

Уравнивание спутниковых измерений с учётом закона распределения ошибок

Будо А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

До начала 90-х годов определение закона распределения ошибок было сложным и трудоёмким процессом, поскольку его выполнение необходимо было осуществлять с помощью статистических таблиц, таких как таблицы стандартного нормального распределения и распределения хи-квадрат. Однако, по мере развития компьютерных технологий, необходимость в этих таблицах отпала.

Традиционно считается, что распределение ошибок в геодезических измерениях соответствует нормальному закону распределения. Однако, как показывают результаты последних зарубежных исследований, спутниковые измерения, выполненные даже в благоприятных условиях, зачастую имеют то или иное отклонение от нормальности. Например, в опубликованной работе немецких учёных [Mayer. M. On the probability distribution of GNSS carrier phase observations / M.Mayer, B.Heck, X.Luo. – GPS Solutions. 2011. – v. 15, issue 4. – P. 369-379] выявлено соответствие нормальному закону лишь в 20% измерений базовых линий, выполняемых немецкими исследователями на протяжении трёх лет.

В случае отличия закона распределения от нормального, для нахождения оценки математического ожидания необходимо использовать уже не среднее арифметическое, а например, для распределения Лапласа – медиану, для равномерного распределения – среднее между минимальным и максимальным значением в выборке случайных величин (при параметрическом уравнивании – в векторе свободных членов L).

Для уравнивания GNSS-измерений с учётом закона распределения ошибок, можно использовать метод L_p -оценок, называемый в зарубежной литературе IRLS (Iteratively reweighted least squares). Данный метод позволяет производить уравнивание при различных степенях $1 < p < 2$. Данный метод является устойчивым к наличию в исходных данных небольшого числа грубых измерений и даёт в отличие от метода наименьших модулей уникальное решение. Однако, при показателе степени p близком к единице, для сходимости метода, требуется увеличивать количество итераций, что на современном уровне развития вычислительной техники не является большой проблемой. Данное обстоятельство открывает большие перспективы для использования метода L_p -оценок в геодезическом производстве.