

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЗИЦИОННЫХ И СКОРОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ИНТЕГРАЦИИ ИНС-ГНСС В ЗАДАЧЕ ВЕКТОРНОЙ АЭРОГРАВИМЕТРИИ

Comparative analysis of positioning and velocity models of INS-GNSS integration in airborne vector gravimetry

Г.И. Мызников, В.С. Вязьмин

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Г.И. Мызников – студент кафедры прикладной механики и управления,
научный руководитель – с.н.с. к. ф.-м. н. В.С. Вязьмин

В докладе рассматривается задача определения всех трех компонент вектора силы тяжести Земли по аэрогравиметрическим измерениям. Задача ставится как задача коррекции ИНС (инерциальной навигационной системы) по данным ГНСС (глобальной навигационной спутниковой системы). Проводится сравнение двух подходов к решению на основе позиционных моделей интеграции ИНС-ГНСС и скоростных моделей. Представлены результаты сравнения двух подходов, полученные обработкой модельных данных.

Аэрогравиметрия – прикладная наука об измерении вектора возмущения силы тяжести Земли с борта летательного аппарата. Вектором возмущения называется разность векторов нормальной и реальной силы тяжести. Определение компонент этого вектора проводится в режиме постобработки по собранным во время полета данным ИНС и ГНСС. В результате таких вычислений строятся карты компонент вектора возмущения силы тяжести для различных местностей, которые в свою очередь играют важную роль в разведочной геофизике, геодезии, навигации, геодинاميке, сейсмологии и пр. Для построения уравнений векторной аэрогравиметрии рассматривается движение материальной точки в поле силы тяготения под действием некоторой измеряемой акселерометрами внешней силы. В качестве материальной точки выступает приведенная чувствительная масса блока акселерометров. Для описания ее движения, используя основные соотношения ньютоновой механики, строятся модельные уравнения. При этом для определения ориентации приборов в опорной системе координат необходимы данные с датчиков угловой скорости. Помимо этого, в вычислитель поступает информация о положении аппарата в географической системе координат, которая будет использована для коррекции решений, получаемых при численном интегрировании в вычислителе. Решением этих уравнений является результат численного интегрирования уравнений движения в географической системе координат. В дальнейшем полученное модельное решение сравнивается с решением, полученным от приемника ГНСС. При построении уравнений, описывающих поведение ошибок ИНС, возникает величина, характеризую-

щая разность значений истинного вектора силы тяжести и модельного в определенной точке (вектор возмущения). Под модельным значением здесь понимается нормальное поле силы тяжести, вычисляемое по формуле Гельмерта.

Фазовый вектор системы дифференциальных уравнений, описывающих поведение ошибок ИНС, состоит из ошибок координат, скорости, угловых ошибок и параметров модели вектора возмущения силы тяжести (в работе взята модель в виде одной гармоники). Корректирующей информацией является позиционное решение ГНСС. Целью работы является сравнительный анализ указанной позиционной модели интеграции ИНС-ГНСС со скоростной, основанной на предположении об абсолютно точном позиционировании по ГНСС и в случае которой фазовый вектор не содержит ошибки координат [2].

В каждом из случаев задача аэрогравиметрии формулируется в виде линейной задачи оптимального оценивания вектора возмущения силы тяжести. В качестве критерия оптимальности используется минимум дисперсии ошибки оценки. Алгоритм решения задачи – фильтр Калмана. При практической реализации алгоритма оценивания используется численная модификация дискретного фильтра Калмана, основанная на так называемом методе квадратного корня.

В докладе приводятся результаты сравнения методов решения задачи векторной аэрогравиметрии, основанных либо на позиционной, либо на скоростной моделях интеграции ИНС-ГНСС.

Исследование поддержано грантом РФФИ 19-01-00179.

Список литературы

- Голован А.А., Парусников Н.А. Математические основы навигационных систем. Часть I. Математические модели инерциальной навигации. М.: изд-во МГУ, 2010.
- Ю.В. Болотин, В.С. Вязьмин. Спектральный анализ точности векторной аэрогравиметрии. Фундаментальная и прикладная математика, 2018. Т. 22, №2. С. 33–57.