

Апостериорный поиск грубых ошибок при трёхмерном уравнивании геодезических построений

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Активное использование спутниковых систем при выполнении топографо-геодезических работ приводит к необходимости совместного уравнивания наземных и спутниковых измерений. Если ранее уравнивательные вычисления выполнялись отдельно для плановых и высотных измерений, то наличие ГНСС-измерений требует одновременного включения в одну модель уравнивания разнородной измерительной информации, состоящей из превышений, наклонных расстояний, горизонтальных и вертикальных углов (направлений), а также спутниковых векторов (базовых линий). Результатом использования данного подхода является нелинейная система, содержащая параметрические уравнения связи измеренных величин и неизвестных поправок в приближённые параметры (трёхмерные координаты точек). Уравнивание полученной системы уравнений может быть выполнено по методу наименьших квадратов (МНК) при помощи линеаризованных уравнений, опубликованных в работах (A. Leick, 2015) и (Ch. D. Ghilani, 2010). Тем не менее, следует иметь в виду, что для получения достоверных результатов уравнивания по МНК в системе уравнений должны отсутствовать грубые ошибки измерений. Поэтому после уравнивания должна быть выполнена процедура статистического тестирования геодезического построения (например, тест хи-квадрат). В случае невыполнения статистического теста гипотеза о корректности статистической модели отвергается, после чего должно быть выполнено обнаружение и устранение грубых ошибок измерений. Для поиска грубых ошибок в традиционных геодезических построениях использовались методы Data Snooping, предложенный W.Baarda (1968) и t -тест, предложенный A.J.Pope в 1976 г. Однако, как показано в статье (S.Baselga, 2007), данные методы не подходят для поиска ошибок при уравнивании зависимых измерений. Поскольку точность измеренных спутниковых векторов характеризуется полной ковариационной матрицей, то использование методов t -теста и data snooping при трёхмерном уравнивании не являются оптимальными и могут быть заменены альтернативными методами. Одним из них является обобщённый метод многостепенной оптимизации (OMMO), разработанный на основе IRLS (Iteratively reweighted least squares) и распространённый автором на случай зависимых измерений в 2008 г.