

**Ю. П. Шумилов** (Москва, АО «НПК «СПП»). **Методика обнаружения спектров слабых источников излучения.**

При наблюдении *космических аппаратов* (КА) важным источником информации является спектр отраженного и собственного излучения КА, а также спектры окружающей его среды. Задача обнаружения спектров [1] характеризуется той особенностью, что обнаруживаться они должны по всей *информативной спектральной протяженности* (ИСП) одновременно, каждая часть которой может иметь различную энергетику. ИСП определяется априорным эталоном (априорной информацией), которая используется потом при принятии решения об обнаружении, для сравнения и отождествления с каким-либо конкретным спектром покрытия, среды и т. д. Для решения задачи требуется высокое разрешение, порядка 0,1 нм. Такое разрешение может быть реализовано в спектрометре скрещенной дисперсии [2] с многоэлементным матричным приемником.

Рассмотрим методику для видимой области спектра, где эталоном сравнения является спектр Солнца, который искажается при отражении излучения от КА и его прохождении через различные рассеивающие среды и служит информативной составляющей для сравнения. Задача ставится таким образом. Оценить вероятность правильного одновременного обнаружения ИСП анализируемого покрытия, среды и уровень необходимого сигнала.

Методика формулируется так.

1. Задается библиотека спектров отражения и поглощения интересующих покрытий и сред.
2. Определяется необходимая ИСП этих спектров, в том числе из условия их полного отражения (регистрации) на матричном приемнике.
3. Определяются характеристики фоновой обстановки (сигналы, фоны, шумы («сш»)), параметры расположения объектов анализа).
4. Определяются пороговые характеристики каждой составляющей ИСП (т. е. для каждого элемента матрицы) [3]:

$$h_{D_i} = N_{i\text{сш}} \bar{n}_{i\text{сш}} + \sigma_{i\text{сш}} \sqrt{\frac{N_i}{2}} \ln(2(1-D)), \quad (1)$$

$N_i$  — количество кадров в  $i$ -й линии ИСП покрытия, среды,  $\sigma_{i\text{сш}}$  — среднее количество «сш»-фотоэлектронов в  $i$ -й линии ИПС покрытия, среды,  $\sigma_{i\text{сш}}$  — среднеквадратическое отклонение среднего количества «сш»-фотоэлектронов в  $i$ -й линии покрытия, среды,  $D$  — вероятность правильного обнаружения. Эта вероятность, как правило, принимается одинаковой для всех  $i$ :  $D \approx 0,95$ .

5. Определяется вероятность *одновременного* правильного обнаружения во всех (занумерованных  $i = 1, 2, \dots, m$ ) элементах ИСП, которая будет равна  $D_{(m)} = D^m < 0,95$ .

6. Определяется то количество кадров  $N$ , которое необходимо для реализации:  $D_{\frac{m}{N}} \geq 0,95$ .

В формуле (1) заложено накопление. Оно будет различно для каждой линии ИСП — с учетом своего сигнала и фона в каждой линии —  $N_i$  и выбирается  $N_{i\text{max}} = N$ , которое и будет характеризовать результативную работу спектрометра при обнаружении спектров.

7. Далее идет сравнение с библиотекой и принятие решения об идентификации спектров покрытий и сред.

Разработанная методика позволяет с необходимой достоверностью судить о характере функционирования и изменений КА и позволяет оценить потенциальные возможности спектрометра.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Миберн Дж.* Обнаружение и спектрометрия слабых источников света. Пер. с англ. М.: Мир, 1979, 304 с.
2. *Yu. Bazanov at al.* Design two-dimensional (crossed) grating calculation in Czerny–Turner spectrometer with usage of freeform mirrors. — SPIE Optics + Photonics, 2017, v. 10375V, p. 1–6.
3. *Бакут П. А., Выгон В. Г., Шаргородский В. Д., Шумилов Ю. П.* Статистический синтез оптимального алгоритма обнаружения космических объектов при наблюдениях в оптическом диапазоне. — Радиотехника и электроника, 2009, т. 54, № 8, с. 794–985.