

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Кожевников Д.А., Нупрейчик А.О., Фёдорцев Р.В., Старосотников Н.О.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Современные тенденции развития областей науки посвященных изучению далеких космических объектов вызывает необходимость своевременной реакции технических средств, которые будут обеспечивать точность анализа. В связи с далеким расположением всех вызывающих интерес объектов, важными становятся не только возможности пространственного разрешения оптического изображения, но и поиск методов, способствующих более детальному изучению объектов космоса. Подавляющая часть исследуемых объектов имеют малые угловые размеры, менее сотых и тысячных долей угловых секунд, так что определение формы далеких объектов не представляется возможным – нельзя отличить звезду от галактики или туманности. Главным методом анализа такого рода объектов стал спектральный анализ. Анализом спектральных линий излучения и поглощения звезд и других небесных тел можно установить химический состав, температуру, наличие магнитного поля и другие важные параметры. Для разных небесных тел характерно особое распределение энергии по спектру, которое принято называть спектром звезды. Максимум спектрального распределения зависит от температуры звезды – чем она горячее, тем на меньшие длины волн приходится максимум. Из этого следует зависимость: горячие звезды по цвету являются голубыми, а холодные – желтые и красные. Современные достижения спектроскопии позволяют вести исследование по всему электромагнитному диапазону спектра, однако в условиях наблюдения с поверхности Земли накладываются ограничения в виде непрозрачности земной атмосферы для разных участков спектра. Таким образом, земные наблюдения ограничены диапазоном спектра в 300-1000 нм и некоторыми областями после 1000 нм для которых атмосфера прозрачна. С учетом этого в настоящее время практикуется использование некоторых областей спектра для получения полной и точной информации о состоянии исследуемых объектов.

При детальном изучении непрерывных спектров звезд заметны многочисленные темные линии поглощения. Они образуются при переходах между энергетическими уровнями различных атомов и ионов вещества на поверхности звезд. Каждый переход характеризуется определенной длиной волны. Однако в наблюдаемых спектрах значения длин волн не совпадает с данными,

полученными в лабораторных наблюдениях. Это несовпадение вызвано относительным движением звезд и Земли. Смещение достаточно строго определяется и описывается эффектом Доплера. Согласно эффекту Доплера, при приближении регистрируемой звезды к Земле, линии в её спектре смещаются в синюю область спектра, в обратных условиях смещение происходит в красную область спектра. Величина смещения z зависит от скорости звезды вдоль линии визирования ϑ :

$$z = \frac{\vartheta}{c} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0},$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме.

Так, изучая смещение линий в спектрах звезд и других небесных тел относительно их лабораторных положений, можно получить качественную информацию о лучевых скоростях звезд, о скоростях расширения их звездных оболочек (звездный ветер, взрывы Новых и Сверхновых звезд). Также существует зависимость возраста звезд от их размера и температуры. Зависимость проста и может быть объяснена тем, что в более горячих звездах химическая реакция протекает более интенсивно и звездный материал используется с большей скоростью.

Спектральными классами называется классификация звёзд по спектру излучения. Первая классификация звёздных спектров была предложена в конце 20-го столетия. После уточнения и дополнения она получила название Гарвардской спектральной классификации звёзд [1]. В данной классификации выстраивается зависимость нескольких показателей от температуры объектов (таблица 1). При движении по этому ряду слева направо кроме изменения цвета звезды также уменьшается её температура.

Современные методики анализа главным образом основаны на фильтрации шумов получаемых сигналов.

Изучением объектов ближнего и дальнего космоса занимаются все крупные исследовательские станции под руководством космических агентств: NASA, ESA, Роскосмос. Используются разные технические средства фиксации излучения включая наземные установки и выведенные на орбиту аппараты. В NASA в настоящий момент активна миссия «ASCENDS» по фиксации CO_2 и O_2 с использованием лазерной установки для дистанционного зондирования. В качестве обработки используется метод на основе

КИХ-фильтра [2]. Роскосмос готовится к запуску орбитальной астрофизической обсерватории «Спектр-РГ» на которой установлены спектроскопы «eRosita» (Германия) и «ART-XC» (Россия), которые совместно охватывают диапазон от 0,3 кэВ до 30 кэВ [3].

Как указано ранее, во многом чистота и качество обработанного сигнала зависит от программной фильтрации шумов. Однако в связи с отдельной вторичной обработкой сигналов исключается возможность высокоточного соотношения их между собой.

Таблица 1. Гарвардская спектральная классификация звёзд

| Класс | Температура, К | Истинный цвет | Видимый цвет | Масса, (масс Солнца) М | Радиус, (радиусов Солнца) R | Светимость, (светимостей Солнца) L | Линии водорода |
|-------|--------------------------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------|
| О | $3 \cdot 10^4 - 6 \cdot 10^4$ | голубой | голубой | 60 | 15 | 1 400 000 | слабые |
| В | $1 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^4$ | бело-голубой | бело-голубой | 18 | 7,0 | 20 000 | средние |
| А | $75 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^4$ | белый | белый | 3,1 | 2,1 | 80 | сильные |
| F | $6 \cdot 10^3 - 75 \cdot 10^2$ | жёлто-белый | белый | 1,7 | 1,3 | 6,0 | средние |
| G | $5 \cdot 10^3 - 6 \cdot 10^3$ | жёлтый | жёлтый | 1,1 | 1,1 | 1,2 | слабые |
| K | $35 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^3$ | оранжевый | жёлто-оранжевый | 0,8 | 0,9 | 0,4 | очень слабые |
| M | $2 \cdot 10^3 - 35 \cdot 10^2$ | красный | оранжево-красный | 0,3 | 0,4 | 0,04 | очень слабые |

ИК-спектроскопия позволяет добиваться высоких показателей определения спектральных линий длинноволнового излучения. В инфракрасном диапазоне можно получить данные об объектах, скрытых от нас в видимом диапазоне за толщей пыли и газа. Кроме того, изучение галактик с большими z может производиться только в ИК-диапазоне из-за сдвига в него основных характерных спектральных линий. Также для анализа межзвездного пространства и атмосферы земли используется терагерцовое излучение [4], которое представляет собой участок спектра между инфракрасным и сверхвысокочастотным диапазонами. Терагерцовое излучение можно использовать для исследования и детектирования объектов с колебательными и вращательными переходами в молекулах, свободных носителях в полупроводниках и т.д.

Авторы данной работы предлагают использовать программное и техническое объединение отдельных обсерваторий (наземных и орбитальных) в связанные комплексы. Через систему коммуникационных спутников получаемые данные предполагается посылать на Землю для обработки информации высокопроизводительным компьютером. Отличие от существующих схем заключается в том, что обработка данных с наземных и орбитальных станций будет производиться одним компьютером с одновременной синхронизацией двух полученных спектров. При взаимной юстировке используемых спектральных приборов с оцененной погрешностью можно

добиться малых отклонений между измеряемыми данными. При использовании постепенного ослабления сигнала через поглощение однородной средой можно получать градуировочные зависимости с последующим вычитанием шумов. Подобные комплексы могут представлять собой уже готовые обсерватории для которых экспериментально будет оценена погрешность измерения и передачи данных. Так, совместная обработка данных полученных вне атмосферы Земли, из нескольких слоев атмосферы и поверхности Земли может выделять более «чистые» данные для последующей программной корреляции. В качестве модели обработки может использоваться метод Савицкого-Голея или вейвлет-преобразование.

1. Chui C. An Introduction to Wavelets / C. Chui. New York: Academic Press, 1992. – 412 p.
2. Campbell, Joel F. Pseudorandom Noise Code-Based Technique for Cloud and Aerosol Discrimination Applications / Campbell, Joel F. – Orlando: SPIE Defense, Security, and Sensing, 2011. – 5 p.
3. Комаров И.А. Фундаментальные космические исследования / Федеральная космическая программа России на 2016 – 2025 годы / И.А. Комаров. М.: ТАСС, 2016. – 6 с.
4. Щеглов П.В. Проблемы оптической астрономии / П.В. Щеглов. – М.: Наука, 1980.–272 с.