В.А.Головко, Т.В.Кондранин
Московский физико-технический институт

УДК 338.5

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В результате дистанционного зондирования экологических систем синологического и регионального масштабов, полученных спутниковыми средствами, сформирована компьютерная база данных, проведено научно-методическое обоснование, формализация и разработка новой теоретической модели количественных оценок динамики развития экологических систем с использованием в качестве исходных данных временных рядов наблюдений природных объектов космическими средствами, разработаны алгоритм и программная реализация, проведена апробация модели на тестовых полигонах, обеспеченных статистически достаточным набором данных спутниковых и наземных наблюдений. На основе проведенных исследований проведена адаптация модели для решения прогностических задач развития региональных экосистем применительно к спутниковым данным высокой информативности.

Theoretical model of quantitative assessment of the progressive development of the ecosystems with the application of time series of remote sensing satellite recordings.
As a result of the ecosystems' remote sensing of synological and regional scale, received by satellites, there has been formed the computer database, has been made the scientifically acknowledged model validation, has been carried out the formalization and has been created the new theoretical model of quantitative assessment of the progressive development of ecological systems, which use the time series observations of natural objects made by the special space equipment as the basic data, there have been worked out the pattern generation algorithm and the software support of the model; the model was approved on a test polygons, supplied with a sufficient number of satellite and ground-based observation recordings. On the basis of this research the model was adapted for the solution of the prognostic tasks of the development of the regional ecosystems in conformity with the highly informative satellite recordings.

Работа выполнена в 2001 г. в рамках проекта «Модель прогнозирования развития региональных экосистем по данным наблюдений космическими аппаратами нового поколения». В соответствии с техническим заданием основные направления работы были посвящены решению следующих задач:

- Формирование статистически обеспеченной компьютерной базы данных по дистанционному зондированию экологических систем синоптического и регионального масштабов, полученных отечественными и новейшими зарубежными спутниковыми средствами.

• Научно-методическое обоснование, формализация и разработка новой теоретической модели количественных оценок динамики развития экологических систем с использованием в качестве исходных данных временны́х рядов наблюдений природных объектов космическими средствами в различных каналах электромагнитного спектра.

• Разработка алгоритмов, их программная реализация, апробация модели на тестовых полигонах, обеспеченных статистически достаточным набором данных спутниковых и наземных наблюдений.

• Адаптация модели для решения прогностических задач развития региональных экосистем применительно к спутниковым данным высокой информативности, получаемым новейшей многофункциональной аппаратурой дистанционного зондирования на основе спектрорадиометра среднего пространственного разрешения MODIS, установленного на космических системах нового поколения EOS.

Подавляющее большинство научных исследований и технологий использования данных дистанционного зондирования в интересах различных отраслей народного хозяйства, в том числе и экологии, направлены на повышение информативности при оценке текущего состояния природных или техногенных объектов на поверхности земли. Наша работа ориентирована на обоснование и разработку подходов для количественного описания особенностей и закономерностей временно́й изменчивости состояния природных объектов (информативные интегральные признаки) и выявлению корреляции таких изменений с результатами статистически репрезентативных данных наблюдений соответствующих объектов с помощью различных космических средств. Решение такой задачи имеет как самостоятельное теоретическое значение, так и большую практическую значимость, поскольку позволит получать объективные прогностические оценки динамики развития экосистем.

Для реализации предлагаемого информационно-статистического подхода принципиальным является наличие для каждого конкретного полигона (экосистемы) достаточного количества данных дистанционного зондирования (временны́х рядов наблюдений, полученных как отечественными, так и новейшими зарубежными спутниковыми системами).

На уровне физического описания основным требованием к разрабатываемой модели является полнота учета факторов и механизмов, возможность учета аномальных отклонений, проявляющихся, например, как стихийные природные бедствия и их последствия, и устойчивых достоверных корреляционных связей (информативных признаков) состояния региональной экосистемы (индикаторов) с данными регулярных спутниковых и наземных наблюдений.

С математической точки зрения в предлагаемой модели экологическая система характеризуется обобщенным вектором состояния (ОВС), компонентами которого являются статистические характеристики основных физических параметров конкретной системы: растительные сообщества, гидрологическая сеть, антропогенные факторы и т.п. Математическая реализация модели основана на применении аппарата описания нестационарных случайных процессов в терминах характеристических функций, связанных с ОВС. Разработан комплекс специальных программ, позволяющих рассчитывать пространственно-временну́ю изменчивость ОВС рассматриваемой экологической системы, проводить классификацию объектов природной среды с использованием в качестве исходных специализированных (прошедших предварительную обработку) баз данных по временны́м рядам многолетних спутниковых наблюдений яркостных сцен конкретной региональной экосистемы в различных диапазонах электромагнитного спектра, а также наземных обследований системы и отдельных ее элементов.

Для определения границ применимости модели и оценки ее достоверности было проведено тестирование путем вычислительных экспериментов по конкретным региональным экосистемам, представленным репрезентативными данными геоботаниче-

ского, морфологического и топогеодезического описания территории и регулярными многоспектральными данными космического дистанционного зондирования различного пространственного разрешения.

В настоящее время наиболее полные открытые многоспектральные (цифровые) изображения территории России (в том числе и временные ряды) получены отечественной спутниковой системой «Ресурс-О» с использованием сканирующих радиометров МСУ-Э и МСУ-СК. Аналогичные измерительные средства запланированы для установки на Российском спутнике «Метеор-3М», который готовится к запуску в ближайшее время.

Серьезные перспективы получения регулярных данных дистанционного зондирования связаны с развертываемой в настоящее время международной многофункциональной космической системой EOS (Earth Observing System). Первый спутник этой серии EOS-AM (Terra) запущен в декабре 1999 г., следующий спутник EOS-PM (Aqua) планируется к запуску в конце 2001 г. Спутники системы EOS оснащены новейшей аппаратурой, позволяющей получать информацию более высокого качества, чем другие существующие системы.