

Самсонова Наталья Вячеславовна

канд. экон. наук, заведующая кафедрой
ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный
строительный университет»

г. Ростов-на-Дону, Ростовская область

АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ ПРИ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ

Аннотация: в данной статье автором рассматриваются вопросы обеспечения фотограмметрической обработки космических снимков необходимой исходной информацией об объектах исследования и их пространственным математическим описанием, а также вопросы выбора систем координат, используемых при космической съёмке, последующей фотограмметрической обработке и картографировании поверхности небесного тела с предварительным подбором соответствующего референц-эллипсоида.

Ключевые слова: небесное тело, системы координат, космическая съёмка, прямое восхождение, склонение, картографирование планет, фотограмметрическая обработка.

При обработке материалов космической съёмки используются различные системы координат.

Для описания движения и вращения небесных тел нужна единая неподвижная или инерциальная система координат, которая обладает только прямолинейным и равномерным движением без вращения. Часто для решения таких задач используют фундаментальную систему небесных координат, основные оси и плоскости которой связаны с осью вращения Земли, плоскостью экватора и плоскостью эклиптики [3].

Из-за солнечно-лунной прецессии и прецессии от планет точка весеннего равноденствия γ ежегодно смещается на $50.3''$. Кроме того, из-за влияния нутации полюс мира, совпадающий с точкой воображаемого пересечения оси вращения Земли с небесной сферой, непрерывно описывает эллипс.

Фундаментальная система координат должна быть зафиксирована на некоторую эпоху. Обычно в качестве такой системы принимают гелиоцентрическую геоэквиаториальную систему координат на заданную стандартную эпоху. Начало этой системы – в центре масс Солнца, ось Z_1 направлена по линии, параллельной средней оси вращения Земли в сторону северного полюса, плоскость X_1Y_1 совмещена с плоскостью среднего экватора Земли, ось X_1 направлена в среднюю точку весеннего георавноденствия, ось Y_1 дополняет систему до правой. Положения среднего экватора и средней точки весеннего равноденствия отнесены к принятой для системы стандартной эпохе. Для одного и того же момента времени средний экватор и среднее равноденствие отличаются от истинного экватора и истинного равноденствия только малыми поправками за нутацию [4].

В рассмотренной системе координат определяются средние экваториальные координаты небесных тел, а также направление оси вращения северного полюса и ориентация нулевого меридиана планет и их спутников.

Направление северного полюса вращения планеты или спутника в инерциальной системе координат определяется средними координатами:

- прямым восхождением α_0 ;
- склонением δ_0 в принятую стандартную эпоху.

За северный полюс принимается полюс вращения планеты или спутника, находящийся к северу от неизменяемой плоскости Солнечной системы.

Также в инерциальной системе координат определяется нормаль к неизменяемой плоскости Солнечной системы.

В результате выполненных космических съёмок и построения по снимкам опорных сетей на поверхности небесных тел положение нулевого меридиана закрепляется в характерных точках рельефа. Положение нулевого меридиана для планет, не имеющих твёрдой поверхности, определяется по положению центрального меридиана планеты и наблюдается из центра Земли в заданный момент времени.

Для спутников в качестве нулевого меридиана принимается плоскость, включающая линию пересечения экваториальной плоскости спутника с плоскостью, проходящей через центры спутника, планеты и Солнца в момент первого верхнего гелиоцентрического соединения спутника и планеты [4].

При изучении и картографировании небесных тел данные дистанционных наблюдений должны быть приведены к координатной системе, связанной с телом изучаемого объекта, а также с направлением и скоростью его вращения, чтобы в заданные моменты времени можно было определить координаты северного полюса и ориентацию нулевого меридиана в инерциальном пространстве.

В качестве картографических вращающихся координат, которые жёстко связаны с изучаемым небесным телом, используются планетоцентрические и планетографические координатные системы.

Планетоцентрические системы применяются при построении опорных сетей, привязке к этим системам параметров гравитационного поля, навигации и т. п. Координаты точек в этой системе связаны с принятой референц-поверхностью небесного тела [2].

Планетоцентрическая система координат – вращающаяся система. Её начало находится в центре масс планеты или небесного тела, ось Z направлена вдоль средней оси вращения планеты, плоскость XU совпадает с плоскостью среднего экватора, ось X совмещена с линией пересечения плоскости экватора с плоскостью нулевого меридиана, ось Y дополняет систему до правой. Положение точек местности в этой системе может быть определено с помощью прямоугольных X, Y, Z или сферических $\varphi, \lambda, R_{\Pi i}$ координат.

Планетоцентрические широты и долготы точки связаны с прямоугольными координатами связующими зависимостями:

$$X = R_{\Pi i} \cos \varphi \cos \lambda ; Y = R_{\Pi i} \cos \varphi \sin \lambda ; Z = R_{\Pi i} \sin \varphi. \quad (1)$$

Переход от прямоугольных координат планетоцентрической геоэкваториальной системы $OX_1Y_1Z_1$ стандартной эпохи к прямоугольным координатам планетоцентрической системы $OXYZ$ выполняется по формулам:

$$\bar{R}_{\Pi i} = A_W A_{\delta_0} A_{\alpha_0} \bar{R}_1 \quad (2)$$

или

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos W & \sin W & 0 \\ -\sin W & \cos W & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90^\circ - \delta_0) & \sin(90^\circ - \delta_0) \\ 0 & -\sin(90^\circ - \delta_0) & \cos(90^\circ - \delta_0) \end{bmatrix} \times \\ \times \begin{bmatrix} \cos(\alpha_0 + 90^\circ) & \sin(\alpha_0 + 90^\circ) & 0 \\ -\sin(\alpha_0 + 90^\circ) & \cos(\alpha_0 + 90^\circ) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

В планетографической системе координат положение точки определяется: планетографической широтой φ' – углом между нормалью к референц-поверхности и плоскостью экватора небесного тела; планетографической долготой λ' – аналогичной планетоцентрической долготой λ ; высотой H – расстоянием по нормали от принятого референц-эллипсоида [4].

При фотограмметрической обработке космических снимков существует возможность использования дифференциальных уравнений движения космического аппарата. Для этого должны быть известны шесть параметров начальных условий движения и постоянных параметров небесных тел. Результатом интегрирования дифференциальных уравнений движения на моменты времени съёмки t являются координаты станции X'_t, Y'_t, Z'_t и составляющие вектора скорости станции V_X, V_Y, V_Z . Центр масс станции практически совпадает с центром проекции съёмочной камеры. Вместо значений $X'_t, Y'_t, Z'_t, V_X, V_Y, V_Z$ можно использовать элементы оскулирующей орбиты станции: $a, e, \tau, \Omega, i, u = \omega + \vartheta$. При этом угловые элементы орбиты Ω, i, u определяют положение плоскости орбиты космического аппарата в принятой системе координат и положение самого аппарата; a и e – размер и форму орбиты.

Невозмущённое движение космического аппарата по орбите принято называть кеплеровским. В связи с тем, что на станцию действует множество сил, малых по сравнению с силой притяжения, но вызывающих добавочные ускорения в движение аппарата, для каждого момента времени существует самостоятельная кеплеровская орбита, меняющаяся с течением времени, называемая оскулирующей.

При необходимости вычислить текущий момент времени t нахождения космического аппарата на орбите используется формула:

$$t = \tau + \frac{E - e \sin E}{\sqrt{\mu/a^3}}, \quad (4)$$

где τ – время прохождения аппарата через перицентр орбиты; e – эксцентриситет орбиты; E – эксцентрическая аномалия аппарата; a – большая полуось орбиты; μ – гравитационная постоянная небесного тела.

Чтобы добиться максимальной точности при определении параметров движения в текущий момент времени используют дифференциальные уравнения движения станции с максимальным учётом известных возмущающих ускорений. При этом удобнее всего использовать планетоцентрическую геоэкваториальную систему координат $OX_t'Y_t'Z_t'$ некоторой эпохи T_1 , близкой по времени к моменту вывода станции на орбиту исследуемого небесного тела [1].

Таким образом, для обработки результатов космической съёмки небесных тел необходимо иметь точные данные об астрономо-геодезических параметрах исследуемых объектов с целью их дальнейшего картографирования.

Список литературы

1. Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А. Теория движения искусственных спутников Земли. Аналитические и численные методы. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007.
2. Дубошин Г.Н. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике. – М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1976.
3. Подобед В.В., Нестеров В.В. Общая астрометрия. – М.: Наука, 1975.
4. Тюфлин Ю.С. Космическая фотограмметрия при изучении планет и спутников. – М.: Недра, 1986.