

КОМПЛЕКС ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОГО ДИСТАНЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Н.Б. Житов, П.А. Кондратов

Национальный университет
«Львовская политехника»
г. Львов, ул. С. Бандеры, 12
E-mail: oganes@polynet.lviv.ua

Рассматривается задача исследования функций распределения коэффициентов отражения световой энергии визуального и ближнего ИК диапазонов в узких спектральных поддиапазонах, что позволяет получить достоверную информацию о химическом, физическом и биологическом строении объекта, оценить его экологическое состояние. Описано структура комплекса, особенности конструкции его оптической части, даны рекомендации по применению в разных сферах народного хозяйства, в частности, для измерения характеристик Мирового океана и динамических полей фитопланктона.

Малогабаритная аппаратура гиперспектрального дистанционного наблюдения для проведения ДЗЗ основывается на большой информативности получаемых съемок, надежностью и помехозащищенностью получаемой информации.

По нашим оценкам 70% целевых задач для большинства тематических направлений могут быть решены только за счет получения зондирующей информации высокого спектрального разрешения (ВСР). Для ее получения необходимо разработать и изготовить малогабаритный оптический гиперспектральный комплекс для диапазона от 0,4 мкм до 1,0 мкм с числом спектральных составляющих до 500, а также разработать открытую базу данных и программное обеспечение.

Основным узлом комплекса является оптико-телевизионное спектрофотометрическое устройство представляющее собой узел цветной телевизионной камеры согласованный с щелевым спектрофотометром (Рис. 1).

Устройство позволяет одновременно наблюдать цветное двумерное изображение наблюдаемого объекта и распределение световой энергии в спектре элементов одной строки изображения с жесткой привязкой их друг к другу.

Аппаратура предназначена для дистанционного наблюдения Земли при подсветке ее солнечным светом. Применение чувствительной телевизионной техники и светосильной проекционной оптики позволит проводить наблюдение в значительных диапазонах углов освещения поверхности Солнцем.

Комплекс снабжен также узлами внутреннего тестирования и измерения спектра солнечной активности, что позволяет тщательно производить измерения, обеспечивать гарантированный большой динамический диапазон (до 12 разрядов полутонов на элемент) и повторяемость проводимых наблюдений.

Особенностью построения предлагаемой аппаратуры многоспектрального наблюдения является максимальное использование покупных изделий и готовых узлов, разработанных в оборонной промышленности с использованием передовых и патентно-чистых решений. Конструкция (наличие одного проекционного объектива для обоих узлов наблюдения) позволяет осуществлять взаимозаменяемость проекционной оптики с различными характеристиками в зависимости от решаемых задач.

В настоящее время проводится моделирование средств управления узлом спектрофотометра с целью обеспечения возможности оперативной перестройки его по спектральному диапазону для варьирования энергетических характеристик в интересах решения различных задач.

Узел спектрофотометра позволит оперативно его перестраивать по разрешению и диапазону с изменением дисперсии до 5 раз и разрешением по спектру порядка единиц нм.

Отношение размера элемента разрешения к числу элементов в поле зрения (не менее 500) не хуже 1:400.

Использование результатов наблюдения многоспектральных изображений потребует создания огромной базы данных спектральных отражений, организации метрологического обеспечения таких комплексов и отработке ПО по тематическим и другим видам обработки получаемых изображений, а также проведение значительных объемов работ непосредственно на наблюдаемых участках поверхности.

Разработку устройства предполагается проводить в кооперации с промышленными и научными организациями России и Украины.

Направления исследований, которые возможно осуществлять с помощью гиперспектральной съемки можно подразделить на несколько направлений:

- Проведение прямых измерений
- Проведение косвенных измерений.

Прямые измерения подразумевают получение информации о физико-химических свойствах отражающей поверхности.

Косвенные измерения подразумевают предположение о физико-химических свойствах окружающей среды по результатам наблюдений отражающих свойств поверхности почвы, растений и т.д. Практически

наблюдаемые объекты являются своеобразными датчиками на физико-химический состав окружающей среды.



Рис. 1. Структурная схема комплекса гиперспектрального наблюдения.

Из-за многообразия природного строения земного покрова, растительности, атмосферы, продуктов жизнедеятельности человека и т.д., полного комплекта алгоритмов, необходимого для достижения всего потенциала технологии, еще не создано. Разработка программного обеспечения развивается исходя из тематической обработки гиперспектральных изображений.

Большое внимание необходимо уделить метрологическому обеспечению аппаратуры и максимально автоматизировать эти операции.

Основные метрологические операции включают в себя:

- нормировку усиления телевизионных каналов по различным цветам (нормированный "баланс белого");
- нормировка положения спектральных составляющих в поле зрения ч/б телевизионной камеры;
- нормировка коэффициента усиления и др.

Большое внимание необходимо уделить программному обеспечению, которое должно включать в себя:

- блок метрологических программ;
- блок программ поэлементной обработки многоспектральных изображений;
- блок программ по составлению и использованию базы данных с качественным и количественным анализом наблюдаемых объектов;
- блок программ по анализу и представлению результатов наблюдения.

В варианте построения комплекса с достаточно дешевой стоимостью комплектующих элементов и короткими сроками изготовления устройства рассмотрена следующая комплектация оптико-телевизионного спектрофотометрического устройства:

Цветная телевизионная камера видеовизира и монохромная телевизионная камера спектрофотометрического узла работают в стандартном телевизионном режиме (25 кадров в секунду). В качестве монохромной телевизионной камеры используется специальная светочувствительная телевизионная ПЗС камера с размером элемента матрицы 14 мкм. Время накопления светового сигнала которой может регулироваться только в пределах стандартного.

Диспергирующий узел с использованием дифракционных решеток необходимо изготавливать специально.

В настоящее время разработаны конструктивные требования к узлам комплекса и изготовлен прототип спектрофотометрического узла, выбраны покупные элементы и узлы.

Предлагаемый комплекс может использоваться для ДЗЗ и для решения различных задач с любых летательных и наземных подвижных средств и с рук оператора.

Небольшие габариты основной оптической части аппаратуры (3-5 л) позволяют оперативно перенацеливать ее в любом направлении визирования.

Возможно создание варианта построения комплекса с более широкими техническими возможностями как по величинам оптического диапазона, так и по чувствительности. Такой вариант построения создается с использованием зеркальной, кристаллической или халькогенидной проекционной оптики, специальных (выпускаемых) матричных фотоприемников для диапазонов спектра 0,36-0,48 мкм и 1,0-5 мкм., диспергирующий узел используется такой же, как и в предыдущем варианте.

При разработке специальных телевизионных камер возможно обеспечить в широком диапазоне времени накопления оптического сигнала и, тем самым, управлять чувствительностью комплекса в широких пределах.

Система накопления информации и узлы управления аналогичны для обоих вариантов.

При этом потребуется разработка нами специальных телевизионных камер на основе матричных фотоприемников.

Такая унификация устройств позволит поэтапно увеличивать номенклатуру изделий и, практически, осуществлять конструирование комплекса из отдельных готовых функциональных узлов для решения задач в разных областях спектрального диапазона.

В настоящее время разрабатываются конструктивные требования к узлам комплекса, изготовлен прототип спектрофотометрического узла, выбраны покупные элементы и узлы.

Устройство хранения информации может быть использовано в двух вариантах:

- Хранение аналоговой информации (специальный видеоманитофон.) - 1-а кассета на 1,5 часа съемки. В основном используются покупные изделия.

- Хранение цифровой информации - Возможный объем хранимой информации может достигать сотен гигабайт, что создается с применением нескольких винчестеров объемом по 60-100ГБ и с использованием контроллеров и управляющего процессора.

Основные задачи, которые могут быть решены с помощью гиперспектральной съемки:

А. В интересах военных ведомств.

1. поиск свежепоставленных мин по нарушению структуры поверхности грунта.
2. поиск старых и свежих воронок по анализу структуры поверхности грунта.
3. выявление наличия использования искусственных маскировочных сетей и одежды на фоне растительности.
4. обнаружение следов перемещения по травяному покрову за счет обнаружения стрессовых состояний растительности.
5. определение загрязненности подземных вод и состава грунта по анализу листвы растений.

Б. В интересах народного хозяйства.

1. Поиск месторождений нефти и газа, в том числе на шельфе.
2. Поиск утечек углеводородов из трубопроводов, начиная с ранних стадий процесса.

3. Поиск рудных и нерудных месторождений под растительным покровом.
4. Уточнение геологического строения приповерхностных слоев Земли, особенно замаскированных растительным покровом.
5. Уточнение строения и характеристик гидрологической сети, обнаружение зон скопления грунтовых вод и подтоплений.
6. Уточнение почвенных характеристик и земельных кадастров.
7. Отслеживание урожайности зарубежных сельскохозяйственных посевов с целью оптимизации закупок.
8. Отслеживание урожайности посевов на полях с целью количественной оценки урожая, а также определение степени созревания и доз химической подкормки растений.
9. Отслеживание состояния лугов и пастбищ.
10. Обнаружение динамики распространения заболеваний и повреждений сельскохозяйственных посевов.
11. Изучение породного состава лесной растительности, оценка товарного состава лесов, планирование мест заготовок, переработки и путей транспортировки.
12. Обнаружение динамики распространения заболеваний и повреждений лесов.
13. Изучение характеристик Мирового океана и динамики полей фитопланктона в Мировом океане с целью оптимального направления рыболовецких судов.
14. Оценка по состоянию растительности экологического состояния районов России в результате деятельности человека (в том числе и атомных производств) и уровней межгосударственных взаимных загрязнений.
15. Медицинская диагностика.

Наблюдение одного участка местности в разных областях спектрального диапазона позволит уменьшить область неоднозначности при принятии решения для дешифрирования информации.

Определение критериев, качества и объемов информации которые возможно дешифрировать из получаемой многоспектральной съемки необходимо проводить при совместных натурных испытаниях и наработки опыта использования получаемой информации.