

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

СГУЩЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ СКАНЕРНЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ

Коугия В.Л., д-р техн. наук, проф.; Канашин Н.В.

(Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения)

При обработке результатов сканерной съемки железнодорожных станций возникает необходимость объединения облаков точек, их ориентирования, привязки к существующей сети и представления в принятой системе координат. Для уменьшения числа точек, определяемых геодезическими измерениями, нами предложено по сканерным измерениям строить сканерную сеть. Представлены результаты теоретических и практических исследований по уравниванию такой сети.

Результаты сканерной съемки железнодорожной станции, выполненной с разных точек стояния сканера, представляют собой облака точек (сканы), координаты которых выражены в системе сканера. Общую модель станции получают, объединяя графическими методами смежные сканы с помощью общих связующих точек. Такими точками служат специальные марки или характерные точки объекта съемки. Для перехода к системе координат железнодорожной станции общее облако трансформируют, опираясь на отображенные в крайних сканах исходные пункты, привязанные к существующей геодезической сети. Объединение облаков точек приводит к накоплению погрешностей. Повышения точности объединенной модели достигают, если координаты связующих точек также определяют геодезическими измерениями.

Для уменьшения числа точек, определяемых геодезическими измерениями при съемке протяженных объектов, в [1, 2] предложено по результатам сканерных измерений строить сканерный ход (рис. 1). Здесь к геодезической сети привязывают марки только крайних сканов (исходные пункты), а координаты связующих точек определяют аналитическим уравниванием углов и расстояний, вычисленных по координатам точек, выраженных в системе сканера.

При сканерной съемке железнодорожных станций разные пути из-за их занятости подвижным составом снимают в разное время, получая не-

сколько сканерных ходов. Единую модель станции в этом случае предлагается получать, объединяя сканерные ходы с помощью связующих точек в единую сеть (рис. 2).

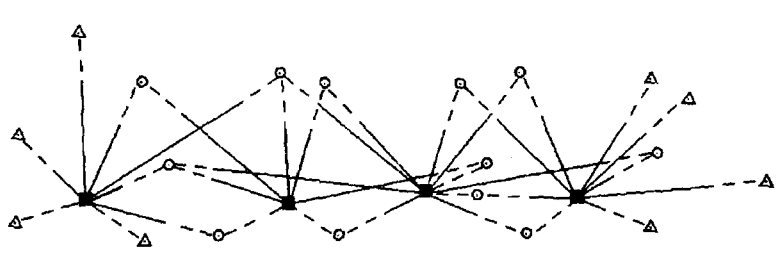


Рис. 1. Сканерный ход:

Δ - исходные пункты; $\circ$ - связующие точки; $\blacksquare$ - точки стояния сканера

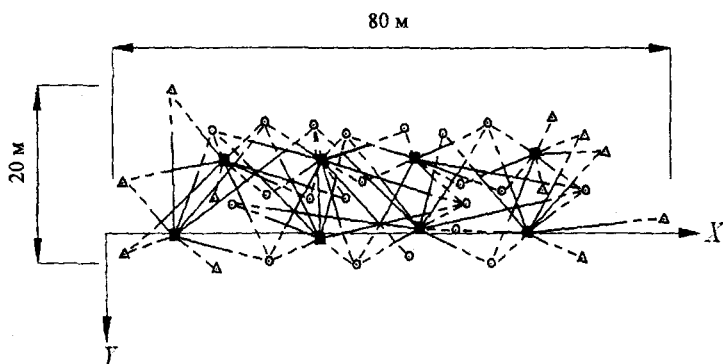


Рис. 2. Сканерная сеть

Аналитически уравнив такую сеть, найдем координаты связующих точек, которые сможем использовать как опорные для ориентирования каждого скана. Стандартное программное обеспечение, поставляемое фирмами изготовителями сканеров, не предусматривает решения такой задачи [3, 4]. Поэтому была разработана теория построения и уравнивания сканерных сетей и проведен эксперимент по ее реализации. Схема экспериментальной сети проиллюстрирована рисунком 2. Измерения выполнили сканером Z+F IMAGER 5006, вычисленные координаты обла- точек которого получены при точности измерения расстояний $3 \text{ мм}/80 \text{ м} \approx$ и направлений $25''$.

Последовательность уравнивания плановой сканерной сети была следующей. По координатам связующих точек, выраженных в системе сканера, вычислили измеренные сканером расстояния и направления на исходные пункты и связующие точки. Зная измеренные на первой точке стояния сканера расстояния и направления на исходные пункты, вычислили его приближенные координаты. По расстояниям и направлениям на примыкающие связующие точки вычислили их координаты. Опираясь на эти точки, вычислили координаты второй точки стояния сканера. Продолжая, вычислили координаты всех сканерных станций и связующих точек.

Используя приближенные координаты сканерных станций и связующих точек, составили систему параметрических уравнений поправок.

Вид уравнений поправок для измеренных расстояний:

$$v_d = \cos \alpha_{j,i} \cdot \delta x_i + \sin \alpha_{j,i} \cdot \delta y_i + \cos \alpha_{j,i} \cdot \delta x_i + \sin \alpha_{j,i} \cdot \delta y_i + (d^0 - d^{изм}).$$

Для измеренных направлений:

$$v_p = \frac{\sin \alpha_{i,j}}{d_i} \cdot \delta x_j - \frac{\cos \alpha_{i,j}}{d_i} \cdot \delta y_j - \frac{\sin \alpha_{i,j}}{d_i} \cdot \delta x_i + \frac{\cos \alpha_{i,j}}{d_i} \cdot \delta y_i + \delta R + (\beta^0 - \beta^{изм}).$$

Решив систему уравнений методом наименьших квадратов, получили уравненные координаты всех связующих точек. При этом получены следующие характеристики точности:

- максимальные средние квадратические погрешности планового положения связующих марок составили $\sigma_x = 2,4$ мм и $\sigma_y = 2,5$ мм при средних значениях $\sigma_x = 1,3$ мм и $\sigma_y = 1,5$ мм;
- максимальные средние квадратические погрешности измерения расстояний составили $\sigma_{rf} = 2,4$ мм при среднем значении $\sigma_4 = 1,1$ мм;
- максимальные средние квадратические погрешности измерения направлений составили $\sigma_p = 19,9''$ при среднем значении $\sigma_p = 16,1''$.

Таким образом, все облака точек снабжены необходимым количеством связующих марок для ориентирования сканов, а значит и всей модели станции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Науменко, А.И. Уравнивание элементов внешнего ориентирования сканов по связующим точкам / А.И. Науменко // Лазерное сканирование и цифровая съемка сегодня и завтра: докл. II Междунар. конф. - М., 2002.

2. Науменко, А.И. Наземное лазерное сканирование. Дистанционные методы в лесоустройстве и учете лесов. Приборы и технологии / А.И. Науменко // Материалы Всерос. совещ.-семина. с междунар. участ. — Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005.
3. Комиссаров, А.В. Методика исследования метрических характеристик сканов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Комиссаров. - Новосибирск: Сиб. гос. геодез. акад., 2007.
4. Комиссаров, Д.В. Разработка и исследование методики прокладки сканерных ходов / Д.В. Комиссаров, А.В. Комиссаров. - Геодезия и картография. - № 4. - 2008.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХКООРДИНАТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ВИЗИР 3D»

Могильный С.Г., д-р техн. наук, проф.;
Шоломицкий АЛ., д-р техн. наук, доц.; Шморгун ЕЛff.
(Донецкий национальный технический университет, Украина)

Рассмотрены возможности онлайн-ового трехкоординатного измерительного комплекса «Визир 3D», предназначенного для монтажа и выверки технологического оборудования. Приведены данные тестирования и практического применения на машиностроительных и металлургических заводах.

Развитие промышленного производства накладывает повышенные требования к монтажу и выверке технологического оборудования в промышленности. Чем *выше* точность изготовления и установки такого оборудования, тем более надежным будет их эксплуатация и безремонтный период и выше качество выпускаемой продукции, а это в свою очередь определяет экономические характеристики производства. В настоящее время точность установок узлов для металлургического оборудования (например, для машин непрерывного литья заготовок) составляет 0,4 мм. Обеспечить такую точность традиционными геодезическими методами [1, 2] невозможно, к тому же эти методы достаточно трудоемкие и требуют больших затрат времени, что приводит к продолжительным простоям оборудования.

Появление и широкое распространение электронных тахеометров для геодезических съемок стимулировало их применение для высокоточных геодезических работ [3, 4]. Однако их применение для высокоточных работ