

ФОТОСПЕКТРОРАДИОМЕТР ДЛЯ ПОЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» Белорусского государственного университета.
Минск, Республика Беларусь. remsens@mail.ru

В работе представлены три модели фотоспектрорадиометров видимого и ближнего ИК диапазона спектра и специальное программное обеспечение (СПО) для съемки, записи, просмотра и предварительного анализа спектров отражения и изображений природных и других объектов.

Фотоспектрорадиометр (ФСР) высокого разрешения на диапазон 400–900 нм предназначен для регистрации спектров отражения природных и искусственных объектов, подстилающих поверхностей при лабораторных и натурных съемках. Полученные спектры и сопутствующая информация, включающая условия освещения и спектрометрирования, могут быть использованы для определения параметров состояния объектов, наполнения баз данных спектральных характеристик в целях наземного обеспечения полетных калибровок аэрокосмических съемочных систем и решения задач дистанционного мониторинга с использованием спутниковых изображений.

ФСР включает в себя входной объектив и систему регистрации спектров и изображений на базе смартфона (с операционной системой Android) и спектрорадиометра собственной разработки, объединенных в единый модуль [1].

ФСР обеспечивает: спектральное разрешение 2–3 нм в диапазоне 400-900 нм; измерение угловых зависимостей спектров отраженного излучения; цифровую регистрацию изображений спектрометрируемого объекта; привязку спектров к изображениям, а также спектров и изображений к навигационным данным GPS (время, географические координаты); совмещение в одном блоке датчиков регистрации спектров, изображений, накопления и обработки данных; совместный анализ спектров и изображений. Погрешности измерения абсолютных спектральных плотностей энергетической яркости (СПЭЯ) подстилающих поверхностей составят 5–10 %. Фотоспектрорадиометр включает в себя следующие элементы: входной объектив, спектрорадиометр собственной разработки, систему регистрации спектров и изображений на базе смартфона.

Разработаны и созданы три модификации прибора: ФСР-01, ФСР-02, ФСР-03. Модификации отличаются друг от друга конструктивным исполнением. Внешний вид существующих модификаций представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Три вида фотоспектрорадиометров.

Технические характеристики ФСР приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Технические характеристики ФСР

Объектив	МС Гелиос 44–3М»
Угол поля зрения, °	40
Диспергирующий элемент	вогнутая голографическая дифракционная решетка на стеклянной заготовке
Рабочий спектральный диапазон, нм	400 – 900
Спектральное разрешение, нм	2,0–3,0
Приемник излучения	ПЗС-линейка Toshiba TCD 1304DG
Число рабочих элементов приемника	3648
Диапазон времени накопления (интегрирования) спектра, мс	10–2000
Питание	от USB порта
Энергопотребление, Вт	5
Масса не более, кг	1,5

СПО предназначено для получения спектрометрических данных со спектрометра и сохранения их на SD карте мобильного телефона (планшета). Для запуска СПО достаточно соединить мобильное устройство OTG кабелем со спектрометром. При отсутствии связи со спектрометром на экран выводится соответствующее предупреждение, после чего программа автоматически завершит свою работу. После успешного запуска СПО на экране телефона появляется главное окно программы, изображённое на рисунке 2.



Рисунок 2 – Главное окно программы.

В верхней части экрана располагается графическое окно, в котором изображен измеренный (текущий) спектр в относительных единицах (отсчётах АЦП по оси Y), по оси X отображаются номера каналов фотоприёмника. Экспозиция для съёмки спектра может быть установлена вручную либо определена и установлена автоматически. На основании максимального значения спектра (в отсчётах АЦП) и его сравнения с полным динамическим диапазоном оцифровки (4096 для 12 разрядного АЦП), оператор определяет необходимое время экспозиции. Приемлемое с точки зрения отношения сигнал/шум значение максимального сигнала в спектре должно находиться в диапазоне от 1000 до 3000 отсчётов АЦП.

Изменение значений экспозиций, количества снимков в серии, оценка балла облачности происходит в окне «Настройки». Просмотр отснятых спектров происходит в окне «Просмотр». Вышеупомянутые окна изображены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Окна «ПРОСМОТР» и «НАСТРОЙКИ».

После каждой съёмки на SD карте телефона сохраняются файлы с расширением **.xml**, **спес**, **jpeg**. Путь сохранения DCIM/SpecApp. Файл с расширением **.xml**, предназначен для хранения информации об именах файлов, входящих в серию, и метаданных, соответствующих этой серии. В файле с расширением **.спес** хранятся значения отсчётов АЦП («сырые» спектры), экспозиции и значения тринадцати темновых пикселей (темновой сигнал фотоприемника).

Заключение

Разработаны три модели ФСР, имеющие свои конструктивные особенности, позволяющие проводить измерения яркости отраженного излучения различных объектов и подстилающей поверхности.

Список литературы

1. Беляев Б.И., Станчик В.В. , Крот Ю.А., Веллер В.В., Доморацкий А.В. , Казак А.А., Попков А.П. // Мобильный фотоспектрорадиометр и двухканальный модульный спектрорадиометр для полевых измерений спектров отражения объектов//Четырнадцатая Всероссийская открытая конференция "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Сборник тезисов докладов конференции. Москва, ИКИ РАН, 14-18 ноября 2016. Доступ: http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/thesisshow.aspx?page=133&thesis=5686.