

## **Новый метод поиска грубых ошибок в спутниковых измерениях**

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В существующих программных продуктах для обработки спутниковых GNSS-измерений уравнивание выполняется по методу наименьших квадратов (МНК). Важным условием использования МНК является отсутствие грубых ошибок в измерениях, т.к. при наличии таких ошибок значительно искажаются оценки определяемых параметров.

Для того чтобы исключить появление искажённых результатов, перед уравниванием по МНК необходимо выполнять поиск грубых ошибок измерений. В случае, когда нет возможности вычислить невязки в замкнутых геометрических фигурах и сравнить их с теоретическими, для поиска ошибок зачастую используется  $t$ -тест, предложенный американским учёным Allen J. Pore в 1976 г. Однако, использование данного метода не всегда приводит к приемлемому результату, что подтверждается многочисленными примерами. Причиной этого является особенность МНК, приводящая к распределению грубых ошибок в безошибочные измерения на этапе уравнивания. При этом при наличии нескольких грубых ошибок требуется после каждого исключения одного из измерений проводить повторное уравнивание и вычисление ковариационной матрицы поправок. Как известно, уравнивание двойных разностей фазовых измерений содержит большое количество избыточных измерений и повторное составление ковариационных матриц поправок после удаления грубых измерений, требует больших временных затрат.

В качестве альтернативы классическому способу поиска грубых ошибок можно предложить обобщённый метод многостепенной оптимизации (ОММО). Метод разработан на основе известного в зарубежной литературе метода IRLS (Iteratively reweighted least squares) и распространён на случай зависимых измерений в 2008 г. ОММО принадлежит к группе робастных, которые стали широко известны после работ Tukey (1960), Huber (1964), Hampel (1968). Преимуществом данных методов является значительное уменьшение влияния грубых ошибок на окончательное решение.

На примере обработки базовой линии, измеренной возле 15-го учебного корпуса БНТУ, представлена последовательность расчёта базовой линии по МНК с предварительным поиском и исключением грубых ошибок по ОММО с использованием  $t$ -теста и получением фиксированного решения при помощи LAMBDA-метода, предложенного голландским учёным P.Teunissen в 1993 г.