя из требований Инструкции [1] и поставленной задачи, необходимо признать полученный результат неудовлетворительным. Следовательно, нужно найти точки, положение которых определено слишком грубо.

Можно говорить, что матрица **H** наилучшим образом позволяет совместить две системы координат, причем рассогласование вызвано не только неточностью определения коор-

динат пунктов, но и смещениями, имитирующими грубые промахи. Применительно к данной модели матрица **H** (5) приняла следующий численный вид:

$$H = \begin{vmatrix} 0,987478982 & 0,003063951 \\ -0,00734054 & 1,001612238 \end{vmatrix}.$$

Теперь можно определить оценку сигнала **s** по формуле (1). Это позволит получить оценку **f**, которая регламентирована в табл. 1 Методических указаний [6]. Там допустимое значение для земель поселений (городов) **f_{доп}** составляет 0,3 м.

Для рассматриваемого примера были получены следующие значения:

$$f = (0,65; 0,28; 0,61; 0,19; 0,80).$$

Исходя из того, что по условиям моделирования координаты точек в поле были получены с помощью электронных тахеометров непосредственно от точек ОМС, можно предположить, что координаты точек 1, 3 и 5 содержат грубые промахи. Необходимо повторить определение координат по растровому изображению и, если ошибка не будет найдена, повторить полевые определения. Остальные точки удовлетворяют требованиям Инструкции [1] и Методических указаний [6]. Полученной информацией можно распорядиться по-разному. В данном случае отбракуем только точку 5 и, повторив анализ, получим $\delta = 0,171$ м.

Очевидно, что последний

Значения координат

X1	Y1	X2	Y2
367,41	715,62	366,88	715,92
278,91	648,33	279,10	648,60
214,12	716,02	216,10	716,30
263,69	516,98	263,80	517,10
304,11	784,22	303,62	783,83

результат гораздо лучше отвечает требованиям Инструкции [1]:

$$H = \begin{vmatrix} 0,987755 & 0,006329251 \\ -0,00713 & 1,004043317 \end{vmatrix}.$$

Следует отметить, что матрица перехода изменилась незначительно, а оценка стала:

$$f = (0,15; 0,47; 0,16; 0,16).$$

Допуску, оговоренному в Методических указаниях [6], не соответствует только точка 2. Можно принять этот результат, а положение точки 2 проконтролировать при удобном случае.

Если по растровому изображению были набраны значения координат большого числа точек, то их можно редуцировать для дальнейшего использования по формуле (1).

Полученное растровое изображение должно быть переведено в цифровой вид и передано в пробную эксплуатацию. На этом этапе необходимо дополнить и актуализиро-

вать изображение за счет включения разрозненных архивных фрагментов съемок масштаба 1:500, результатов новых топографических и кадастровых съемок. В процессе выполнения работ будет возникать задача совмещения существующего векторного изображения цифрового плана и растровых или векторных изображений, включаемых в базу данных. Очевидно, что по сути, — это рассмотренные задачи.

Пробная эксплуатация будет закончена тогда, когда не будет возникать недопустимых рассогласований между материалами цифрового плана и новыми данными, не обусловленными фактическими изменениями на местности.

▼ Список литературы

1. Инструкция по топографическим съемкам в масштабе 1:5000, 1:2000 и 1:500. ГКИНП-02-033-79. — М.: Недра, 1982.
2. Справочное руководство «TRANSFORM. Трансформация и ко-

ординатная привязка растровых картматериалов». — Минск, 2001.

3. Практическое пособие «Подготовка растровых изображений в программе TRANSFORM для их дальнейшего использования в качестве подложек в комплексе CREDO и геоинформационных системах». — Минск, 2001.

4. Мориц Г. Современная физическая геодезия. — М.: Недра, 1983.

5. Бывшев В.А., Люляев М.Ю., Федосеев Ю.Е. Использование фильтра Колмогорова-Винера для решения задачи анализа устойчивости пунктов плановых сетей // Известия вузов. Геодезия и аэросъемка. — 2001. — № 5.

6. Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства. — М.: Федеральная служба земельного кадастра России, 2003.

RESUME

Theoretical grounds and simulation results are described for the technique presented in the first part of the article. The simulation has proved the possibility to eliminate contour survey points on the map if their coordinates have unacceptable errors.

Геодезическое оборудование







SOUTH

Электронные тахеометры NTS 320, NTS 350
 Измерение углов с точностью 2" и 5"
 Измерение расстояний до 2.6 км по 1 призме с точностью 2 и 3 мм + 2 мм/км
 Внутренняя память до 8000 точек
 Двусторонний LCD дисплей
 Автоматический компенсатор вертикального круга
 Повышенная влаго- и пылезащищенность
 Расширенный набор прикладных программ
 Гарантия - 2 года. Низкие цены!

Электронные теодолиты ET-02, ET-05
 Точность измерения углов 2" и 5"
 Удобный двусторонний LCD дисплей
 Автоматический компенсатор вертикального круга

Оптические нивелиры с компенсатором NL20, NL24, NL28, NL32
 Ударопрочный корпус
 Полная влагозащищенность и всепогодность
 Эксклюзивный компенсатор с магнитным демпфированием
 Фрикционный тормоз и бесконечный ход горизонтального лимба
 Система защиты от "залипания" компенсатора
 Точность: 2,5, 2,0, 1,5 и 1,0 мм. на км. дв. хода

Группа компаний "Промнефтегрупп"
 ЗАО "ПНГео" тел. 785-0119, 0120
 E-mail: png@sovintel.ru Web: www.pngeo.ru

Прямые поставки с завода

