



Генеральная Ассамблея

Distr.: General
14 August 2001

Russian
Original: English

**Комитет по использованию космического
пространства в мирных целях**

**Доклад о работе Практикума Организации
Объединенных Наций/Европейского космического
агентства/Комитета по исследованию космического
пространства по методам анализа данных
и обработки изображений**

(Дамаск, 25–29 марта 2001 года)

Содержание

	<i>Пункты</i>	<i>Стр.</i>
I. Введение	1–11	3
А. Предыстория и цели.	1–7	3
В. Организация и программа.	8–11	4
II. Резюме докладов.	12–54	4
А. Дистанционное зондирование и географические информационные системы: тематические исследования	12–23	4
1. Египет: моделирование окружающей среды западных пустынных районов на основе спутниковых данных	12–13	4
2. Ливийская Арабская Джамахирия: деградация и опустынивание земель	14–15	5
3. Саудовская Аравия: исследование водных ресурсов в Эль–Мадин Эль–Мунавара	16	5
4. Судан: ознакомление представителей директивных органов в развивающихся странах с возможностями использования технологии дистанционного зондирования	17–19	5
5. Сирийская Арабская Республика: картирование землепользования и определение факторов загрязнения в бассейне реки Эль–Авадж с помощью методов дистанционного зондирования	20–21	6

6.	Сирийская Арабская Республика: использование дистанционного зондирования применительно к сельскому хозяйству и земельным ресурсам	22–23	7
B.	Дистанционное зондирование и географические информационные системы: анализ данных и обработка изображений	24–43	7
1.	Обработка цифровых изображений	24–25	7
2.	Использование дистанционного зондирования и географических информационных систем для рационального управления природными ресурсами.	26–28	8
3.	Рациональное использование природных ресурсов на основе геоматики	29–31	8
4.	Линейное комбинаторное моделирование в целях картирования растительности на засушливых землях.	32–34	8
5.	Анализ текстурной классификации на основе одного снимка, полученного с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА).	35–36	9
6.	Комбинированная классификация снимка со спутника SPOT-XS на основе текстурной и многоспектральной информации.	37–42	9
7.	Значение и выборка геофизических параметров при изучении процессов на поверхности суши	43	10
C.	Применение дистанционного зондирования в метеорологии.	44–47	10
	Обзор систем эксплуатационных метеорологических спутников на геостационарной и полярной орбитах.	44–47	10
D.	Цифровая фотограмметрия с использованием персональных компьютеров	48–51	11
E.	Практическое применение дистанционного зондирования и географических информационных систем Генеральной организацией по дистанционному зондированию	52–54	12

I. Введение

A. Предыстория и цели

1. Третья Конференция Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (ЮНИСПЕЙС–III), в частности в своей Венской декларации о космической деятельности и развитии человеческого общества, рекомендовала Программе Организации Объединенных Наций по применению космической техники поощрять совместное участие государств–членов в космической деятельности как на региональном, так и на международном уровне, делая упор на развитии знаний и навыков в развивающихся странах¹.

2. На своей сорок третьей сессии в 2000 году Комитет по использованию космического пространства в мирных целях одобрил запланированную на 2001 год программу практикумов, учебных курсов, симпозиумов и конференций². Впоследствии Генеральная Ассамблея в своей резолюции 55/122 от 8 декабря 2000 года одобрила Программу Организации Объединенных Наций по применению космической техники на 2001 год.

3. Во исполнение резолюции 55/122 и в соответствии с рекомендацией ЮНИСПЕЙС–III Организация Объединенных Наций, Европейское космическое агентство (ЕКА), Комитет по исследованию космического пространства (КОСПАР) и правительство Сирийской Арабской Республики организовали на базе Генеральной организации по дистанционному зондированию (ГОДЗ) в Дамаске 25–29 марта 2001 года Практикум Организации Объединенных Наций/ЕКА/КОСПАР по методам анализа данных и обработки изображений. Принимающей стороной практикума от имени правительства Сирийской Арабской Республики выступала ГОДЗ.

4. Главная цель практикума состояла в том, чтобы предоставить возможность для обмена информацией инженерам, преподавателям и ученым, занимающимся вопросами получения, анализа и интерпретации спутниковых данных. Хотя спутниковые данные находят научно–техническое применение в самых различных областях, включая экологический мониторинг, астрономию, метеорологию и дистанционное зондирование, однако по существу

применяются одни и те же основные методы обработки спутниковых данных с помощью соответствующих программных средств. Практикум был посвящен методам анализа данных и обработки изображений, с тем чтобы расширить круг ученых и инженеров в развивающихся странах, которые могли бы использовать существующие в мире обширные банки таких данных.

5. Практикум позволил обмениваться идеями инженерам и ученым, занимающимся генерацией спутниковых данных для различных научно–технических прикладных программ, и специалистам, особенно из развивающихся стран, участвующим в обеспечении доступа к спутниковым данным и в их обработке, анализе и интерпретации для использования в научных исследованиях и прикладных программах в рамках их специализации. Участники практикума были всесторонне ознакомлены с имеющимися средствами доступа, анализа и интерпретации данных, получаемых системами сбора цифровой информации, для различных прикладных, учебно–образовательных и научных целей. Представленные базовые и усовершенствованные принципы и методы были проиллюстрированы взятыми из повседневной практики примерами операций по получению, анализу и интерпретации данных. Практикум способствовал также общению между пользователями, обладающими обширным опытом в области производства и использования систем программного обеспечения, по вопросам управления данными в таких областях, как дистанционное зондирование, географические информационные системы (ГИС) и фотограмметрия, и по вопросам их применения в целях рационального использования природных ресурсов, особенно для мониторинга водных ресурсов, опустынивания, землепользования, загрязнения окружающей среды и изменений экосистемы в засушливых зонах.

6. Практикум дал также возможность приступить к подготовке следующего практикума данной серии, который будет проведен правительством Нигерии, предпочтительно на базе Африканского регионального учебного центра космической науки и техники (обучение на английском языке) в Иле–Ифе, Нигерия, в 2002 году.

7. Настоящий доклад подготовлен для представления Научно–техническому подкомитету Комитета

по использованию космического пространства в мирных целях на его тридцать девятой сессии в 2002 году. Участники практикума доложили соответствующим органам правительств своих стран и руководству своих университетов и институтов о приобретенных ими знаниях и проделанной в ходе практикума работе. Ряд представленных на практикуме докладов будет опубликован в издании *Seminars of the United Nations Programme on Space Applications: Selected Papers from Activities Held in 2001* (Семинары Программы Организации Объединенных Наций по применению космической техники: подборка докладов в рамках мероприятий, проведенных в 2001 году) (ST/SPACE/7).

В. Организация и программа

8. Практикум проходил на базе ГОДЗ в Дамаске с 25 по 29 марта 2001 года. В его работе приняли участие 56 инженеров, преподавателей и ученых из 15 стран: Австрия, Алжир, Германия, Египет, Индия, Иордания, Йемен, Ливан, Ливийская Арабская Джамахирия, Марокко, Нигерия, Саудовская Аравия, Сирийская Арабская Республика, Судан и Тунис, а также представители Организации Объединенных Наций и ЕКА.

9. Организация Объединенных Наций и ЕКА обеспечили финансовую поддержку для покрытия расходов на международные авиабилеты и проживание 20 участников из развивающихся стран. Жилье, питание и местный транспорт для тех же участников, а также необходимые для проведения практикума помещения и оборудование были предоставлены ГОДЗ.

10. Программа практикума была разработана совместно Управлением по вопросам космического пространства, ГОДЗ, ЕКА и КОСПАР. Представленные на практикуме доклады были посвящены методам анализа данных и обработки изображений применительно к таким областям, как дистанционное зондирование, метеорология и науки о космосе. Была представлена также информация по вопросам получения, интерпретации и архивирования спутниковых данных и были продемонстрированы соответствующие программные средства.

11. На открытии практикума выступили представители ГОДЗ, Управления по вопросам космического пространства и ЕКА.

II. Резюме докладов

А. Дистанционное зондирование и географические информационные системы: тематические исследования

1. Египет: моделирование окружающей среды западных пустынных районов на основе спутниковых данных

12. Было сообщено о том, что Египет приступил к осуществлению широкомасштабного проекта по освоению земель в западных пустынных районах страны, являющихся частью великой африканской пустыни. Проект "Тошка" предусматривает использование водных ресурсов Нила для освоения пустынных земель. Этот проект предусматривает также сельскохозяйственную деятельность, связанную с мелиорацией земель, возделыванием различных культур и производством продовольствия, а также развитие агропромышленности, жилищного строительства, транспорта и различных видов энергоснабжения. Пока отсутствует необходимое документальное обоснование и понимание того, какое влияние на вышеуказанные виды деятельности оказывают климатические условия, однако засушливая среда и перемещение песчаных дюн способны в значительной мере повлиять на осуществимость и экономическую эффективность планируемых мероприятий. Создание связанных с климатом соответствующих условий прежде всего на основе надлежащего использования пассивных и природных средств, по-видимому, позволит улучшить условия жизни и обеспечит значительную экономию средств по реализации данного проекта. Однако такая деятельность должна основываться на достоверных и надежно проверенных данных об окружающей среде, которые можно было бы использовать в целях проектирования, мониторинга и оценки.

13. В представленном докладе было изложено предложение использовать спутниковые данные для построения ряда взаимосвязанных моделей окружающей среды/климата с разными уровнями

детализации, которые можно было бы использовать для вышеупомянутых различных видов деятельности. Предусматривается составление макроклиматических, мезоклиматических и выборочных микроклиматических моделей. Основными элементами для построения моделей являются карты на основе цифровых космоснимков и базы метеорологических данных. Кроме того, для целей анализа и моделирования используется ряд аэродинамических показателей, позволяющих рассчитывать скорость ветра у поверхности земли и погодные условия в отдельных местах. Для повышения применимости и удобства для пользователей при представлении результатов моделирования широко используются современные методы визуализации данных. Значительное внимание в рамках предлагаемого проекта уделяется координации усилий с другими организациями и учреждениями, работающими в таких смежных областях, как борьба с опустыниванием, метеорология, сельское хозяйство, архитектура, археология, дистанционное зондирование и энергетика.

2. Ливийская Арабская Джамахирия: деградация и опустынивание земель

14. В представленном докладе было сообщено об имеющейся информации о процессах, вызывающих и влияющих на деградацию и опустынивание земель в Ливийской Арабской Джамахирии, при этом особое внимание было уделено прибрежной зоне Средиземного моря – потенциальному району для развития сельского хозяйства, в котором проживает более чем три четверти населения страны. На протяжении последних четырех десятилетий страна принимала меры по сдерживанию опустынивания и эта работа должна обязательно продолжаться. В докладе было сообщено также о применении дистанционного зондирования и ГИС для изучения деградации почвы в северо-западных районах страны. Было отмечено, что нехватка воды (аридность), перетравливание и перевод пастбищных угодий под неорошаемое земледелие ведут к ухудшению состояния природного растительного покрова (снижение биологической продуктивности и зарастание новыми видами) и вызывает ветровую и водную эрозию. Усиление эксплуатации людьми ограниченных подземных водоносных горизонтов ведет к притоку морской воды в прибрежную зону.

15. Что касается орошаемых площадей, то в результате чрезмерного полива и неэффективного дренажа происходит заболачивание и вторичное засоление. В 1997 году Ливийский центр по дистанционному зондированию и космическим наукам провел в качестве экспериментального проекта мониторинговые исследования в районе Эль-Витиа, в результате которых была выявлена серьезная деградация природных ресурсов на естественных пастбищах в прибрежной зоне (за десятилетний период с 1986 года по 1996 год произошло сокращение растительного покрова на 52 процента и увеличение площади песчаных дюн на 227 процентов). Для сдерживания процесса опустынивания в течение последних десятилетий принимаются многочисленные меры, в том числе связанные с освоением и охраной водных ресурсов, противодействием ветровой и водной эрозии, проведением земельной реформы, мелиорацией и освоением земель, а также с решением ряда социальных и правовых вопросов. Некоторые из опробованных в прошлом и применяемых в настоящее время мер по сдерживанию опустынивания увенчались успехом, тогда как другие оказались неэффективными. В этой связи для обеспечения ясных перспектив осуществления программ в будущем необходимо проанализировать эти меры. В докладе было особо указано также на важность внесения изменений в политику в области водных ресурсов, учитывая растущий дефицит воды в стране, а также на роль исследований, обучения и подготовки кадров для обеспечения более эффективной борьбы с опустыниванием и деградацией земель.

3. Саудовская Аравия: исследование водных ресурсов в Эль-Мадина Эль-Мунавара

16. Основная цель представленного исследования состояла в оценке водных ресурсов в городе Эль-Мадина Эль-Мунавара и его окрестностях в рамках поиска дополнительных запасов подземных вод для удовлетворения растущих потребностей в питьевой воде. Для изучения геологических характеристик района была проведена обработка спутниковых снимков, включая снимки, полученные с помощью тематического картографа (TM) на спутнике Landsat-5, а также со спутника SPOT. Для подробного исследования топографии систем водостока были подготовлены и использовались трехмерные изображения. Наряду с геофизическими съемками,

включая магнитную разведку и исследование удельного сопротивления, проводилось пробное выкачивание воды из ряда имеющихся в этом районе колодцев. Эти мероприятия проводились с целью установить глубину основания и, следовательно, толщину осадочного слоя, а также глубину залегания и размеры водоносных горизонтов. Было осуществлено также математическое моделирование с целью определить нынешний и будущий потенциал водоносных горизонтов. В охваченном исследованием районе был определен ряд мест, в которых потенциально должна иметься питьевая вода и которые могут быть использованы для удовлетворения растущих потребностей в такой воде. Частичную поддержку этому проекту оказало Управление водных ресурсов Эль-Мадина Эль-Мунавара.

4. Судан: ознакомление представителей директивных органов в развивающихся странах с возможностями использования технологии дистанционного зондирования

17. Судан, площадь которого составляет 2,5 млн. квадратных километров, является крупнейшей страной в Африке, которая характеризуется разнообразием климатических зон и природных ресурсов. Использование этих ресурсов для такой развивающейся страны, как Судан, может являться весьма трудной задачей, поскольку основой процесса развития являются соответствующие технологии. Необходимость использования технологий определяет важность освоения дистанционного зондирования – одной из широко используемых передовых технологий. На местном, региональном и глобальном уровнях быстро растут потребности стран в земных ресурсах. Такое положение требует рационального управления этими ресурсами, которое может быть обеспечено с помощью дистанционного зондирования.

18. Цель исследования состояла в том, чтобы ознакомить представителей директивных органов в развивающихся странах, и особенно в Судане, с потенциальными возможностями, которые предоставляет спутниковая техника для получения необходимой информации о возделывании сельскохозяйственных культур, землепользовании, морской и прибрежной окружающей среде, разведке полезных ископаемых и т.д., а также подчеркнуть важность таких данных для текущей и будущей

деятельности. Исследование продемонстрировало применимость и полезность данных дистанционного зондирования при решении различных вопросов, касающихся природных ресурсов и экологических аспектов, директивными и планирующими органами, руководителями, исследователями и т.д. Это исследование подтвердило необходимость использования технологии дистанционного зондирования такими развивающимися странами, как Судан, поскольку она является практичным средством для оперативного анализа, оценки и мониторинга окружающей среды и природных ресурсов. Использование результатов комплексного дистанционного зондирования в Судане в рамках исследовательской и прикладной деятельности и в сфере образования будет способствовать научно-техническому развитию страны. Благодаря применению дистанционного зондирования было установлено, что в 1997 году 18 процентов пастбищных угодий в полусухих центральных районах Судана были переведены в разряд возделываемых площадей, что привело к значительной деградации почвы. В результате проведенных в 1985 году исследований с помощью дистанционного зондирования в западной части плато Кордофан было установлено отсутствие какого-либо сдвига экологических зон к югу; границы между различными зонами растительности, по-видимому, остаются такими же, какими они были 80 лет назад.

19. По итогам исследования было рекомендовано представлять директивным органам информацию о полезности применения технологии дистанционного зондирования в сочетании с ГИС для целей планирования и развития в развивающихся странах таким образом, чтобы убеждать их в необходимости содействовать различным видам применения дистанционного зондирования. Большинство развивающихся стран лишены возможности использовать дистанционное зондирование. В этой связи было рекомендовано оказывать этим странам необходимую помощь в создании систем дистанционного зондирования.

5. Сирийская Арабская Республика: картирование землепользования и определение факторов загрязнения в бассейне реки Эль-Авадж с помощью методов дистанционного зондирования

20. Цель исследования состояла в обследовании экологического состояния бассейна реки Эль-Авадж

(считающейся одним из наиболее важных источников воды для Дамаска) с помощью методов дистанционного зондирования и ГИС. В рамках исследования основное внимание было уделено следующим вопросам:

а) составление карт растительности масштабом 1:100 000, отражающих плотность и распределение естественного и культурного растительного покрова в бассейне реки. При картографировании была показана также связь между наличием растительности и наличием речной воды в трех различных комбинациях;

б) составление карт землепользования масштабом 1:100 000, что позволило определить факторы загрязнения и другие факторы, отрицательно влияющие на состояние бассейна реки Эль-Авадж в целом.

21. На основе результатов этого исследования был представлен ряд рекомендаций и предложений, направленных на борьбу с загрязнением и на поддержание и охрану здоровья людей и окружающей среды в районе Дамаска.

6. Сирийская Арабская Республика: использование дистанционного зондирования применительно к сельскому хозяйству и земельным ресурсам

22. Было сообщено о том, что методы дистанционного зондирования играют весьма важную роль в сельскохозяйственных исследованиях и управлении земельными ресурсами. Материалы аэро- и космических съемок, получаемые с помощью электронной аппаратуры наблюдения или радиолокаторов, могут использоваться в этой области в качестве средств для выявления, мониторинга, оценки и картирования сельскохозяйственных угодий и земельных ресурсов. Некоторыми из этих направлений деятельности в Сирийской Арабской Республике занимается ГОДЗ. Были осуществлены следующие тематические исследования:

а) картирование землепользования в западных и южных районах страны;

б) картирование почвенно-земельного покрова;

в) почвенная съемка и классификация земель в западных районах;

д) мониторинг деградации почвы в отдельных районах;

е) оценка земельных ресурсов в северо-восточных районах;

ф) мониторинг и оценка пастбищных угодий в степных районах; и

г) картирование лесов в прибрежных горных районах Сирии.

23. Эти исследования продемонстрировали ценность дистанционного зондирования для решения таких прикладных задач и необходимость использования дистанционного зондирования в сочетании с ГИС для создания баз данных для управления сельским хозяйством и рационального использования земельных ресурсов.

В. Дистанционное зондирование и географические информационные системы: анализ данных и обработка изображений

1. Обработка цифровых изображений

24. Обработка цифровых изображений предусматривает преобразование и интерпретацию цифровых изображений, полученных с помощью дистанционного зондирования. В 1972 году Соединенными Штатами Америки был запущен спутник Landsat 1 и цифровая съемка стала широко использоваться в прикладных программах дистанционного зондирования Земли. Существуют различные источники материалов цифровой съемки: коммерческие спутниковые системы наблюдения Земли, метеорологические спутники, аэросъемочные сканирующие системы и системы цифровой аэросъемки. Для обработки и анализа данных из всех этих источников используются программные средства обработки цифровых изображений.

25. При обработке цифровых изображений часто используются процедуры, связанные со сложными математическими преобразованиями. Однако цель доклада состояла в том, чтобы изложить основные принципы обработки цифровых изображений. Обработка цифровых изображений включает в себя следующие этапы:

- a) ввод данных дистанционного зондирования;
- b) радиометрическая коррекция;
- c) геометрическая коррекция;
- d) улучшение качества изображений;
- e) классификация изображений;
- f) составление карты (для целей дальнейшей распечатки).

2. Использование дистанционного зондирования и географических информационных систем для рационального управления природными ресурсами

26. Было отмечено, что благодаря быстро прогрессирующей технологии дистанционного зондирования космосъемка стала источником весьма точных и современных пространственных данных, позволяющих производить картографирование и составлять тематические карты с разным уровнем детализации; эта технология позволяет применять различные типы цифровой обработки и осуществлять классификацию с высокой степенью точности.

27. Поскольку технология ГИС основывается на интеграции и многоуровневом подходе, охватывая прежде всего информатику, математику, планирование и науки о Земле, то дистанционное зондирование стало важным источником информации, необходимой для создания баз данных. Таким образом, дистанционное зондирование является основополагающим элементом в области применения ГИС и информационной технологии.

28. Технология ГИС, которая основывается на использовании компьютеров и прикладных программных средств, в настоящее время считается новой технологией для создания баз данных. Эти базы данных состоят из различных тематических карт с разным пространственным разрешением и разными атрибутивными физическими параметрами. Опираясь на обработку и анализ этих баз данных, принимаются решения и выбираются варианты, которые используются в процессе планирования и моделирования в интересах рационального использования природных ресурсов.

3. Рациональное использование природных ресурсов на основе геоматики

29. В докладе по этой теме был представлен обзор методов обработки изображений и анализа данных в целях рационального использования природных ресурсов на примере тематических исследований, касающихся картирования и таксации лесов и оценки почвенной эрозии.

30. Первое исследование касалось использования снимков тематического картографа на спутнике Landsat для составления лесных карт. Для выделения необходимой информации был принят подход, основанный на фотоинтерпретации. Использовались несколько методов обработки: геометрическая коррекция, контрастирование и классификация. Для составления окончательных карт использовались также экзогенные данные (существующие карты и полевые съемки).

31. Второй проект был связан с комбинированным использованием методов дистанционного зондирования и ГИС для составления карт вероятностей эрозии почвы. Основное внимание в докладе было уделено методам составления тематических карт (температуры, стока, почв, загрязнения и подверженности антропогенному воздействию, землепользования и индекса растительности), которые планируется использовать в сочетании с моделями оценки эрозии. Было указано также на значение ГИС для анализа данных и управления ими.

4. Линейное комбинаторное моделирование в целях картирования растительности на засушливых землях

32. Проблема картирования растительного покрова на засушливых землях состоит в том, что из-за малой густоты растительности в фоновых спектральных характеристиках каждого элемента изображения (пикселя) велика доля характеристик почв. Для подобной среды характерны комбинированные пиксели, поскольку растительный покров редко бывает сплошным, и поэтому большинство пикселей представляют собой комбинацию растительности, рыхлых отложений (почвы) и камней. Именно комбинированность пикселей и является основной причиной классификационных ошибок при анализе засушливых земель, поскольку техника классификации изображений предполагает однородность пикселей. К сожалению, это невозможно в случае

засушливых земель, где классы почвенно–растительного покрова характеризуются скорее непрерывностью, чем дискретностью. Кроме того, многие классы, которые обычно определяются как "город" или "обнаженные породы", часто являются спектрально–гетерогенными, поскольку представляют собой мозаику множества имеющих различные спектральные признаки материалов, а топография выходящих на поверхность пород влияет на вариацию оптической яркости. Такая внутриклассовая неоднородность обуславливает значительный уровень ошибок при идентификации классов, характеризуемых высокой дисперсией. Кроме того, карты растительности, составленные на основе классификации, не могут считаться объективными из-за влияния человеческого фактора, обусловленного необходимостью участия в таких высокоинтерактивных процессах, как определение спектральных классов.

33. Очевидно, что для картирования растительности в засушливых районах требуется метод, который: а) использует максимальный объем спектральной информации; б) учитывает тот факт, что большинство пикселей являются комбинированными; и с) обеспечивает нейтрализацию влияния атмосферных явлений, а также решение проблем, связанных с освещенностью и геометрией съемки. Всем этим условиям удовлетворяет линейно–комбинаторная модель, основанная на концепции спектральных характеристик.

34. В докладе были рассмотрены предположения, лежащие в основе линейного комбинирования, и было предложено линеаризованное решение проблемы комбинирования. Затем было сообщено о результатах использования этой процедуры применительно к ряду ТМ–изображений в целях составления различных карт исследуемого района.

5. Анализ текстурной классификации на основе одного снимка, полученного с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА)

35. В докладе по этой теме были сопоставлены два метода классификации. Первый из них предусматривает комбинированную классификацию на основе текстурной и радиометрической информации, а второй – лишь на основе радиометрической информации. Текстуальный анализ проводился на основе

матрицы смежности уровней серого (GLCM). С этой целью использовались такие элементы, как контраст, энтропия, гомогенность, корреляция, местная гомогенность, направленность и однородность.

36. Было продемонстрировано, что если дополнительно к радиометрической информации использовать текстурные параметры, то это значительно повышает степень точности классификации. Однако ни один из этих методов не позволяет проводить различие между целевыми объектами, расположенными в теневых зонах и в зонах, подверженных прямому воздействию радиолокационного сигнала. При использовании метода GLCM общая точность классификации составила 55 процентов, т.е. значительно превысила степень точности классификации на основе лишь радиометрических данных, которая составила 35 процентов. Этот результат можно улучшить, если устранить влияние макрорельефа, чтобы выделить микрорельеф, характеризующий текстурную информацию.

6. Комбинированная классификация снимка со спутника SPOT-XS на основе текстурной и многоспектральной информации

37. Текстуальный анализ играет важную роль в обработке и классификации изображений и в интерпретации данных дистанционного зондирования. Применение GLCM является одним из наиболее популярных статистических методов, используемых на практике для измерения текстурных данных по снимкам.

38. Цель исследования состояла в объединении текстурных и многоспектральных данных для проведения комбинированной классификации на основе снимка, полученного со спутника SPOT-XS.

39. На основе полуавтоматического подхода и процедур контролируемой классификации было проведено комбинированное картографирование территории по сделанному со спутника SPOT-XS снимку района Фоум Тиллишт в восточной части хребта Высокий Атлас в Марокко.

40. Объединение текстур на снимке SPOT-XS и спектральных признаков на этом же снимке позволило повысить точность контролируемой классификации и следовательно более четко различать структуры и геологические формации.

41. Включение в ГИС карт, составленных на основе существующих картографических данных, цифровой модели рельефа (ЦМР) и полученной информации, позволило провести геологическую инвентаризацию этого района и в значительной степени улучшить существующие карты.

42. Отраженная на снимке SPOT-XS текстура прямо связана с геоморфологическими особенностями и формой рельефа. С помощью метода наложения геологическая карта, составленная в ходе этого исследования, была представлена в виде гистограммы, образующей наглядную трехмерную модель, весьма полезную для геологов.

7. Значение и выборка геофизических параметров при изучении процессов на поверхности суши

43. Деятельность человека стала важным фактором, влияющим на функционирование земной системы. Климат, глобальные круговороты углерода и воды в природе и структура природных экосистем тесно связаны между собой. Серьезные изменения в любой из этих систем сказываются на других системах. Это обуславливает необходимость изучения и моделирования важных взаимодействий биологических, химических и физических процессов, которые определяют изменения в земной системе и в высшей степени чувствительны к антропогенным воздействиям. Наборы спутниковых данных предоставляют уникальную возможность производить выборку множества важных геофизических параметров. В процессе такой выборки важнейшее значение имеет понимание физической сути проблемы. В рамках представленного исследования была рассмотрена применимость спутниковых данных для оценки отражательной и излучательной способности поверхности, температуры поверхности и смежных физических параметров. Для вывода этих параметров использовались различные методологии. Соблюдение определенных алгоритмов позволило эффективно использовать спутниковые данные для оценки отражающей способности поверхности. Была предпринята попытка вывести коэффициенты узкополосного и широкополосного излучения. Была изучена также концепция расчета вегетационных индексов, которые используются для оценки излучательной способности поверхности. Измерение этих параметров позволяет судить о физической

температуре поверхности. На основе спутниковых данных была проведена также оценка эвапотранспирации — одного из важных компонентов водного и энергетического баланса. В целом усилия были направлены на то, чтобы оценить процессы на поверхности суши, в отношении которых невозможно проведение наземных измерений.

С. Применение дистанционного зондирования в метеорологии

Обзор систем эксплуатационных метеорологических спутников на геостационарной и полярной орбитах

44. Было отмечено, что на протяжении последних двух десятилетий на околоземных орбитах находится множество эксплуатационных метеорологических спутников, обеспечивающих поступление ценнейших данных, используемых в оперативной метеорологии и многих других дисциплинах. Международная сеть спутников, размещенных над экватором на геостационарной орбите, круглосуточно через каждые полчаса предоставляет снимки районов в средних широтах и тропиках. Существуют также системы спутников на более низких полярных орбитах, которые обращаются вокруг Земли каждые 100 минут и с помощью разнообразной мощной аппаратуры слежения осуществляют наблюдение планеты дважды в день.

45. Сфера применения таких спутников вышла далеко за пределы мечтаний тех, кто участвовал в создании этих систем более 20 лет назад. Они стали незаменимыми не только для метеорологии, но и для целей мониторинга климата и для мониторинга за состоянием океанов, суши и атмосферы планеты. Диапазон сфер применения столь широк, что стало трудно учитывать задачи, для решения которых могут использоваться эти спутники. Мало кто мог ожидать, например, что перспективные метеорологические спутники будут с высокой степенью точности измерять скорость и направление ветров над поверхностью Мирового океана или что один и тот же спутник может использоваться для прослеживания миграции диких животных и для мониторинга развития растительного покрова. Даже узнав об этих возможностях, потенциальный пользователь может не знать о том, какие приборы используются для определенной цели, как

осуществляется обработка данных для получения необходимой информации или какая организация в мире способна предоставить дальнейшую информацию.

46. В глобальную систему эксплуатационных метеорологических спутников входит группировка из не менее чем пяти спутников, равномерно размещенных над экватором на геостационарной орбите, и не менее чем два спутника на околополярных орбитах. Геостационарные спутники находятся на расстоянии приблизительно 36 000 километров от Земли, и каждый из них способен почти непрерывно производить съемку и обеспечивать связь над обширным регионом планеты.

47. Каждый спутник в любое время дня и ночи может делать снимки полного диска Земли, охватывая почти четверть поверхности Земли. Спутники на полярной орбите обращаются гораздо ниже — обычно на высоте около 850 км, при этом плоскость орбиты находится под углом приблизительно 80° к плоскости экватора. Спутники на полярной орбите предназначены для ежедневного наблюдения всей нижележащей поверхности Земли. Эти спутники обращаются вокруг Земли, несколько раз в день, проходя над Северным и Южным полюсами. Земля как бы вращается под орбитой спутника, совершающего витки вокруг Земного шара. Ежедневно спутник проходит над всей поверхностью планеты.

D. Цифровая фотограмметрия с использованием персональных компьютеров

48. Внедрение цифровых методов полностью изменило состояние фотограмметрии. Благодаря наличию цифровых снимков отпала необходимость в использовании прежде необходимых дорогостоящих аппаратных компонентов. Требуется лишь сканер, если предполагается использовать традиционные аэрофотоснимки. Было сообщено о том, что расположенные в Германии Ганноверский и Дюссельдорфский университеты совместно разработали систему программного обеспечения, которая может выполнять следующие функции: координатная привязка снимков для блоковой коррекции, групповая

блоковая коррекция, измерение цифровой стереопары, создание цифровой модели рельефа (ЦМР) путем автоматического сочетания изображений, фильтрация не относящихся к ЦМР элементов, получение ортофотоизображений, построение мозаик из фотоортоизображений и обработка ЦМР. Обработка ЦМР включает расчет контурных линий, трехмерное моделирование и т.д. Вся программная система основана на использовании персональных компьютеров и ею легко оперировать. Таким образом, весь комплекс фотограмметрии легко умещается в стандартном персональном компьютере.

49. Фотографии содержат информацию об объектах съемки, однако информация без геометрической привязки является бесполезной. Фотограмметрия обеспечивает трехмерную привязку для контекстной информации. На протяжении долгого времени доминировали аналоговая и аналитическая технологии фотограмметрии, которые доказали свою пригодность, однако требуют дорогостоящего оборудования. Теперь даже обычные персональные компьютеры вполне способны обрабатывать аэро- или космоснимки с полным разрешением, что позволяет использовать прикладные программные средства цифровой фотограмметрии на простых компьютерах. Для цифровой фотограмметрии помимо компьютера требуется лишь сканер, если предполагается использовать аналоговые изображения. Для того чтобы в полной мере использовать пределы точности фотограмметрии, требуются специальные фотограмметрические сканеры, поскольку точность настольных издательских сканеров находится в пределах приблизительно ± 50 мкм, даже если у фотоснимка более высокое разрешение.

50. Важным преимуществом цифровой фотограмметрии является возможность автоматической обработки. Автоматическое сочетание изображений более не занимает много времени и производится гораздо быстрее, чем неавтоматический расчет ЦМР.

51. Программная система SIDIP, совместно разработанная Ганноверским и Дюссельдорфским университетами, обеспечивает все необходимые функции, начиная от получения цифрового изображения и кончая получением окончательного результата.

Е. Практическое применение дистанционного зондирования и географических информационных систем Генеральной организацией по дистанционному зондированию

52. Созданная в Сирийской Арабской Республике в феврале 1986 года ГОДЗ расположена в пригороде Дамаска. Организация сотрудничает с правительственными органами, странами Западной Азии и международными организациями. ГОДЗ осуществляет исследования и проекты, связанные с применением дистанционного зондирования в геологии, гидрологии, гидрогеологии, сельском хозяйстве, городском планировании, экологии, метеорологии и археологии на основе использования снимков со спутников Landsat и SPOT, и на регулярной основе издает пространственный атлас Сирии, глоссарий терминологии дистанционного зондирования на различных языках и журналы по дистанционному зондированию.

53. Основной целью ГОДЗ является содействие устойчивому развитию при обеспечении охраны окружающей среды Сирии. Эта задача требует оптимальных решений по рациональному использованию природных ресурсов, что в свою очередь зависит от наличия на национальном и региональном уровнях достоверной и своевременной информации. Данные дистанционного зондирования становятся все более важным источником информации, необходимой для устойчивого и рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. На основе применения ГИС данные дистанционного зондирования можно интегрировать с данными из других источников, что облегчает получение необходимой соответствующей информации лицами, ответственными за планирование, использование ресурсов, выработку политики и принятие решений. В целях содействия такому рациональному управлению ресурсами в странах Западной Азии ГОДЗ проводит курсы и симпозиумы по вопросам дистанционного зондирования и ГИС применительно к различным

дисциплинам, касающимся земных ресурсов. ГОДЗ, на базе которого организован данный практикум, является ведущим учебным заведением в регионе Западной Азии, в котором уже более двух десятилетий обучаются специалисты из Сирийской Арабской Республики и других стран. ГОДЗ оснащена современными вычислительными средствами, включая высокопроизводительные персональные компьютеры и рабочие станции с современными внешними устройствами и программным обеспечением для дистанционного зондирования и ГИС. Имеются также лаборатории с оборудованием для наземного контроля данных. Участники практикума имели возможность ознакомиться с имеющимися в ГОДЗ компьютерными аппаратными и программными средствами в ходе практических занятий по уплотнению, обработке, анализу и применению спутниковых данных.

54. В ходе практических занятий особое внимание было обращено на недавно проведенное ГОДЗ, Италией и ФАО совместное исследование по теме "Изыскание грунтовых вод с помощью дистанционного зондирования в Сирийской Арабской Республике". Результаты этого исследования свидетельствуют о том, что включение в ГИС данных со спутников наблюдения Земли, традиционно собираемых данных, результатов отдельных полевых исследований и геологической информации об обследуемом районе обеспечивает эффективную систему поиска грунтовых вод.

Примечания

¹ Доклад третьей Конференции Организации Объединенных Наций по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, глава I, резолюция I, часть I, раздел 1 (e) (ii), и глава II, пункт 409 (d) (i).

² Официальные отчеты Генеральной Ассамблеи, пятьдесят четвертая сессия, Дополнение № 20 и исправление (A/54/20 и Corr.1), пункт 52.