

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ
СИСТЕМ КООРДИНАТ
С УЧЕТОМ ОШИБОК В ДВУХ СИСТЕМАХ

*А.М. ДЕГТЯРЁВ, кандидат технических наук, доцент,
А.С. ИВАШНЁВА, ассистент*

*(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Беларусь)*

Преобразование координат применяется во многих отраслях науки. На сегодняшний день необходимость в данной процедуре растет, это связано с ростом количества и качества информации и необходимостью интегрирования данных из разнородных источников. В большинстве практических случаев задача трансформирования координат решается в следующих случаях, когда часть сети вставляется в сеть с другой системой координат, при определении деформационных элементов объектов, при включении основных осей объектов в государственную систему координат, в фотограмметрических работах, в географических информационных систем и т.д.

Задачу трансформирования координат на плоскости как частный случай линейных преобразований можно сформулировать следующим образом. Есть координаты для n точек в старой системе координат и есть координаты для этих же точек в новой системе координат. Необходимо найти оптимальную функцию перехода f от старой системы координат к новой

$$(X, Y) = f(x, y) \quad (1)$$

или

$$K_H = f(K_C) \quad (2)$$

где K_C – координаты в старой системе, K_H – координаты в новой системе.

Двумерное трансформирование очень часто является достаточным для решения подавляющего числа задач на преобразование систем координат. Не смотря на широту использования и кажущуюся понятность процесса двумерного трансформирования, есть ряд важных вопросов, которые на сегодняшний день требуют дополнительного исследования.

В некоторых применениях, может потребоваться более точный результат преобразования, как например, при анализе деформаций сооружений, где миллиметры играют важную роль. В таких случаях традиционные методы

типового использования метода наименьших квадратов могут не дать достаточно точного решения и необходимо применять более реалистичные методы трансформирования. Одно из возможных объяснений то, что в стандартной процедуре разрешения переопределенной задачи трансформирования есть возможность учета ошибок определения положения координат только в новой системе координат и, таким образом, введения поправок только в новую систему в соответствии с математической моделью Гаусса-Маркова (3)

$$l + v = Ax \quad (3)$$

где A – матрица плана для математической модели, l – координаты в новой системе координат, x – вектор неизвестных, v – поправки в новую систему координат.

Очевидно, что на результаты оказывают влияние, как ошибки координат в старой системе, так и в новой. Но учесть влияние ошибок определения положения точек в старой системе и провести их корректировку представляется невозможным в рамках традиционного подхода. Для решения такого рода задач широко применяется метод полных наименьших квадратов, в котором приняты во внимание ошибки наблюдений как зависимых, так и независимых переменных, в соответствии с математической моделью Гаусса-Гельмерта (4):

$$l + v = (A - v_A) \cdot x \quad (4)$$

где v_A – поправки в матрицу плана для математической модели.

Для выяснения целесообразности применения той или другой модели были выполнены исследования. По состоянию изученности данного вопроса на основе литературных источников можно сказать, что научные исследования, связанные с традиционными способами трансформирования, проводились нашими учеными (Е.Г. Бойко, А.В. Буткевич, Н.Г. Кель, К. Михайлович, В.П. Подшивалов, В.Ю. Минько и т.д.) и зарубежными (F.R. Helmert, J. Greenfield, P. R. Wolf и т. д.). Что касается научных исследований по преобразованию на основе модели Гаусса-Гельмерта, которая учитывает ошибки в обеих системах координат и решается нетрадиционными способами, то в русскоязычной геодезической литературе данные исследования практически отсутствуют.

На основе метода полных наименьших квадратов проведены исследования по влиянию учета ошибок, как в старой, так и в новой системах координат, на результаты трансформирования. Расчеты проведены на основе смоделированных систем координат и смоделированных ошибок определения

положения соответствующих координат. В процессе вычислений величины данных ошибок учитывались в различных комбинациях. Расчет элементов преобразования по модели Гаусса-Маркова с ошибками только в старой системе координат показал, что ошибки в данной системе, которые невозможно учесть с помощью традиционных способов, оказывают значительное влияние на конечный результат. Проанализированы отклонения элементов преобразования, полученных при использовании модели Гаусса-Гельмерта, сделаны выводы об необходимости использования данной модели для решения задачи трансформирования систем координат, и приводит ли данный подход к повышению точности определения элементов трансформирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлович, К. Геодезия (уравнительные вычисления) / К. Михайлович ; пер. с сербско-хорватского С.В. Лебедева, под ред. В.Д. Большакова. – М. : Недра, 1984. – 448 с.
2. Подшивалов, В.П. Анализ точности преобразования систем координат методом наименьших квадратов / В.П. Подшивалов, В.А. Кузьмич // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F.Строительство. Прикладные науки. – 2013. – № 16. – С. 109–116.
3. Ghilani, Charles D. Adjustment computations: spatial data analysis / Charles D. Ghilani, Paul R.Wolf Hoboken : JOHN WILEY & SONS, INC., 2006. – 632 с.
4. Себер, Дж. Линейный регрессионный анализ / Дж. Себер, В.П. Носко; под ред. М.Б. Малютова. – М.:Мир, 1980. – 456 с.
5. Akyilmaz, O. Total least squares solution of coordinate transformation / O. Akyilmaz // Survey Review. – 2007. - № 39 (303). – С. 68–80.
6. Бойко, Е.Г. Исследование методов перехода от одной системы плоских координат к другой / Е.Г. Бойко, С.А. Ванин // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. -2005. - №2. – С. 20–26.