

В. Ф. МОЧАЛОВ

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЁМКИ

Представлено обобщенное описание комплексной модели процесса оценивания состояния растительности, и приведен пример реализации автоматизированной обработки материалов мультиспектральной космической съёмки с использованием данной модели. Рассматриваются операции сбора исходных данных, идентификации и оценивания состояния элементов ландшафта. При этом моделирование основано на обобщенной технологии учёта развивающейся ситуации при её управленческой интерпретации.

Введение. Оценивание состояния растительности на основе обработки материалов мультиспектральной аэрокосмической съёмки является одним из важных направлений регулярного информационного обеспечения пространственными данными органов управления различного уровня для принятия обоснованных управленческих решений. Осуществление процесса оценивания состояния растительности в автоматизированном режиме предусматривает последовательное выполнение операций идентификации элементов ландшафта и дальнейшего определения их свойств, имеющих практическую значимость при решении актуальных прикладных задач. Операции идентификации и оценивания элементов ландшафта при использовании в качестве входных данных материалы мультиспектральной съёмки предполагают наличие спектрально-яркостных формализованных признаков, которые, в свою очередь, формируются в рамках выполнения операции сбора исходных данных. Признаки для выполнения указанных выше операций разрабатываются на основе анализа спектрально-яркостных отражательных и излучательных характеристик элементов ландшафта с учетом видового состава, состояния и фенологических фаз развития растительности в условиях метеорологической изменчивости [1]. Таким образом, с точки зрения системного анализа и моделирования сложных систем процесс оценивания состояния растительности предполагает моделирование и выполнение упорядоченной совокупности операций сбора исходных данных, идентификации элементов ландшафта и оценивания их состояния. При этом проблемными вопросами становятся системное представление в модели выполняемых операций в рамках конкретной предметной области и дальнейшая интерпретация различных аспектов как моделируемого процесса, так самой модели. Предлагаемый доклад посвящен вопросам анализа процесса оценивания состояния растительности на основе моделирования операций обработки материалов мультиспектральной съёмки.

Обобщенное описание модели. Для идентификации и оценивания состояния растительности привлекаются материалы аэрокосмической съёмки, имеющие энергетическую калибровку и пространственную привязку не менее чем в десяти спектральных каналах видимого и ближнего инфракрасного диапазонов спектра. С учетом состояния атмосферы определяется коэффициент спектральной яркости (КСЯ) для каждого элемента ландшафта (растительности), который является основной физической величиной, зависящей от вида и состояния растительности. Вместе с тем измеряемая физическая величина в общем случае не зависит от наименования съёмочной аппаратуры, включая аппаратуру для наземных измерений. В рамках операции сбора исходных данных выбираются опорные объекты (участки) с известными характеристиками растительных сообществ. На основе анализа коэффициентов спектральной яркости формируются спектрально-яркостные признаки, которые применяются при автоматизированном выполнении операций идентификации и оценивания свойств элементов ландшафта на всей контролируемой территории. Таким образом, основной задачей является разработка модели процесса оценивания естественного объекта с учетом описания взаимодействия объекта-модели, объекта-оригинала в условиях постоянно развивающейся во времени ситуации [2]. При этом в качестве объекта-оригинала предлагается принимать территории опорных объектов с известными характеристиками растительных сообществ и измеренными отражательными и излучательными характеристиками, а в качестве объекта-модели – территорию участка местности, на которой осуществляется оценивание

состояния растительности. Исходя из принятых допущений, цель моделируемого процесса будет состоять в минимизации субъектом (экспертом) «невязки», возникающей между объектом-оригиналом (опорным объектом) и объектом-моделью (участком местности с оцениваемой растительностью) в ходе естественного развития или в условиях антропогенного воздействия путем постоянной адаптации модели под изменения, происходящие как в объекте-оригинале, так и в среде. Например, субъект вправе изменять перечень оцениваемых показателей, как для объекта-оригинала, так и для объекта-модели или корректировать методики, алгоритмы идентификации и оценивания состояния растительных сообществ и/или привлекаемые признаки. При этом обеспечивается периодическое максимально полное оценивание состояние растительности на выбранном участке (объекте-модели) с учетом их допустимого отклонения от опорных данных на объекте-оригинале.

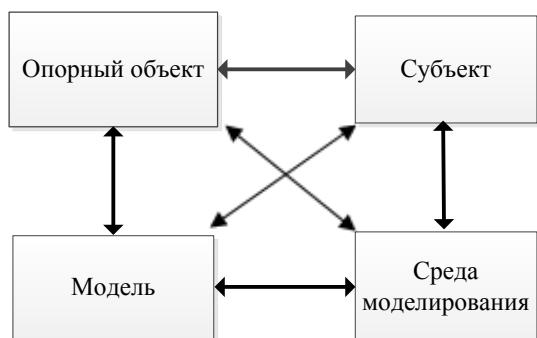


Рис.1. Формализованная субъект-объектная модель процесса моделирования

В докладе проведена адаптация обобщенной технологии системного моделирования [2] в части формализованного описания субъект-объектной модели процесса моделирования применительно к исследуемой предметной области (рис. 1). Адаптация процесса моделирования проведена в направлении уточнения понятий объекта-оригинала и объекта-модели для каждой операции в рамках рассматриваемого процесса.

В таблице представлено описание элементов объекта-оригинала (опорного объекта), объекта-модели, среды моделирования и решений субъекта при выполнении операций формирования исходных данных, идентификации и оценивания состояния растительности. При моделировании применялась управленческая интерпретация

развивающейся непрерывно ситуации оценивания состояния растительности [2].

Таблица

Характеристики основных элементов субъектно-объектной модели

Условное наименование операции	Модель	Опорный объект	Субъект	Среда моделирования
Сбор исходных данных	Измеряемое множество КСЯ растительных сообществ в контролируемых состояниях и внешних условиях	Известное множество КСЯ известных видов растительных сообществ в известном состоянии в контролируемых условиях	Перечень опорных и моделируемых объектов для идентификации растительных сообществ и оцениваемых характеристик	Метеоусловия, фенологическая фаза развития растений, вид и уровень антропогенного воздействия
Идентификация видов растительных сообществ	Идентифицируемый вид растительного сообщества	Известный вид растительного сообщества	Перечень опорных и моделируемых объектов, признаки идентификации, алгоритмы, методы	Метеоусловия, фенологическая фаза развития растений, вид и уровень воздействия
Оценивание состояния растительных сообществ	Результаты оценивания состояния растительного сообщества	Известное состояние растительного сообщества	Перечень опорных и моделируемых объектов, признаки оценивания, алгоритмы, методы	Метеоусловия, фенологическая фаза развития растений, вид и уровень антропогенного воздействия

Пример реализации. Моделирование рассматриваемого процесса применялось при сборе исходных данных и идентификации видов растительных сообществ тундры (рис. 2) [3]. В ходе наземных обследований были выбраны опорные объекты и проведены измерения КСЯ известных видов растительных сообществ.



Рис. 2. Операции сбора исходных данных и идентификации видов растительных сообществ тундры: а) – опорные объекты, цифрами в контурах обозначены известные виды растительных сообществ; б) – сбор исходных данных, измерение коэффициентов спектральной яркости известных видов растительных сообществ; в) – результат автоматизированной идентификации выбранных видов растительных сообществ по материалам мультиспектральной космической съемки с учетом сформированных признаков

Операция оценивания состояния растительности тундры осуществляется аналогично. При этом в качестве основного вида неблагоприятного воздействия может рассматриваться активный (контролируемый на опорных участках) выпас северных оленей. Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности регулярного систематического повторного оценивания состояния растительности с учетом повышения эффективности моделирования.

Заключение. Представлен подход моделирования и примеры практической реализации процесса оценивания состояния растительности при выполнении ключевых операций, принятых в технологии обработки материалов мультиспектральной аэрокосмической съемки. Системное моделируемых рассматриваемых операций позволит не только обеспечить регулярное эффективное оценивание состояния различных видов растительных сообществ, но и сосредоточить должное внимание совершенствованию операций сбора исходных данных, идентификации и оценивания состояния элементов ландшафта. Перспективным является возможность обоснованного учета показателей ресурсоемкости, оперативности и результативности моделирования рассматриваемого процесса и составляющих его операций.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при частичной финансовой поддержке в рамках бюджетной темы №№0073–2019–0004 и проекта «Инновационные информационные технологии для анализа негативного воздействия на леса приграничного региона (KS1309 InnoForestView)» Программы приграничного сотрудничества «Россия – Юго-Восточная Финляндия 2014–2020».

ЛИТЕРАТУРА

1. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2010. 560 с.
2. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. М.: РАН, 2018. 314 с.
3. Mochalov V., Grigorieva O., Zelentsov V., Markov A., Ivanets M. Intelligent Technologies and Methods of Tundra Vegetation Properties Detection Using Satellite Multispectral Imagery In: Advances in Intelligent Systems and Computing. ISSN 2194-5357, 234-243, Springer (2019)

V.F. Mochalov (St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg)

Simulation of the Vegetation State Assessment Process on the Basis of Processing Materials of Multispectral Surveys

A generalized description of a complex model of the vegetation state assessing process is presented, and an example of the implementation of automated processing of multispectral space imagery materials using this model is given. Operations of collection of initial data, identification and assessment of the state of landscape elements are considered. At the same time, modeling is based on a generalized technology taking into account the developing situation in its managerial interpretation.