

Методика формирования многоугловых спектрофотометрических портретов космических объектов

Е. В. Благодыренко¹, И. П. Коробченко²

Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского

¹blagodyrenkoev@mail.ru, ²vka@mil.ru

Аннотация. The technique of forming multi-angle spectrophotometric portraits of space objects for the recognition of functional structural elements is presented. The most commonly used groups of signs for recognition of space objects are considered. Analyzed what caused the brightness variations of space objects in different spectral ranges.

Ключевые слова: space object; spectrophotometric (multi-angle) portrait; functional structural element

При фотометрировании космических объектов (КО) регистрируется интегральная кривая их блеска, выраженная в звездных величинах и характеризующая интенсивность светового потока отраженного КО солнечного излучения в спектральном диапазоне приемного устройства. При этом, остается открытым вопрос о том, как различать КО в пределах одного класса интенсивностей отраженного излучения, что особенно актуально при изучении компактных группировок сопоставимых по размерам однотипных объектов схожей оптической яркости.

Достаточно уверенно можно отличить лишь КО простой формы, когда отражательные свойства их поверхности однородны и поддаются статистическому различению; в общем же случае блеск КО зависит от многих факторов, и далеко не всегда они могут быть легко смоделированы оптико-геометрически, т. е. представлены в виде набора цилиндрических, конических, сферических и плоских поверхностей [1].

Каждый КО характеризуется не только фазовой зависимостью или фотометрической кривой блеска (ФКБ), но и отражательной способностью материалов покрытий функционально-конструктивных элементов КО, поэтому в большинстве случаев, когда наблюдения объектов не укладываются в жесткие рамки фазовой зависимости или ФКБ, требуется более детальная информация о типе поверхности, от которой происходит отражение солнечного излучения. В этом случае измерения их яркости необходимо представлять в виде других регистрируемых характеристик, учет которых может существенно расширить возможности оптических исследований КО, например, такая информация содержится в спектре (по длине волн) отраженного от КО солнечного излучения. Световой поток, отраженный от КО

содержит данные, представляющие исключительное значение для выяснения его назначения вследствие того, что во внешнем облике проявляется большинство физических признаков, определяющих числовые информационные характеристики наиболее важных бортовых систем оборудования КО. Поэтому одним из главных направлений исследований в этой области являются методы получения спектральных (и поляризационных) характеристик, наблюдаемых КО [2]. Выявление отличительных особенностей у каждого КО внутри рассматриваемой группы определяет эффективность их распознавания и во многом зависит от знания параметров и факторов, характеризующих объекты, подлежащие контролю.

Наиболее часто используемыми группами признаков распознавания являются:

- a. энергетические, характеризующие интенсивность излучения КО, которые определяются значениями интегральных коэффициентов отражения материалов внешних покрытий в этом спектральном диапазоне и габаритами объекта при известных условиях его наблюдения;
- b. спектральные, характеризующие спектральное распределение отраженного от КО солнечного излучения, зависящие от значений спектральных коэффициентов отражения материалов его внешних покрытий.

Информативность признаков определяется мерой их различия для распознаваемого и всех эталонных КО, а также разрешающей способностью системы распознавания по этим признакам [2]. Например, энергетические признаки связаны с получением данных о фотометрических портретах (фотометрических образах) КО. Однако возможность сравнения фотометрических портретов КО существует лишь при наличии одних и тех же условий их наблюдения. Еще одним достаточно устойчивым и информативным признаком многих объектов является цвет. Группа спектральных признаков основана на использовании параметров сигналов, связанных со спектральным распределением интенсивности отраженного от КО солнечного излучения.

Основные материалы покрытий, которые используются в настоящее время в конструкции КО, сильно отличаются друг от друга [3]. Имеющиеся отличия в спектральных коэффициентах отражения материалов внешних конструктивных элементов наблюдаемых объектов различных типов и соотношений между размерами этих элементов приводят к различию в спектрах отраженного от них солнечного излучения, поэтому они могут быть использованы для классификации фотометрических признаков и распознавания по ним наблюдаемого КО.

Измерение распределения энергии солнечного излучения, отраженного от поверхности наблюдаемого КА, в различных интервалах видимого спектрального диапазона длин волн может быть реализовано несколькими техническими способами – выделением широкого диапазона длин волн (до 1000 А) спектра с помощью светофильтров или разложением светового потока на большое количество узких (до 100 А) спектральных участков с помощью дифракционной решетки.

Величина регистрируемого блеска определяется как формой КО, так и его геометрией освещения или наблюдения. Фиксируемые вариации блеска КО в различных спектральных диапазонах обусловлены тремя основными причинами:

- собственным вращением КО вокруг центра масс и прецессией его оси вращения;
- обращением КО вокруг Земли или изменением положения объект-наблюдатель, приводящие к изменению фазового угла;
- временными изменениями спектральных характеристик, связанными с деградацией покрытий под воздействием околоземного космического пространства.

Представляя кривые блеска КО, регистрируемые оптическими средствами, массивом временных рядов E с синхронными спектральными составляющими B, V, R, I, \dots (и/или с синхронными результатами многокурсовых, многопозиционных интегральных наблюдений) и вычисляя определенным образом заданные статистические, радиометрические и признаки формы по каждой из спектральных реализаций формируется многомерный «спектрофотометрический (многокурсовый) портрет» КО. Взаимные соотношения

признаков временных рядов B, V, R, I, \dots определяются отражательной способностью покрытий, а форма образованной поверхности связана с цветовыми характеристиками КО.

Наблюдения геостационарных стабилизированных по трем осям КО известного типа на интервале полного изменения фазы позволяют получить полный эталонный фазовый спектрофотометрический портрет, который характеризует данный тип КО. В случае КО не геостационарных и стабилизированных вращением, наблюдение осуществляется на интервале полного цикла периода вращения КО вокруг собственной оси, включая период прецессии оси вращения (если таковая имеется). При этом, период вращения должен быть значительно меньше интервала непрерывной регистрации фотометрической информации. При построении фазового спектрофотометрического портрета КО переменной яркости учитывается короткопериодическая составляющая, связанная с его собственным вращением, так как сама по себе данная составляющая также содержит полезную информацию.

Основной информацией при распознавании КО должна являться база данных спектрофотометрических портретов, содержащая информацию практически для всех известных типов КО и позволяющая определять их динамические и оптические характеристики. При построении спектрофотометрического (многокурсового) портрета КО необходимо учитывать существующие особенности одновременного синхронного наблюдения КО с различных позиций оптических средств в различных ракурсах наблюдения КО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Выгон В.Г. Определение формы и ориентации высокоорбитального искусственного спутника Земли «Феррет-Д» по данным фотометрических наблюдений / В.Г. Выгон, А.В. Багров, В.Я. Грошев // Околоземная астрономия (космический мусор). М.: Космосинформ. 1998. С 143-158.
- [2] Селекция и распознавание на основе локационной информации / А.Л. Горелик, Ю.Л. Барабаш, О.В. Кривошеев, С.С. Эпштейн; под ред. А.Л. Горелика. М.: Радио и связь, 1990. С. 45-63.
- [3] Колесник Д.Ю., Логунов С.В., Евенко А.В. Способ обработки и анализа результатов некоординатных измерений для распознавания вращающихся геостационарных спутников // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России: межотр. науч.-техн. журнал. М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «НТЦ оборонного комплекса «Компас», 2018. Вып. 3. С. 37-42.