

ИНТЕГРАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ И ПОДСПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ПО СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В КОРПОРАТИВНОЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ (ГИС) ДВО РАН

А.В. Голик, В.К. Фищенко, В.А. Дубина, Л.М. Митник

Тихоокеанский океанологический институт (ТОИ) им. В.И. Ильичева ДВО РАН

E-mail: gis@poi.dvo.ru

Описана технологическая схема интеграции данных спутниковых и подспутниковых наблюдений в составе океанографической геоинформационной системы (ГИС), созданной на основе Web-технологий и являющейся корпоративным ресурсом компьютерной сети нескольких институтов Дальневосточного отделения РАН. Интеграция обеспечила специалистам ДВО РАН возможность осуществлять согласованные по месту, времени и ряду других условий выборки спутниковых и океанографических данных, визуализировать их совместно и проводить аналитическую обработку с помощью средств, предоставляемых ГИС. Обсуждаются возможности применения реализованной технологии для отработки методик обнаружения и описания океанических явлений на основе данных радиолокационного зондирования поверхности океана со спутников ERS-1, ERS-2 и ENVISAT. Начато использование технологии для отработки методик практического использования измерений, выполняемых микроволновым радиометром AMSR-E со спутника AQUA. Демонстрируются возможности применения встроенных в ГИС программных средств обработки изображений при анализе спутниковых данных.

Введение

Исследования океана из космоса важны как для поддержки фундаментальных научных исследований физических процессов и явлений в водной среде и в атмосфере над океаном, так и для разработки прикладных систем, например, системы оперативного мониторинга загрязнения океана. При разработке научных и прикладных методик использования спутниковой информации специалистам необходимо иметь объективные сведения о различных характеристиках среды, оказывающих влияние на регистрируемую спутниками информацию. В первую очередь представляют интерес океанографические данные, согласованные со спутниковыми в пространстве и во времени. Некоторые океанографические характеристики медленно меняются со временем, либо вообще стабильны (например, рельеф морского дна). Они, однако, могут оказывать существенное влияние на особенности проявления на спутниковых изображениях быстропротекающих океанических явлений, таких как ветровое волнение, внутренние волны и др. Поэтому для интерпретации спутниковых наблюдений могут потребоваться все виды данных по региону, как согласованные по времени наблюдения, так и не согласованные. Ниже такие данные будут называться подспутниковыми.

Для обеспечения доступа к спутниковым и подспутниковым данным широкого круга специалистов можно было бы использовать технологии мировой глобальной сети Интернет. Создать, например, специализированный информационный Web-портал, обеспечивающий режим коллективного доступа к данным с использованием стандартных Интернет-протоколов — HTTP, FTP, XML. Однако реализация идеи Интернет-портала вряд ли обеспечит технические условия для широкого вовлечения специалистов в совместные исследования, если учесть пропускную способность отечественных Интернет-каналов, их стоимость и сопоставить ее с объемом производимой ежедневно спутниковой и океанографической продукции. Гораздо привлекательнее выглядит реализация океанографических Интранет-проектов на базе быстродействующих корпоративных компьютерных сетей научных институтов и отдельных подразделений РАН, научные интересы которых сосредоточены на изучении ограниченного района Мирового океана.

В настоящей работе описывается технология совместного использования спутниковых и подспутниковых наблюдений по северо-западной части Тихого океана, реализованная на базе интегрированной океанографической геоинформационной системы ДВО РАН [1]. Фактически эта технология реализована путем встраивания имеющихся в отделе спутниковой океанологии ТОИ ДВО РАН массивов спутниковых данных в качестве самостоятельного информационного слоя в состав ранее разработанной ГИС. ГИС является корпоративным Интранет-ресурсом компьютерной сети ДВО РАН, связывающей быстродействующими оптоволоконными соединениями 9 институтов Приморского научного центра ДВО РАН. С ее помощью специалисты институтов ДВО РАН со своих рабочих мест, подключенных к корпоративной сети ДВО, могут оперативно запрашивать различные виды данных, отображать их совместно на дисплее компьютера в различных картографических проекциях, считывать данные на свой компьютер, а также проводить обработку данных, используя аналитические средства, придаваемые различным видам данных. После встраивания в ГИС массива спутниковых данных в распоряжении специалистов оказалась возможность осуществления согласованных по месту и времени выборок из базы данных ГИС спутниковой информации и любых других видов данных. Это может быть полезно как специалистам в области спутниковой океанологии (например, для поиска и отработки перспективных методик практического использования спутниковой информации), так и специалистам другого профиля для сопоставления собственных данных со спутниковыми.

Ниже основное внимание уделено применению реализованной технологии для отработки методик обнаружения и описания океанических явлений по изображениям океана, получаемым РЛС с синтезированной апертурой (РСА) со спутников Европейского космического агентства ERS-1, ERS-2 и ENVISAT, а также для отработки методик использования измерений яркостных температур системы океан – атмосфера микроволновым радиометром AMSR-E, установленным на спутнике AQUA.

В ГИС реализуется концепция сопровождения различных типов представленных в системе данных (отдельных количественных характеристик, сигналов, изображений) соответствующими программами аналитической обработки. Пользователь ГИС при необходимости может скопировать программные средства и далее использовать их для обработки данных, также найденных и скачанных из ГИС. Так, для исследователей, специализирующихся в области спутниковой океанологии, могут оказаться полезными сопровождающие ГИС программы обработки изображений. Далее обсуждаются возможности применения этих программ к анализу данных спутниковой океанологии.

О проекте интегрированной океанографической ГИС ДВО РАН по северо-западной части Тихого океана

Северо-западная часть Тихого океана, включающая Дальневосточные моря России, является одним из основных объектов исследования для значительной части институтов ДВО РАН, включая и самый крупный в отделении Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, а также Институт биологии моря. В этом регионе проводят научные исследования специалисты Института проблем морских технологий, Института автоматизации и процессов управления, Тихоокеанского института биоорганической химии и ряда других.

Для повышения эффективности научных исследований необходима координация усилий специалистов и научных групп, как внутри институтов, так и между институтами, использование современных технологий для накопления, визуализации и обработки данных. В связи с этим в ТОИ ДВО РАН в 2001 г. были начаты работы по созданию интегрированной информационно-аналитической системы ДВО РАН по северо-западной части Тихого океана. Предполагалось, что в этой системе должны с течением времени

сосредотачиваться — интегрироваться — все имеющиеся данные по региону, а также аналитические методы, полезные при обработке и интерпретации этих данных.

Поскольку основной массив получаемых в исследованиях данных имеет географическую привязку, было решено реализовать систему в виде геоинформационной системы — ГИС. Для обеспечения режима коллективного пользования ресурсами ГИС было решено разрабатывать систему на основе Интернет-технологий. Данный подход к проектированию ГИС в последние годы очень активно развивается в мире. Фактически ГИС/Интернет-системы представляют собой Web-серверы, позволяющие пользователям со своих персональных компьютеров с помощью стандартных программ-навигаторов выполнять базовые операции, присущие «обычным» ГИС. Такие ГИС могут использоваться любыми специалистами, имеющими доступ к глобальной сети Интернет, но особенно актуально применение данной технологии в масштабах локальной компьютерной сети учреждения — Интранет-сети. В случае использования быстродействующих сетевых соединений производительность и функциональные возможности Интернет/Интранет-ГИС при работе в локальной сети становятся сравнимыми с возможностями традиционных ГИС.

С 2000 г. в ТОИ и в системе ДВО в целом была создана развитая сетевая инфраструктура, обеспечивающая технические условия для реализации проекта корпоративной океанографической ГИС ДВО РАН. Так, например, в ТОИ объединены в локальную сеть с пропускной способностью 100 Мбит/с более 240 персональных компьютеров. Сеть ТОИ связана быстродействующими оптоволоконными соединениями с другими институтами ДВО РАН, а в ближайшей перспективе планируется связать высокоскоростными каналами локальные сети институтов ДВО и сети высших учебных заведений Владивостока.

В начале работ по проекту ГИС был создан рабочий макет системы с минимальным набором данных и функциональных возможностей, который был выставлен для апробирования в локальную сеть ТОИ. Первоначально в него были включены данные по батиметрии и климатологии северо-западной части Тихого океана. Далее массив последовательно пополнялся новыми данными, в частности, были внесены массивы геолого-геофизических данных по Японскому и Охотскому морям, данные научных экспедиций ТОИ за последние тридцать лет, данные исследований, проводимых на стационарных морских экспериментальных станциях ТОИ. Для получения актуальных океанографических данных из источников в Интернете была разработана и встроена в ГИС специальная система автоматического мониторинга Web-ресурсов, позволяющая с заданной периодичностью проверять зарегистрированные Web-источники на наличие в них новой информации и автоматически скачивать и встраивать последнюю в базы данных ГИС [2]. В настоящее время осуществляется непрерывный мониторинг четырех океанографических ресурсов, принадлежащих японским организациям. Аналитические средства ГИС реализовывались непосредственно на ГИС-сервере в форме специально встраиваемых процедур, либо в виде отдельных программ, передаваемых пользователям для обработки файлов данных, считываемых из ГИС на рабочие места. Была разработана и реализована специальная политика разграничения прав доступа пользователей ГИС к данным, учитывающая корпоративные интересы институтов ДВО РАН и права отдельных владельцев данных, размещаемых в ГИС.

В результате был создан работоспособный вариант корпоративной океанографической ГИС ДВО РАН, содержащий значительные объемы разнообразных океанографических данных по северо-западной части Тихого океана и предоставляющий заинтересованным научным специалистам быстрый и удобный доступ к этим данным, средствам их совместной визуализации и анализа.

Работа пользователей с ГИС ведется непосредственно с их рабочих мест в институтах ДВО и обычно включает следующие этапы:

- загрузка начальной Web-страницы ГИС-системы по адресу <http://gis.poi.dvo.ru>;

- регистрация в системе (обеспечивает расширенный доступ к данным и к персональным настройкам ГИС);
- переход к окну картографического отображения данных;
- выбор системы отображаемых тематических слоев, с указанием по каждому слою критериев отбора (временных, пространственных и иных);
- навигация в картографическом окне (перемещение по окну, изменение масштабов отображения картографической информации);
- запрос при необходимости дополнительной информации о данных (их владельцах, правах доступа, времени и условии получения и т. д.);
- запрос на копирование данных из ГИС на компьютер пользователя в виде файлов данных соответствующих форматов;
- анализ данных на рабочем месте пользователя с помощью программных средств, передаваемых пользователю.

На рис. 1 приведена типовая конфигурация окна картографического отображения при работе с ГИС зарегистрированных в системе пользователей. В данном случае в картографическом окне представлена северо-западная часть Тихого океана и отображены следующие заказанные пользователем тематические слои данных: усредненное за много лет распределение облачности в январе; местоположение выполненных в научных рейсах ТОИ гидрологических станций с данными по вертикальному распределению температуры и солености воды; карта разломов фундамента в Охотском море; траектории тайфунов в 2002 г.

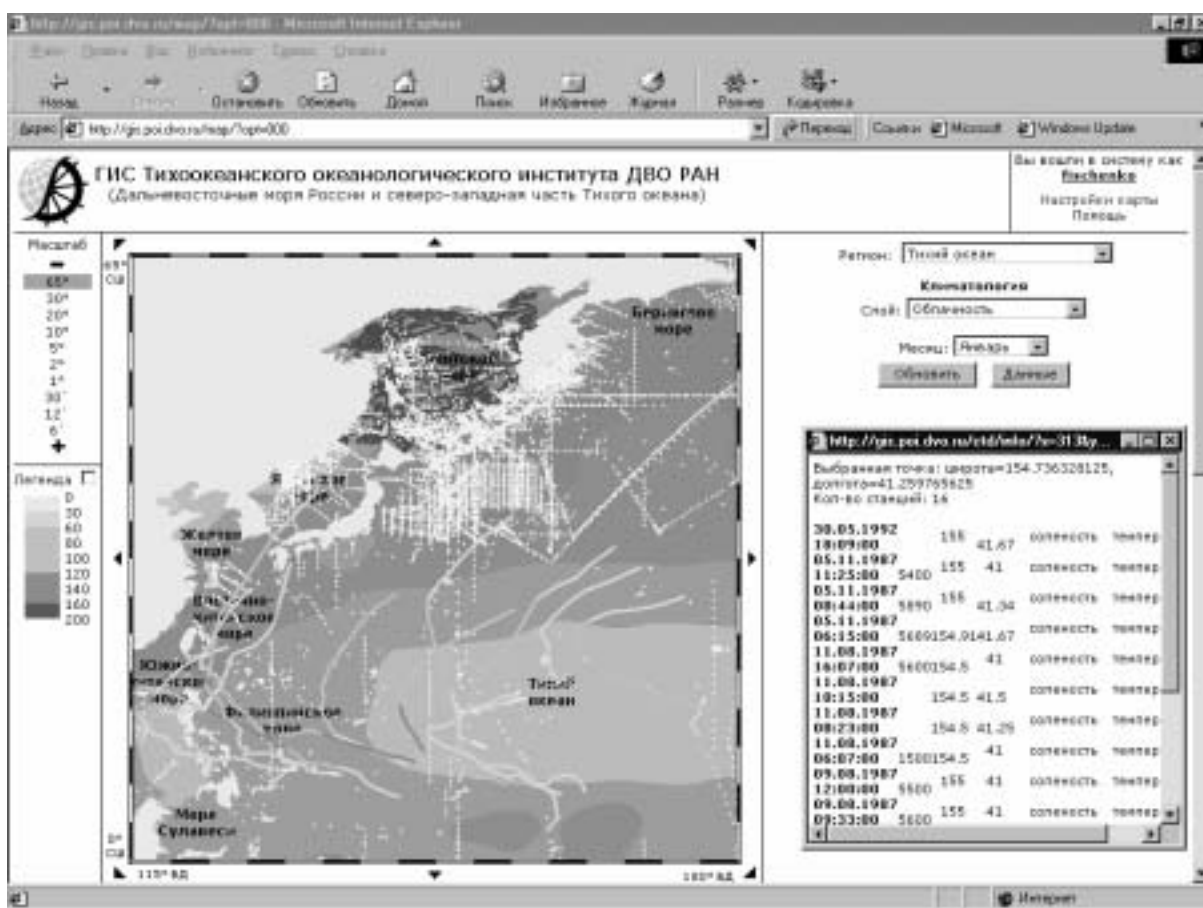


Рис. 1. Типовая конфигурация окна картографического отображения информации при работе с ГИС ДВО РАН зарегистрированных пользователей

Интеграция в ГИС данных спутниковых наблюдений северо-западной части Тихого океана

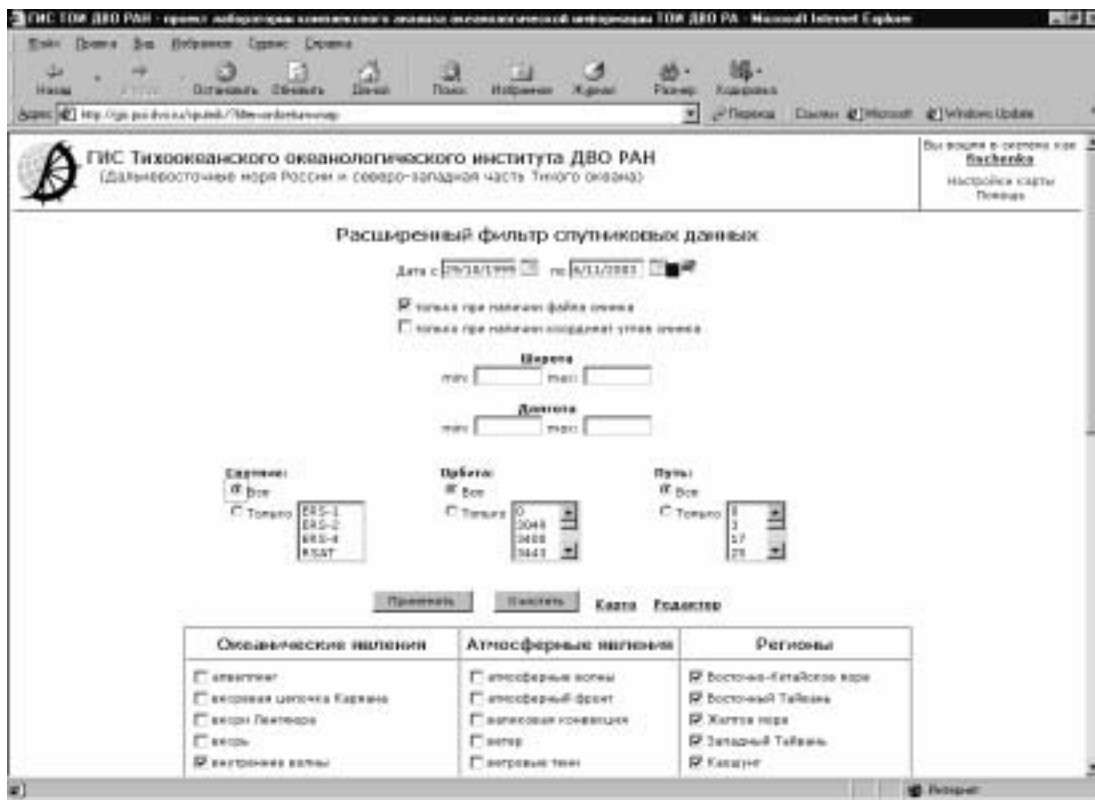
В 2002–2003 гг. в океанографическую ГИС ДВО РАН были интегрированы два больших массива спутниковых данных, имевшихся в отделе спутниковой океанологии ТОИ. Это существенным образом повысило уровень возможностей ГИС в обеспечении согласованных научных исследований северо-западной части Тихого океана специалистами ДВО РАН. Подобная интеграция обеспечила:

- предоставление оперативного доступа всем заинтересованным специалистам ДВО РАН к новому информационному слою - данным спутниковых наблюдений морской среды;
- возможность оперативного получения с помощью ГИС разнообразных сопутствующих данных о состоянии морской среды с целью отработки методик интерпретации спутниковой информации;
- возможность подключения к анализу и интерпретации океанографических данных результатов спутниковых наблюдений над районом исследований - для океанологов;
- предоставление всем заинтересованным пользователям ГИС программных средств для проведения обработки, анализа и интерпретации спутниковых изображений.

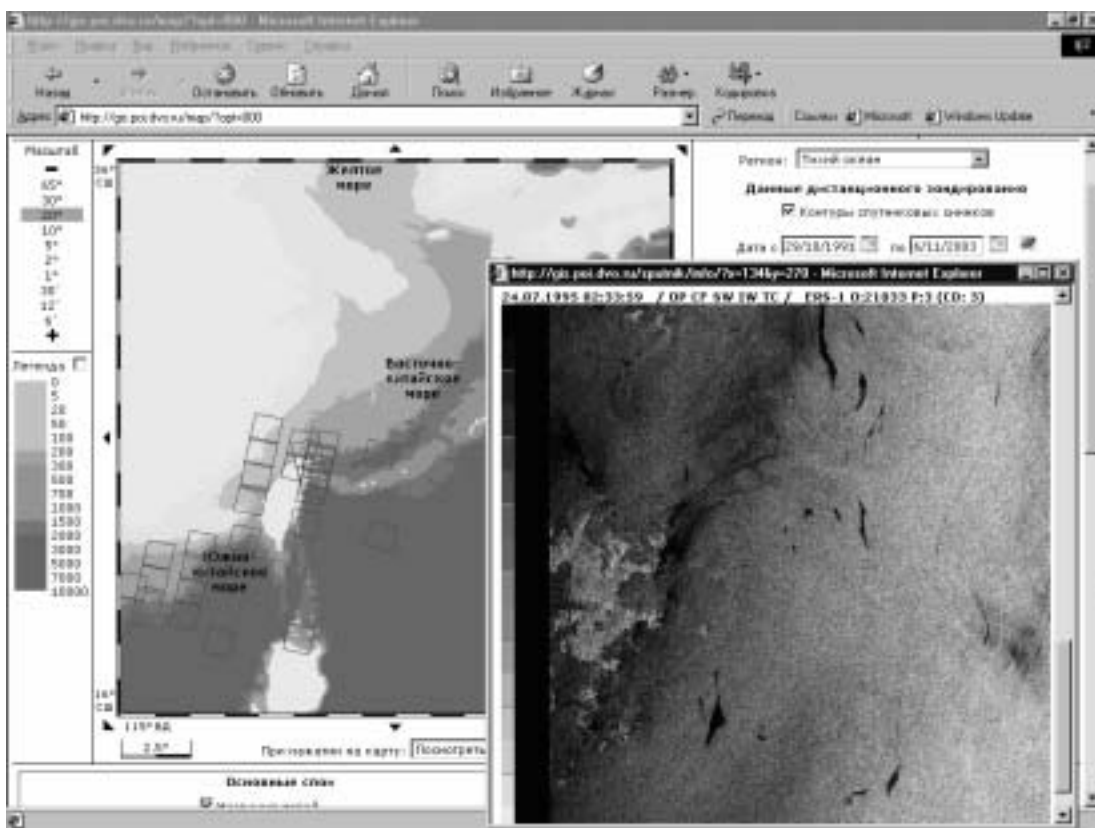
Вначале в ГИС был интегрирован массив изображений РСА, полученных в 1991–2002 гг. со спутников ERS-1, ERS-2 [3]. Была реализована следующая политика доступа к данным: Quick look-изображения (изображения с уменьшенным пространственным и радиометрическим разрешением) — для всех пользователей сети ДВО РАН, прецизионные изображения — только для сотрудников отдела спутниковой океанологии. Основные цели внесения этих данных: отработка развиваемых в отделе Спутниковой океанологии методик обнаружения и локализации различных океанологических явлений на изображениях РСА; демонстрация специалистам ДВО РАН возможностей спутниковых РЛС с синтезированной апертурой для решения задач мониторинга морской среды.

Пользователи при наличии соответствующего уровня доступа имеют возможность просматривать каталог и изображения РСА, а также выполнять комплексные запросы на выборку данных (временные, пространственные, по характеристикам спутников, по орбите, по наличию проявлений в изображениях тех или иных океанических явлений). На рис. 2 показан порядок работы пользователя ГИС с данными РСА. На рис. 2а показано окно формирования запроса данных. Здесь пользователь может уточнить пространственно-временные критерии выбора данных, а также указать типы океанических и атмосферных явлений, которые проявляются на запрашиваемых изображениях. На рис. 2б представлен результат выполнения запроса на предоставление изображений с нефтяным загрязнением. В картографическом окне отображаются контуры изображений, удовлетворяющих запросу. Щелкнув мышью на соответствующий контур, пользователь может визуализировать конкретное изображение.

Использование режима «Редактор спутниковых данных» предоставляет возможность экспертам в области спутниковой океанологии на основании подробного визуального анализа изображений РСА, выбираемых из БД ГИС, указывать типы океанологических явлений, которые на их взгляд, проявляются в них. Для этого изображение с полным разрешением предъявляется эксперту, а в специальном окне предлагается удобный сервис, с помощью которого эксперт может пометить океанические и/или атмосферные явления, которые отпечатались на анализируемом изображении. В настоящее время поддерживается возможность идентификации 30 океанических и 15 атмосферных явлений.



а)



б)

Рис. 2. Работа с массивом спутниковых радиолокационных данных: а — формирование запроса на выборку данных с нефтяным загрязнением; б — результат выполнения запроса

В 2003 г. в ГИС интегрирован большой массив спутниковых данных Японского космического агентства NASDA, полученных в 2002–2003 гг. с помощью микроволнового радиометра AMSR-E, установленного на спутнике AQUA (США). В настоящее время доступ к этим данным открыт только для сотрудников отдела спутниковой океанологии ТОИ. Данные представляют собой совокупность полей яркостных температур уходящего излучения Земли на шести частотах на вертикальной и горизонтальной поляризациях, регистрируемых в полосе обзора шириной 1600 км. В настоящее время средствами ГИС решаются следующие задачи, связанные с этими данными:

- разработка алгоритмов восстановления полей температуры поверхности океана (ТПО) в регулярной сетке с повышенным разрешением;
- разработка и апробация технологии построения композиционных полей ТПО с целью фильтрации мощной облачности и зон осадков;
- отработка алгоритмов автоматического обнаружения и расчёта вектора перемещения структурных элементов на спутниковых изображениях на основе анализа данных ГИС (дрейф льда, положение ледовой кромки, динамика фронтальных разделов и т. п.).

Применение аналитических средств ГИС для анализа данных спутниковых наблюдений

В ГИС реализуется концепция сопровождения различных видов представленных в системе данных (отдельных количественных характеристик, сигналов, изображений) соответствующими программами аналитической обработки. Пользователь ГИС, обладающий соответствующими правами доступа, при необходимости может скопировать программные средства и далее их использовать у себя на компьютере для обработки данных, также найденных и скачанных из ГИС. Так, для исследователей, специализирующихся в области спутниковой океанологии, могут оказаться полезными сопровождающие ГИС программы обработки изображений.

Универсальная компьютерная программа обработки изображений “ImProc” реализует большую совокупность методов обработки изображений: различные виды преобразований локального контраста; алгоритмы линейной и нелинейной пространственной фильтрации, различные виды пространственно-частотной фильтрации на основе ортогональных преобразований.

Компьютерная программа «KSA» предназначена для корреляционно-спектрального анализа изображений. Программа эффективно рассчитывает и визуализирует двумерный фурье-спектр и двумерную автокорреляционную функцию изображения, позволяет производить различные виды измерений в спектральной и корреляционной областях, рассчитывает информативные системы количественных характеристик для параметризации изображения, решает задачу идентификации корреляционно-спектральной модели случайного поля, представленного изображением.

Компьютерная программа морфологического анализа изображений “Morpho” ориентирована на выделение в изображениях структурных элементов — объектов, описаний их геометрических свойств и закономерностей взаимного расположения объектов. На рис. 3 приведен пример использования программы для анализа спутникового РСА-изображения поверхности моря с визуально различимыми пятнами нефтяного загрязнения.

Исходное полутоновое изображение (слева) переводится в бинарное представление (в центре), далее подвергается морфологической фильтрации, позволяющей по возможности избавиться от ложных структурных элементов (справа), после чего может быть проведен статистический анализ геометрических характеристик по всей совокупности «правильных» структурных элементов (внизу слева) и анализ свойств указанного пользователем отдельного объекта (внизу справа), в данном случае — наиболее крупного нефтяного пятна.

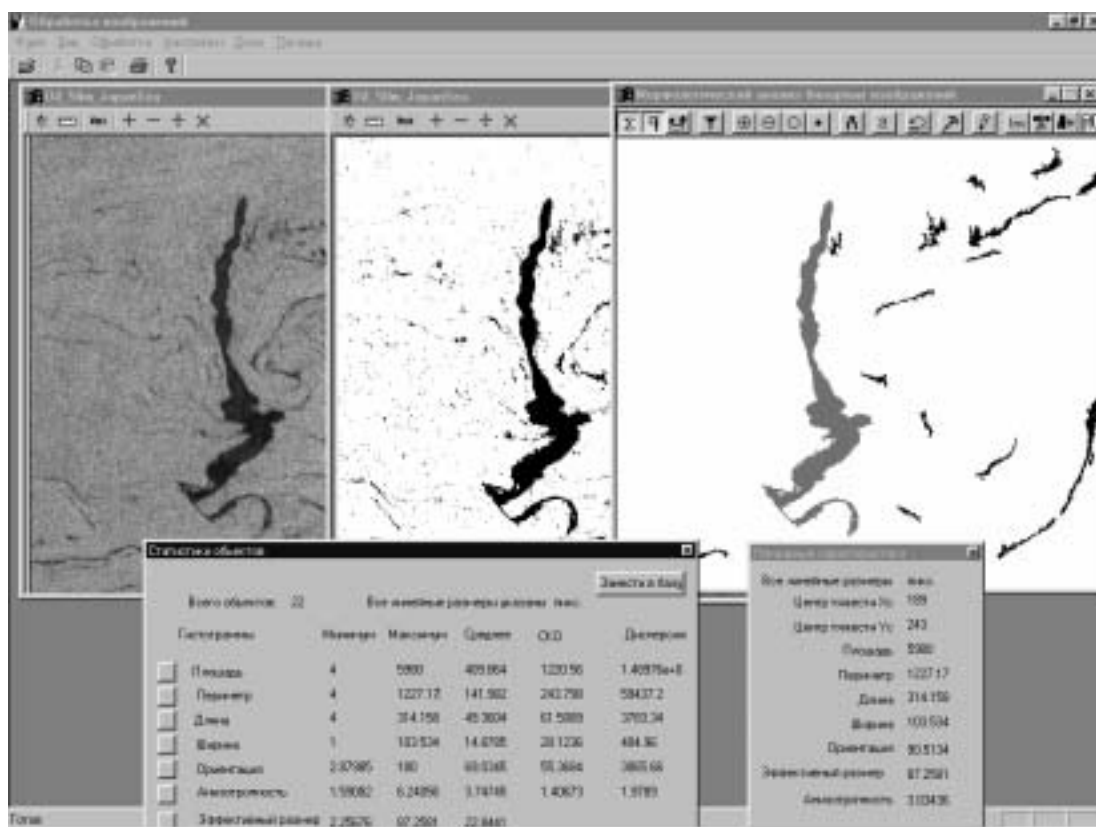


Рис. 3. Применение программы “Morpho” к анализу РСА-изображения с проявлениями нефтяных загрязнений

Заключение

Для проведения фундаментальных и прикладных океанологических исследований целесообразно широкое применение результатов спутниковых наблюдений за морской поверхностью. Успешность решения этой задачи во многом определяется тем, насколько объективны предлагаемые специалистами методики интерпретации спутниковых данных. Для отработки этих методик необходимы скоординированные усилия как океанологов, так и специалистов в области спутниковых методов изучения океана в сочетании с возможностью совместного использования географически привязанных данных — как спутниковых, так и подспутниковых. В работе описана технология интеграции обоих видов данных в составе корпоративной океанографической ГИС ДВО РАН, информационные и аналитические ресурсы которой доступны пользователям компьютерной сети ДВО РАН. Применение океанографической ГИС позволит вовлечь в согласованную работу большое число научных специалистов, заинтересованных в применении в своей исследовательской деятельности спутниковой информации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 02-07-90354) и гранта ДВО РАН 03-1-0-07-006 «Исследование системы океан – атмосфера по данным пассивного и активно-микроволнового зондирования со спутников нового поколения».

Литература

1. Голик А.В., Фищенко В.К. О проекте интегрированной информационно-аналитической системы ДВО РАН по дальневосточным морям на основе ГИС- и Интернет-технологий // Тр. Всерос. науч. конф. «Науч. сервис в сети Интернет°2003». Абрау-Дюрсо. 2003. С. 325–329.

2. Голик А.В., Фищенко В.К., Павленко В.К. Организация системы сбора и мониторинга океанографической информации в интернете // Тез. докл. Дальневосточ. матем. шк.-семинара им. акад. Е.В. Золотова. Владивосток, 2003. С. 156, 157.

3. Голик А.В., Дубина В.А. Об особенностях использования данных спутникового радиолокационного зондирования в ГИС на основе Интернет-технологий // Сб. материалов конф. молодых ученых ТОИ ДВО РАН. Владивосток, 2002. С. 139–144.