УДК 581.526.42

А.Ю.Беляев, Р.Е.Быков

НИИ радиоэлектронных систем прогнозирования чрезвычайных ситуаций «Прогноз» Санкт-Петербургского электротехнического университета «ЛЭТИ»

СИНТЕЗ И АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Рассмотрены результаты разработки аппаратно-программного обеспечения и принципы синтеза помехоустойчивых оптико-электронных систем on line-мониторинга, в том числе участков лесных массивов, эти технологии создают принципиально новые возможности в области природоохранной деятельности.

The results of the development of software and the principles of the synthesis of on-line monitoring of noise-resistant optic-electronic systems includiug the forestland areas have been examined. These technologies provide essentially new opportunities in the field of environment protection activities.

Новые технологии мониторинга лесных экосистем, базирующиеся на анализе изображений и рассматриваемые в работе, направлены на повышение эффективности мониторинга земной поверхности в оптическом диапазоне спектра. Системы реального времени, использующие технологии анализа изображений, открывают новые возможности мониторинга больших участков земной поверхности. Количественная оценка последствий лесных пожаров, ураганов, паводков и т.п.; распознавание и классификация лесных и сельскохозяйственных массивов, пораженных болезнями и вредителями, и т.п. – вот неполный перечень задач, которые могут быть решены с использованием оптических методов и алгоритмов обработки изображений непосредственно в процессе видеосъемки или с использованием промежуточной видеозаписи.

Указанные технологии основаны на комплексном представлении изображений с помощью цветовых, градационных и пространственно-частотных характеристик в сокращенном признаковом пространстве и предусматривают многопрофильную обработку мониторинговой информации в реальном времени, обеспечивающую своевременное и надежное обнаружение, распознавание и классификацию различных структур и получение количественной информации о местонахождении и размерах аномальных участков лесных массивов.

При проектировании технических систем мониторинга решающее значение имеют надежность классификации и точность измерений характеристик изучаемых объектов.

В основу принципов построения сканирующих систем рассматриваемого класса положено использование цифровых фильтров цветности. Применение таких фильтров приводит к построению общего алгоритма анализа цветных изображений.*

На процедуру сегментации цветных изображений, неизбежно включаемую в алгоритм анализа, большое влияние оказывают спектральные характеристики источника естественного освещения, которые, в свою очередь, связаны с условиями видеосъемки: временем и углом съемки, состоянием облачности и др. Таким образом, возникает необходимость разработки помехоустойчи-

* *Быков Р.Е.* Анализ многоспектральных изображений в задачах мониторинга окружающей среды // Телевидение: передача и обработка изображений: Материалы междунар. конф. / Санкт-Петербургский электротехнический ун-т. СПб, 2000. С.3-4.

вых алгоритмов, способных минимизировать эти влияния. В наших предыдущих разработках устранение указанных артефактов проводилось с использованием интерактивного режима работы.

Комплекс, который был применен в процессе видеосъемки и анализа, включал цветную телевизионную камеру, персональную ЭВМ, интерфейс ввода цветных изображений, видеомагнитофон и вспомогательные устройства. В работе использовался пакет прикладных программ, реализующих алгоритмы обнаружения и классификации исследуемых поверхностей по выбранным признакам. Отснятые материалы по лесным массивам условно были разделены на три группы: активный пожар, старые горелые леса (двух-трехгодичной давности), засохший в результате действия лесного низового пожара, кислотных дождей или насекомых-вредителей лес. Хорошие результаты в интерактивном режиме работы были получены при сегментации и автоматическом измерении площадей участков засохшего леса после прохождения, по-видимому, низового пожара или кислотного дождя. Основные прикладные исследования, выполненные с применением разработанной аппаратуры, были связаны с мониторингом водной поверхности. Однако было установлено, что при оптическом мониторинге земной поверхности, в частности лесных массивов, влияние изменения спектральных характеристик естественного источника освещения в процессе видеосъемки сказывается в наибольшей степени.

В результате моделирования на ЭВМ изменений спектральной характеристики источника освещения установлено влияние этих изменений на результаты селекции контролируемых областей. Получены предварительные результаты сравнения точности работы некоторых алгоритмов при разных условиях видеосъемки различных классов объектов.

Один из исследованных алгоритмов базировался на использовании фильтра цветности, автоматически корректирующего свои параметры. В качестве параметра, используемого для управления, была выбрана динамика цветового охвата изображения.* Для этого в режиме обучения производили регистрацию текущей гистограммы цветности или цветового охвата в колориметрической системе датчика видеосигнала $M\{m,n\}$, а затем аппроксимацию цветового охвата окном прямоугольной формы с координатами верхнего левого угла m_1, n_1 и правого нижнего угла m_2, n_2. Далее в процессе обучения системы по тестовым изображениям таким же способом формировали прямоугольное окно с координатами m_1', n_1' и m_2', n_2' для искомого образования. Затем систему переводили в автоматический режим и изменяли «спектральный состав источника освещения».

В автоматическом режиме производилось снятие гистограммы цветового (цветностного) содержания изображения в новых условиях, аппроксимация ее прямоугольным окном с координатами m_1'', n_1'' и m_2'', n_2'', затем формировалось новое окно фильтра цветности

$$H = \left(n \le n_1^*\right) \cap \left(n \ge n_2^*\right) \cap \left(m \ge m_1^*\right) \cap \left(m \le m_2^*\right),$$

где m_1^*, n_1^*; m_2^*, n_2^* – соответствующие координаты корректированного окна цветности:

$$m_1^* = \frac{m_1' - m_1}{m_2 - m_1}\left(m_2'' - m_1''\right) + m_1'';$$

$$m_2^* = \frac{m_2' - m_1}{m_2 - m_1}\left(m_2'' - m_1''\right) + m_1'';$$

$$n_1^* = \frac{n_2' - n_1}{n_1 - n_2}\left(n_1'' - n_2''\right) + n_2'';$$

$$n_2^* = \frac{n_2' - n_2}{n_1 - n_2}\left(n_1'' - n_2''\right) + n_2''.$$

Данный алгоритм позволяет обеспечить автоматическую коррекцию параметров рабочего фильтра цветности непосредственно

---

* *Беляев А.Ю.* Повышение помехоустойчивости в оптико-электронных устройствах цветовой сегментации изображений // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации: Сб. материалов 5-й Междунар. конф. Курск, 2001. С.123-124.

в процессе видеосъемки при изменении условий освещения. С этой целью в процессе работы были созданы алгоритмы селекции изменений цветового охвата, вызванные влиянием вариаций освещения и непосредственно изменением содержания исследуемого изображения.

Из изложенного следует, что способность системы селектировать объекты с минимальными цветовыми отличиями определяется порогами цветоразличения конкретного формирователя сигналов изображения. В связи с этим в процессе работы были определены пороги цветоразличения $\Delta r_{\min}$ для преобразователей на ПЗС и зависимость $\Delta r_{\min}(m, n)$. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании многоспектральных систем оптического мониторинга.

Выводы

1. Учитывая, что первостепенное значение для эффективной борьбы с поражением леса насекомыми и другими вредителями имеют новые технологии мониторинга лесных экосистем, создано программное обеспечение, предназначенное для реализации в оптико-телевизионных устройствах мониторинга.

2. Предложены алгоритмы селекции изменений цветового охвата изображения, вызванные влиянием вариаций освещения и непосредственно изменением содержания исследуемого изображения. Разработано аппаратно-программное обеспечение помехоустойчивых оптико-электронных систем мониторинга. Создана новая технология мониторинга в полуавтоматическом режиме работы анализаторов в реальном времени, что открывает новые возможности контроля состояния леса и прогнозирования развития ситуаций в процессе повреждения лесных массивов.

3. Разработаны принципы построения устройств обработки сигналов и программа проведения модельного эксперимента, а также выполнены исследования адаптивного к изменению спектрального состава источника освещения алгоритма селекции участков изображения заданной цветности, которые подтвердили перспективность создания аппаратуры на базе разработанных принципов и применения ее для мониторинга лесных массивов.