

## Автоматизированная технология динамического картографирования для систем дистанционного мониторинга

© 2009. В.П. Савиных, д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор, Московский государственный университет геодезии и картографии, e-mail: vp@miigaik.ru

В статье обсуждается технология динамического картографирования, разработанная ГУ ЦПАМ «Аэрокосмос». Технология использует методы многоуровневой классификации на основе структурно-пространственной модели, что позволяет максимально использовать преимущества различных алгоритмов тематического дешифрирования изображений при существенном сокращении объема вычислений.

The article deals with dynamic mapping technology worked out by SD CPAM «Aerocosmos». The technology uses methods of multilevel classification on the basis of structure-space model. This allows using different thematic images decryption algorithms to the maximum, with considerably reduced calculus volume

Ключевые слова: динамическое картографирование, дистанционный мониторинг, многоуровневая классификация, зонирование

Key words: dynamic mapping, remote monitoring, multilevel classification, zoning

В последние годы информация, полученная на основе спутниковых данных, всё активнее используется для решения различных научных и прикладных задач в интересах охраны окружающей среды и рационального природопользования. Такая информация постоянно применяется в различных специализированных информационных системах, которые создаются для решения конкретных прикладных задач и используют упрощенные процедуры обработки и представления данных.

Анализ существующих систем показал, что, обеспечивая решение отдельных прикладных задач, они имеют ряд существенных недостатков:

- низкий уровень автоматизации процессов тематического дешифрирования;
- небольшое число автоматизированно идентифицируемых классов объектов растительного покрова и грунтов;
- отсутствие технологических решений, обеспечивающих получение взаимосогласованных картографических продуктов в виде масштабных и временных рядов тематических изображений;
- отсутствие технологических решений, обеспечивающих получение карт динамики растительного покрова и грунтов.

Для решения отмеченных выше проблем Государственным учреждением «Научный центр проблем аэрокосмического мониторинга» (ЦПАМ «АЭРОКОСМОС») совместно со

специалистами Московского государственного университета геодезии и картографии, Московского государственного университета леса и ЗАО «Научно-технический центр «Реагент» была разработана технология динамического картографирования (ТДК). Работа выполнялась в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» (государственный контракт с Роснаукой по теме «Технологии оценки состояния и динамики растительных ресурсов наземных экосистем на основе дистанционного мониторинга», шифр 2007-5-2.5-16-01-002).

Технология динамического картографирования предназначена для реализации методов автоматизированного формирования серий разновременных тематических базовых продуктов по данным дистанционного зондирования различного разрешения и методов автоматизированного выявления и оценки изменений пространственного распределения растительного покрова и грунтов по временным сериям данных дистанционного мониторинга. Областью применения такой технологии является оценка состояния и динамики растительных ресурсов наземных экосистем на основе дистанционного мониторинга. Технология динамического картографирования поддерживает весь цикл от предварительной обработки данных и выявления изменений растительного покрова и грунтов до оформления

полученных результатов в согласованном виде выходной продукции.

В разработанной нами технологии динамического картографирования реализованы передовые, в том числе развитые при выполнении данной работы методы тематической обработки результатов, использующие современные методики, базирующиеся на использовании многоуровневой классификации.

Многоуровневая классификация на основе структурно-пространственной модели даёт возможность использовать информацию о пространственных особенностях объектов, представленных на изображениях. Применение тематической обработки с использованием структурно-пространственной модели исследуемых изображений позволяет организовать процесс тематического дешифрирования на основе многоуровневой классификации, использующей различные подходы и таким образом сформировать многоуровневый алгоритм, сочетающий в себе преимущества различных видов классификаторов. Важным преимуществом является то, что на каждом уровне в процесс классификации вовлекаются не все точки исследуемых изображений, а только те, которые относятся к соответствующему структурному элементу на полученной структурно-пространственной модели. Это позволяет существенно сократить объём вычислений и открывает возможности использования более сложных и эффективных алгоритмов классификации, применение которых для всего поля исследуемых изображений ограничивается большими объёмами вычислений. Ещё одним важным преимуществом разработанного подхода является возможность использования на каждом уровне своего набора классификационных признаков, наиболее эффективным для тематического дешифрирования этого элемента пространственной структуры. Расчёт этих признаков также осуществляется только для соответствующих точек полученной пространственной структуры, что существенно сокращает вычислительные затраты.

Использование практических методик тематического дешифрирования растительного покрова и грунтов на основе структурно-пространственной модели открывает следующие возможности повышения вероятности правильного распознавания тематических объектов при решении задач интерпретации изображений со сложной пространственной структурой:

- выбор разных видов классификаторов, оптимальных для тематической сегментации определённого структурного элемента;

- выбор оптимального подмножества классификационных признаков для каждого структурного элемента;

- использование более сложных и эффективных алгоритмов классификации.

Разработанная технология поддерживает следующие основные виды функциональной деятельности.

1. Получение на основе данных дистанционного зондирования тематических изображений, содержащих информацию о пространственном распределении видов растительного покрова и грунтов.

2. Получение на основе данных дистанционного зондирования тематических изображений, содержащих информацию о пространственном распределении классов растительного покрова, дифференцированных по качественным и количественным характеристикам состояния (получение качественных и количественных характеристик состояния растительности).

3. Получение на основе данных дистанционного зондирования временных рядов тематических изображений, для оценки динамики растительного покрова и использования в качестве входных данных процедур создания карт динамики.

4. Создание по данным дистанционного зондирования тематических карт динамики границ экосистем за определённый временной интервал.

5. Создание по данным дистанционного зондирования тематических карт, содержащих информацию о пространственном распределении видов растительного покрова и грунтов.

6. Создание по данным дистанционного зондирования тематических карт, содержащих информацию о пространственном распределении классов растительного покрова, дифференцированных по качественным и количественным характеристикам состояния.

Результаты применения технологии формируются и размещаются в базе данных в виде GeoTiff и Shp файлов.

Для применения технологии динамического картографирования необходимыми информационными ресурсами являются:

- данные многозональной или гиперспектральной съёмки территории интереса (требуемый набор зон – зоны видимого, ближнего и среднего ИК-диапазона);
- набор априорных данных, необходимых для формирования «обучающих» участков классов объектов. В качестве априорных данных могут использоваться картографические материалы на территорию инте-

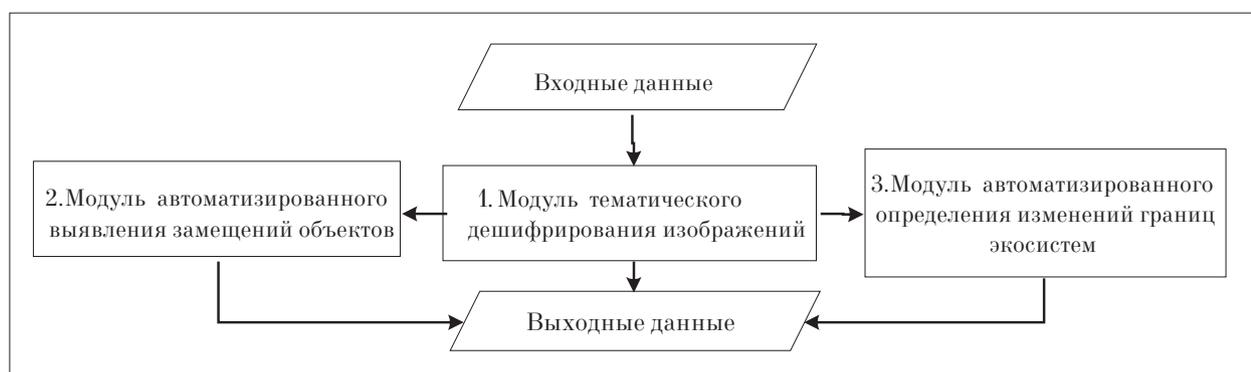


Рис. 1. Структурная схема АРМ технологии динамического картографирования

реса, текстовые описания результатов полевых исследований территории интереса, ранее созданные файлы геопривязанных «обучающих» участков, хранящиеся в базе геоданных.

Структурная схема автоматизированного рабочего места ТДК показана на рис. 1.

**Входные данные технологии** – файлы (GeoTiff, Img) или временные серии файлов геометрически (географически) совмещённых многозональных изображений в графических форматах, обеспечивающих геопривязку данных.

**Выходные данные технологии** – файлы (GeoTiff, Img) или временные серии файлов тематических изображений:

- содержащих информацию о пространственном распределении видов растительного покрова и грунтов;
- содержащих информацию о пространственном распределении классов растительного покрова, дифференцированных по качественным и количественным характеристикам состояния;
- замещений растительного покрова и грунтов за определённый временной интервал;
- динамики границ экосистем за определённый временной интервал.

**Модуль тематического дешифрирования изображений** является важнейшей составной частью технологии динамического картографирования. В его функции входит:

- получение тематических изображений, содержащих информацию о пространственном распределении видов растительного покрова и грунтов;
- получение тематических изображений, содержащих информацию о пространственном распределении классов растительного покрова, дифференцированных по качественным и количественным характери-

кам состояния (получение качественных и количественных характеристик состояния растительности);

– получение временных рядов тематических изображений, для оценки динамики растительного покрова и использования в качестве входных данных процедур создания карт динамики.

Функцией **модуля автоматизированного выявления замещений объектов** является формирование тематических карт замещений растительного покрова и грунтов за определённый временной интервал.

**Модуль автоматизированного определения изменений границ экосистем** реализует формирование тематических карт динамики границ экосистем за определённый временной интервал.

В результате работы технологии обеспечивается идентификация следующих классов объектов:

1. Гидрография.
2. Застроенные территории.
3. Безлесье.
4. Мозаичный растительный покров.
5. Травянистая, лишайниковая, моховая (площадь покрытия не более 60%) полигональная.
6. Мохово-лишайниковая, карликовая полярная ива и берёза, болота низменные бугристые моховые и травяные (до 30%).
7. Кустарниковая (ива, ольха), карликовая берёза, кустарники, болота до 50%, горные тундры – кедровый стланик.
8. Отсутствие сплошного покрова в тундре.
9. Разрежённый древостой (высота 6-8 м).
10. Чередование тундры и редколесья.
11. Европейская лесотундра – берёзовое редколесье.
12. Азиатская лесотундра – лиственное редколесье.

13. Наземный покров – мхи, лишайники, травы.
14. Лес.
15. Болота.
16. Вырубки.
17. Сельскохозяйственные угодья.
18. Луг.
19. Гари.
20. Открытый грунт.
21. Лиственное редколесье.
22. Тёмнохвойные леса – еловые, пихтовые, кедровые.
23. Светлохвойные леса – сосновые, лиственные, кедровые.
24. Широколиственные леса.
25. Мелколиственные – берёза, ольха, осина.
26. Смешанные – хвойно-широколиственные, хвойно-мелколиственные.
27. Посадки леса.
28. Кустарники.
29. Пашни.
30. Сады.
31. Лесозащитные полосы.
32. Солончаки.
33. Участки песков.
34. Пастбища.
35. Песчаные пустыни.
36. Глинистые и щебенистые пустыни.
37. Древесно-кустарниковое редколесье.
38. Полукустарники.

Разработанная система классификации растительного покрова наземных экосистем учитывает географическую зональность природных регионов, степень детальности и охвата территории, получаемых тематических изображений, и обеспечивает создание взаимосогласованных масштабных рядов тематических изображений растительного покрова и грунтов.

Система автоматизированного формирования легенд в рамках ТДК обеспечивает согласование и сопоставимость легенд получаемых тематических карт на разных уровнях детальности в различных регионах.

В ТДК обеспечена возможность масштабирования (расширения) системы по всем параметрам (использование новых типов исходных данных, новых методов обработки, добавление новых показателей состояния и динамики).

Решена задача автоматизированного получения взаимосогласованных временных рядов тематических изображений растительного покрова и грунтов. Пример временного ряда тематических изображений участка

местности на пересечении Дмитровского, Сергиево-Посадского, Пушкинского административных районов Московской области показан на рис. 2-3 (смотрите цветную вкладку).

Реализовано формирование карт динамики, которые заменяют серии разновременных карт, показывают состояние растительного покрова и грунтов в разные моменты времени. Такие карты позволяют оценить динамику за избранный отрезок времени. Технология позволяет автоматически формировать карты динамики растительного покрова и других типов наземных экосистем двух видов:

- карты динамики, отображающие пространственное распределение участков замещений объектов за определённый период;
- карты динамики, совмещающих контуры объектов на разные даты.

На рис. 4-5 показаны примеры карт динамики участка территории Истринского района Московской области на интервал с 07.07.2001 по 30.05.2002 (смотрите цветную вкладку).

Разработанное программное обеспечение автоматизированной оценки динамики объектов и характеристик растительного покрова обеспечивает выявление участков изменений на площади не менее 100 га на уровнях пространственного охвата от национального до регионального, и на площади не менее 10 га на локальном уровне и выявление участков смещений границ наземных экосистем не менее 1000 метров на уровнях пространственного охвата от национального до регионального, и не менее 100 метров на локальном уровне.

Методическое, алгоритмическое и программное обеспечение базовой автоматизированной технологии динамического картографирования ориентировано на широкий круг применения в системах контроля и прогноза состояния окружающей среды, в лесном хозяйстве и лесной промышленности, сельском хозяйстве, гидрометеорологии и климатологии, при мониторинге чрезвычайных ситуаций и оценке их последствий.

В целом сравнительный анализ показывает, что разработанная технология динамического картографирования по своим функциональным возможностям и эффективности превосходит существующие системы обработки космических данных и находится на уровне современных мировых тенденций их развития.