

ВОЕННО-МОРСКОЙ ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ им. А. С. ПОПОВА

На правах рукописи

МИЛЯКОВ Денис Федорович

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ МЕТОД ПРЕДСТАВЛЕНИЯ, ОТОБРАЖЕНИЯ И
ОЦЕНКИ ОБСТАНОВКИ В БЛИЖНЕЙ МОРСКОЙ ЗОНЕ

Специальность: 25.00.35 – "Геоинформатика"

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Соискатель:

(личная подпись)

Научный руководитель:

д.т.н. проф.

С.И. Биденко

(личная подпись)

Санкт-Петербург– Петродворец, 2006 г.

Работа выполнена в Военно-морском институте радиоэлектроники им. А.С. Попова

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор

Биденко Сергей Иванович

Официальные оппоненты: Заслуженный деятель науки РФ

доктор технических наук, профессор

Яшин Александр Иванович;

кандидат технических наук, доцент

Раков Игорь Васильевич.

Ведущая организация – Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

Защита состоится «___» _____ 2006 г. в ___ ч ___ мин на заседании диссертационного совета Д.212.197.03 при Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, г. Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д. 3, аудитория _____.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан «___» _____ 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д.212.197.03
доктор технических наук, профессор

П.П. Бескид

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность. Земная поверхность (ЗП) является объектом исследования специалистов различных предметных областей, связанных с функциональной активностью в пределах географической оболочки Земли.

Исследователи в области теоретической и региональной географии изучают ЗП для решения задач стратегического и тактического планирования социальной активности на реальной земной поверхности.

Представление и анализ геоинформации (ГИ) о территориальной обстановке в морской зоне является актуальной задачей в связи с возрастанием морской активности транспортной отрасли экономики России.

Для повышения адекватности представления и оперативности решения задач пространственного анализа в настоящее время широко внедряются средства геоинформатики – геоинформационные системы (ГИС) и геоинформационные технологии (ГИТ).

Развивающиеся возможности ГИТ обеспечивают более эффективное решение задач сбора, представления, анализа и выработки управленческих решений в различных сферах деятельности человека, где используется быстро меняющаяся оперативная информация. К одной из таких сфер деятельности относится и задача управления объектами судоходства в морской и прибрежной зоне. ГИТ, получившие широкую практическую реализацию в последнее время наиболее полно подходят в качестве информационных средств сбора, представления и анализа обстановки на море. Однако среди множества программных продуктов, используемых сегодня на рынке полноценных ГИС, в полной мере решение задач безопасности мореплавания, не обеспечивается ни одной из них. Описательный характер моделей географических объектов, значимых в практике мореплавания и их пространственно-логических связей в известных ГИС не может быть эффективно использован без существенных изменений принципа представления географических объектов.

Необходимость преодоления основного и частных противоречий между обширным числом существующих универсальных ГИС общего назначения (ориентированных на широкий круг пользователей) и спецификой задач управления объектами судоходства, включающих широкий спектр разнородных функциональных зависимостей и требующих реализации специальных функций управления территориальными объектами, а также между описательным характером представления и отображения объектов и их связей и пространственной сущностью данных обстановки, является основной предпосылкой к проведению настоящего исследования.

Цель исследования – разработка геоинформационных моделей и методов представления и обработки пространственной информации об обстановке в морской зоне для повышения эффективности территориального анализа геоситуации в морском и прибрежном регионе.

Объектом диссертационного исследования являются процессы автоматизированной обработки пространственной информации о территориальной обстановке

в морской зоне геоинформационными средствами сбора, обработки, анализа, представления и отображения ГИ.

Предметом исследования являются геоинформационное моделирование представления, ввода, обработки, анализа, передачи, отображения ГИ в ГИС-приложениях территориального управления морской активностью в регионе.

Для достижения поставленной цели в диссертации решались следующие **задачи исследования**:

1. Анализ требований к представлению и отображению обстановки на пунктах управления судоходством и существующих методов обработки ГИ с использованием ГИС. Анализ возможностей средств геоинформатики для отображения и моделирования обстановки в морской зоне.
2. Разработка основных подходов к построению и применению теории геоинформационного моделирования в ГИС для поддержки принятия решений.
3. Разработка системы моделей представления данных о геоситуации.
4. Разработка методов и алгоритмов территориального анализа обстановки в ГИС для обеспечения выработки рекомендаций и контроля реализации решений.

В результате диссертационного исследования получены **новые научные результаты**, основными из которых являются следующие:

1. Модели представления ГИ в ГИС-приложениях территориального управления морской активностью в регионе.
2. Методы использования ГИ в ГИС-приложениях для отображения обстановки в морской зоне и планирования перемещений в регионе.
3. Алгоритмы обработки ГИ для решения задач оценки обстановки и перемещения в ближней морской зоне.

Научная новизна полученных в работе результатов.

Новизна первого научного результата состоит в оригинальном геопространственном подходе к построению модели геообъектов (ГО), использовании в их описании пространственно-логических функций, что позволяет адекватно представлять в ГИС территориальные системы морской активности.

Новизна второго научного результата состоит в использовании многоуровневого представления ГИ, определении минимально необходимого объема описаний ГО с помощью механизмов группировок, объединений, пространственно-логических функций, наследования свойств, системы ссылок, имен, признаков и индексов, что обеспечивает ускорение процессов формирования и отображения геоситуации, обмена геоданными в ГИС поддержки управления морской активностью в регионе.

Новизна третьего научного результата состоит в рациональном сочетании описательной и пространственной форм ГИ в процедурах анализа территориальной ситуации и планирования перемещения в регионе, использовании динамических характеристик объектов, что позволяет сочетать этапы автоматического формирования множества визуальных образов геобстановки с выбором наилучших маршрутов переходов по результатам их геопространственного анализа.

Теоретическая значимость полученных научных результатов состоит конкретизации и разработке более эффективных принципов геомоделирования в ГИС

или АСУ - комплексных моделей представления априорной и оперативной геоинформации об обстановке в морской зоне, а также разработке методологии интегрального использования разнородной геоинформации, активизации пространственной информации в АСУ.

Практическая ценность заключается в разработке практически реализуемых оригинальных моделей построения геообъектов, способов сопряжения оригинальных и стандартных моделей геоинформации, методов работы с ними, а также структуры построения ГИС для целей обеспечения безопасности мореплавания и повышении эффективности системы поддержки принятия управленческих решений. Проект технического задания на ГИС мореплавания может быть использован для разработки ГИС в различных системах управления безопасностью мореплавания, а также для целей силовых структур и ВМФ в частности.

Достоверность основных положений и выводов диссертационной работы базируется на достижениях ведущими учеными-географами, строгом обосновании основных научных положений, использовании апробированных численных методов оценки, принципах моделирования, применении общепринятых допущений и ограничений, соблюдении формальных условий применимости используемых методов и подходов. Она обосновывается данными экспериментальных исследований, результатами практического применения, в органах военного управления, промышленных и научных организациях. Достоверность результатов подтверждается их внедрением в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, фонды алгоритмов и программ, учебный процесс, апробацией и публикациями по теме диссертации.

Реализация результатов. Основные научные результаты внедрены и реализованы: в ОКР «Скорпион», «Крабик-БН», «Поправка», «Зверь-М»; в НИР «Прогресс ФВО-ГМ», «Специалист», «ГЕО-2005», «Жердь-РВО», «Облог-98», «Обучение»; в фонды алгоритмов и программ ГУНиО МО, ГС СФ, Российском институте радионавигации и времени, Конструкторском бюро навигационных систем «НАВИС»; в учебный процесс РГГМУ, ВМИРЭ им. А.С. Попова, СПб ВМИ, ГМА им. адм. С.О. Макарова.

Апробация работы Результаты диссертационного исследования апробированы на пяти межвузовских конференциях, научно-теоретических семинарах ВМИРЭ им. А.С. Попова, СПб ВМИ, ГМА им. С. О. Макарова.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 работ, из них 6 статей в научно-технических изданиях, 12 тезисов докладов на конференциях и отчетов по НИР.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 87 наименований, и 4-х приложений. Работа изложена на 176 страницах и содержит 12 рисунков и 11 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены объект и предмет исследования, приведены основные понятия, используемые в работе, анализируется суть понятия ГИС, даются классификация, структура ГИС и принципиальные основы их разработки, сформулированы цель и основные задачи исследования,

теоретическая и практическая значимость. Приводится аннотация и даны сведения о публикации, апробации и реализации результатов исследования.

В первой главе производится анализ геоинформационных потребностей систем освещения морской обстановки, существующего положения на российском рынке геоинформационных продуктов, выявляются основные тенденции развития научно-технической мысли в сфере применения ГИС, рассматриваются особенности современных ГИС на российском рынке, анализируются возможности средств геоинформатики для решения поставленных в работе задач. Основное место в первой главе занимает подробный анализ полнофункциональных ГИС, специализированных ГИС и приложений как отечественного, так и импортного производства, находящих применение на российском рынке.

В результате анализа более 25 полнофункциональных и специализированных ГИС выявлены наиболее передовые и необходимые возможности в предоставлении и отображении обстановки в ГИС, на основании чего сформулированы совокупные требования к ГИС для целей обеспечения безопасности мореплавания, которые оформлены в виде технического задания на разработку соответствующей ГИС.

Определено, что в настоящее время лидерами в разработке ГИС зарубежного производства, которые могут быть использованы в интересах обеспечения безопасности мореплавания, являются фирмы: ESRI со своими системами Arc/Info (Arc/View); Bentley с системой Geographios; Autodesk со своими системами AutoCAD Map (Autodesk World, AutoCAD Map Guide); MapInfo.

Установлено, что среди отечественных разработок картографических пакетов наибольшего внимания заслуживают: ГИС «Интеграция»/«Панорама» - разработка г. Ногинск; ЭКТ «Транзас»; СКОИ (выполненная на основе ГИС MapInfo).

Выявлено, что на сегодняшний день нет ни одной из систем, которая в полной мере удовлетворяла бы потребностям судовождения и была бы пригодной для структур управления судоходством. Данная ситуация вызывает к необходимости в первую очередь формулировки ведомственных требований к целевой ГИС для обеспечения безопасности мореплавания.

Поиск путей решения этой проблемы предложен в работах докторов наук Берлянта А.М., Биденко С.И., Жалковского Е.А., Жданова Н.Д., Лисицкого Д.В., Лурье И.К., Сербенюка С.Н., Тикунова В.С., Яшина А.И., Халугина Е.И., Цветкова В.Я., Ширяева В.С., в которых расширены базовые и сформулированы новые принципы моделирования географической ситуации. Основываясь на новых принципах и подходах к геомоделированию, а также достигнутых сегодня в сфере информационных технологий результатах, определены и сформированы требования к ГИС по обеспечению безопасности мореплавания.

По результатам проведенного анализа требований к представлению обстановки и возможностей средств геоинформатики для ее отображения и моделирования, сделаны выводы:

1. Представление информации об обстановке должно предусматривать как планарную, так и трехмерную сущность географических объектов и явлений, а также обеспечить в составе атрибутивной части отражение динамических характеристики и принципиальные структурные взаимосвязи.

2. Атрибутивная составляющая, принадлежащая объектам должна быть минимальной по своей емкости, но достаточной для представления всех необходимых свойств объектов, для построения как географически зависимой модели объектов и явлений, так и организационной структуры взаимодействий и управления.
3. По совокупности удовлетворяемых требований с хорошим запасом лидирует отечественная ГИС «ИнГЕО», обеспечивающая самое высокое отношение «функциональность/стоимость».
4. Существующие ГИС отвечают большому числу существующих потребностей в геоинформационном обеспечении, являются многофункциональными, достаточно интегрированными между собой, но в то же время обладают разноэффективными инструментариями. Однако ни одна из существующих ГИС не может в полной мере быть взята в качестве полноценной ГИС для обеспечения безопасности мореплавания. Разработанное в работе техническое задание на разработку целевой ГИС может служить рабочим прототипом для ее реализации.
5. Для удовлетворения потребностей полнофункциональных систем освещения морской обстановки требуется разработка специальных геоинформационных моделей и методов представления и использования ГИ о территориальной ситуации.
Разработаны принципы обработки ГИ при выполнении анализа территориальной обстановки и планирования перемещения в морской зоне. Основной подход состоит в пространственной интерпретации категорий и процессов управления, последующей совместной обработке этих геопредставлений с информацией обстановки и другой ГИ и построении результирующих территориальных покрытий-оценок и покрытий-рекомендаций для поддержки управления объектами в морской зоне (рис.1).



Рис.2. Основные структуры геопространства.

Определено, что при формировании информации об объектах необходимо отражать следующие спецификации: объект может описываться как в двух-, так и трехмерном пространстве и может иметь сложную геометрическую форму; объект может иметь динамические характеристики; объект может иметь несколько распределенных в пространстве характеристик; объект привязывается по абсолютным значениям пространственных координат относительно ПЗ или относительно других географических объектов; объект может иметь условное обозначение; объект обладает значимой атрибутивной и описательной информацией; объекты могут сопровождаться текстовой пояснительной информацией; объекты могут составлять иерархическую структуру логической подчиненности, т.е. быть не только обособленными элементами обстановки, а входить в логическую иерархию по какому-либо образующему признаку.

Модель представления ГИ

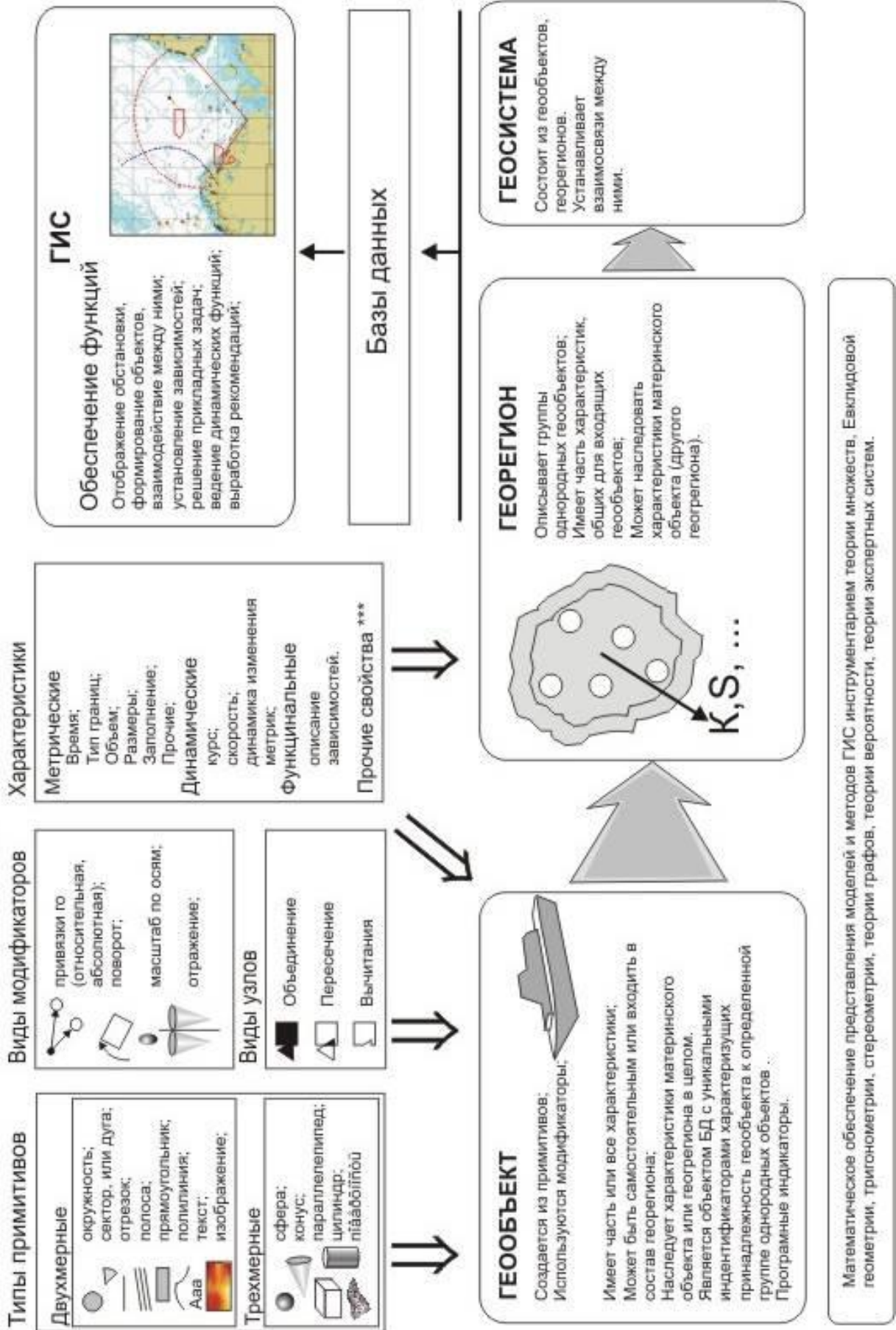


Рис. 3. Описание модели представления ГИ.

Установлено, что при составлении описания объектов, необходимо особо выделить атрибутивную часть описания, в которой задаются динамические характеристики объектов или групп. Динамические характеристики задают скорости изменения параметров, рассчитанные на единицу времени, принятой в системе. Для основных динамических характеристик предусматриваются соответствующие поля в базах данных. К основным динамическим характеристикам относятся планарные скорость и направление движения, вертикальная скорость и скорость изменения масштаба или геометрических размеров, если таковые имеют место.

Выявлена особенная часть описания – это функции, задающие закономерность изменения свойств или характеристик географических объектов. Общий принцип описания функций основан на свободном применении договоренностей о формате. В связи с этим, такие договоренности должны сопровождаться пояснениями и указаниями на идентификаторы и способы применения описаний функций в прикладных задачах.

В качестве примера визуализации модели построения трехмерного объекта на рис. 4. приведен фрагмент трехмерного объекта, построенного по предложенным принципам.

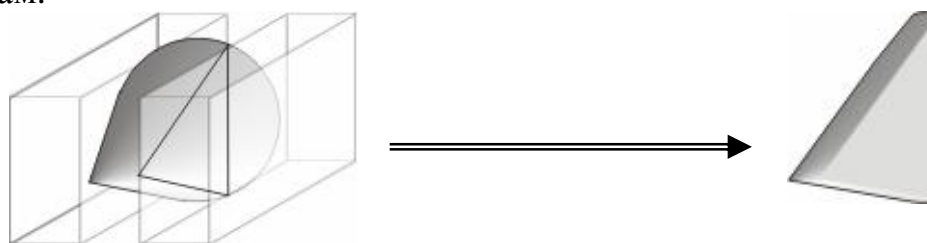


Рис. 4. Иллюстрация к примеру построения трехмерного объекта.

Определено, что система модельных представлений ГИ включает модели геопространств (ГП), геоструктур и геоданных.

Установлен состав группы моделей ГП: модели геоинформационного пространства (ГИП), геофункционального пространства, анаморфированного геопространства и абстрактного функционального пространства. Все модели геопространств построены на основе теоретико-множественного подхода с использованием метрических и топологических свойств геопространств. Все геопространства включают объекты, отношения и операции над объектами. Объекты характеризуются собственным пространством и содержательными признаками.

ГИП обеспечивает представление расположения объектов пространства, их связей и взаимодействия, оно определяет пространственную форму для сущностного содержания ГО. Модель ГИП $GISp$ представляет множество геообъектов с определенными на них отношениями (множество со структурой). Структура пространства задается отношениями и операциями над множеством геообъектов:

$$GISp = (GOB, Rat, Op), \quad GOB \subset (R^m, S^n), \quad m = \overline{2, 3}, \quad n \gg m,$$

где GOB – ГО; Rat – отношения; Op – операции; R^m – физическое (евклидово) пространство; S^n – многомерное пространство признаков.

$$OSp_{GO}: GOB \rightarrow R^m,$$

где OSp_{GO} – собственное пространство геообъекта, характеризующее его геометрическую протяженность, конфигурацию, форму и ориентацию ГО в пространстве. OSp_{GO} задает пределы распространения содержания ГО в ГП.

ЗП по определению принадлежит ГИП, то есть $ЗП \subset R^m$, где $ЗП$ – земная поверхность. Все ГО ГИП связаны с поверхностью Земли:

$$\forall Gob \in GISp \exists Pr: Gob \rightarrow ЗП,$$

где Pr – некоторое отображение (проекция) ГО на ЗП.

Элементы (объекты) ГИП – это природные и социальные компоненты геоферы, их целостные сочетания со своими особенностями и характеристиками. ГО в пространстве задается следующими параметрами: *местом*, *атрибутами* (собственным многомерным подпространством признаков), *формой* (собственным пространством ГО).

В случае R^m , $m = 2$ ГИП отображается в территорию: $T: GISp \rightarrow (R^2, S^n)$, где T – территория; m – размерность физического пространства.

ГО (рис.5) характеризуются собственным пространством и атрибутами (содержательными характеристиками): $GOb = (Sp_{GO}, Atrib)$, где Sp_{GO} – собственное пространство ГО (СПГО); $Atrib$ – содержательные характеристики ГО.

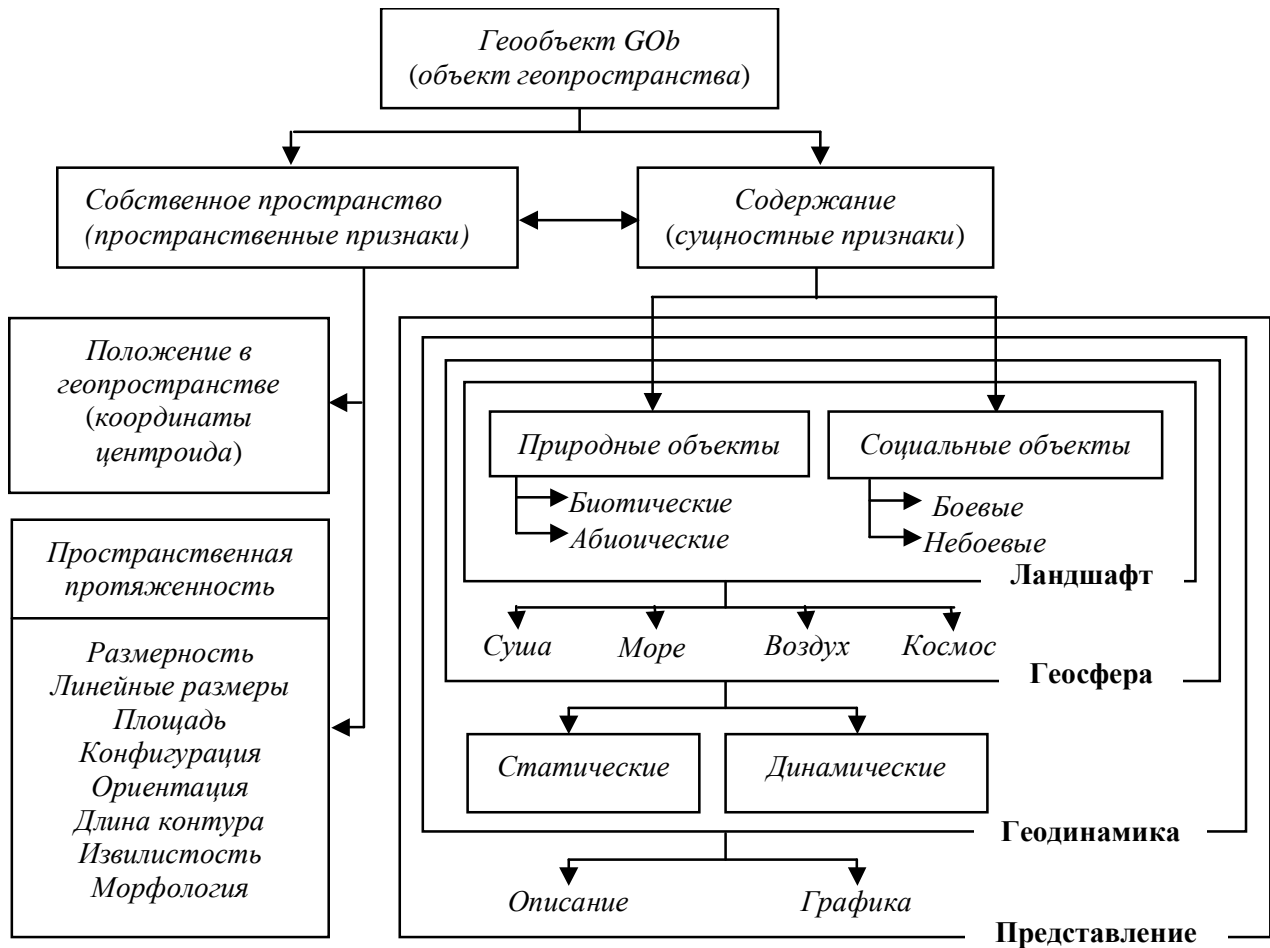


Рис. 5. Структура геообъекта.

$$Sp_{GO} \subset R^m, \quad Sp_{GO} = \langle Disl_C, Form \rangle,$$

где $Disl_C$ – координаты центра ГО; $Form$ – форма (конфигурация, протяженность) ГО.

Содержательные параметры ГО принадлежат многомерному пространству признаков ($Atrib \subset S^n$) и характеризуют существенные параметры его собственного пространства.

Модель ГО, а равно и групповой объект, в своей атрибутивной части дополняется новыми качественными описаниями, отражающие его динамические свойства, к которым могут относиться не только геоинвариантные характеристики, но и характеристики, отражающие внутренние качественные свойства данного объекта или группы объектов.

С помощью отношений осуществляется структурирование (упорядочение) ГП. С их помощью множество ГО суть и становится ГП. Операции служат для выделения отношений между объектами ГП и осуществления межпространственных переходов.

В ГП между объектами выделяются отношения объективные и субъективные. Группу объективных составляют отношения пространственной и содержательной упорядоченности. Субъективными являются различные оценочные отношения. $Rat = \{RSp, Pr\}$, где RSp – отношения пространственной упорядоченности (ОПУ); Pr – отношения (предикаты) содержательной упорядоченности (ОСУ).

ОПУ являются определяющими для ГП (территории). Они обуславливают территориальную (горизонтальную) структуру ГП (его физического подпространства) (рис.6) для выражения содержания геообъектов и геообразований и служат основой пространственного анализа геоситуации.

ОСУ определяют вертикальную составляющую ГП – многомерное пространство признаков, и играют подчиненную по отношению к территории роль и служат для тематической характеристики горизонтальной составляющей ГП.



Рис. 6. Область определения ОПУ и ОСУ в ГП.

Геообъект является базовой категорией пространства. Но географическая среда или ГП – это сложное сочетание природных и общественных условий, исторически сложившихся и продолжающих развиваться на ПЗ. Как правило, отдельные ГО являются составной частью более крупных территориальных образований – георегионов (ГР) и геосистем (ГС). Введенные в ГП отношения пространственной и содержательной упорядоченности позволяют выделять базовые структуры про-

странства для представления и отображения (выражения) всех остальных форм территориальной активности.

На основе введенных отношений пространственной упорядоченности, применяемых к различным топологическим пространственным структурам (взаимного размещения точек, разнокачественных ареалов, полей и др.), определяются два основных вида территориальных структур ГП – ГР и ГС. ГР структурирует ГП, агрегируя содержательно однородные объекты с помощью отношений пространственной упорядоченности. ГС структурирует ГП, объединяя объекты и регионы ГП по отношениям содержательной упорядоченности.

Принцип построения трехмерных моделей географических объектов и использование их в составе описанных групп пространств является сутью первого научного результата, практическая реализация которого снижает остроту противоречия между описательным характером представления обстановки и ее пространственной сущностью. Модель формируется путем использования ограниченного числа пространственных и двухмерных примитивов. Описательный принцип претерпевает изменения в атрибутивной части, где вводятся многомерные динамические характеристики объектов и элементы логического структурирования в значимых иерархиях.

Разработанные модели представления ГИ служат основой построения методов использования территориальной информации в системах освещения обстановки.

Третья глава посвящена разработке методики представления и отображения геоинформации в ГИС-приложениях анализа и управления морской территориальной активностью.

Методы использования ГИ включают в себя методики отображения ГИ в БД ГИС, методику формирования геоситуации, методику реализации пространственных операций и отношений. В основу методов отображения трехмерных объектов положены традиционные принципы построения объектов, используемые в широко распространенных графических 3D редакторах типа 3D Studio (MAX), Maya, CGI Studio и пространственно-логических операций. Методы представления ГО позволяют на статичной основе электронных карт представлять динамические объекты мореплавания, что открывает возможности автоматизации процессов оперативного (ограниченного во времени) прогнозирования развития обстановки и повышения качества выработки рекомендаций.

Методика отображения ГИ вскрывает организацию формирования данных о ГО и этапы ее преобразования от получения первичной информации об обстановке, до формирования образов морских прикладных уровней в ГИС.

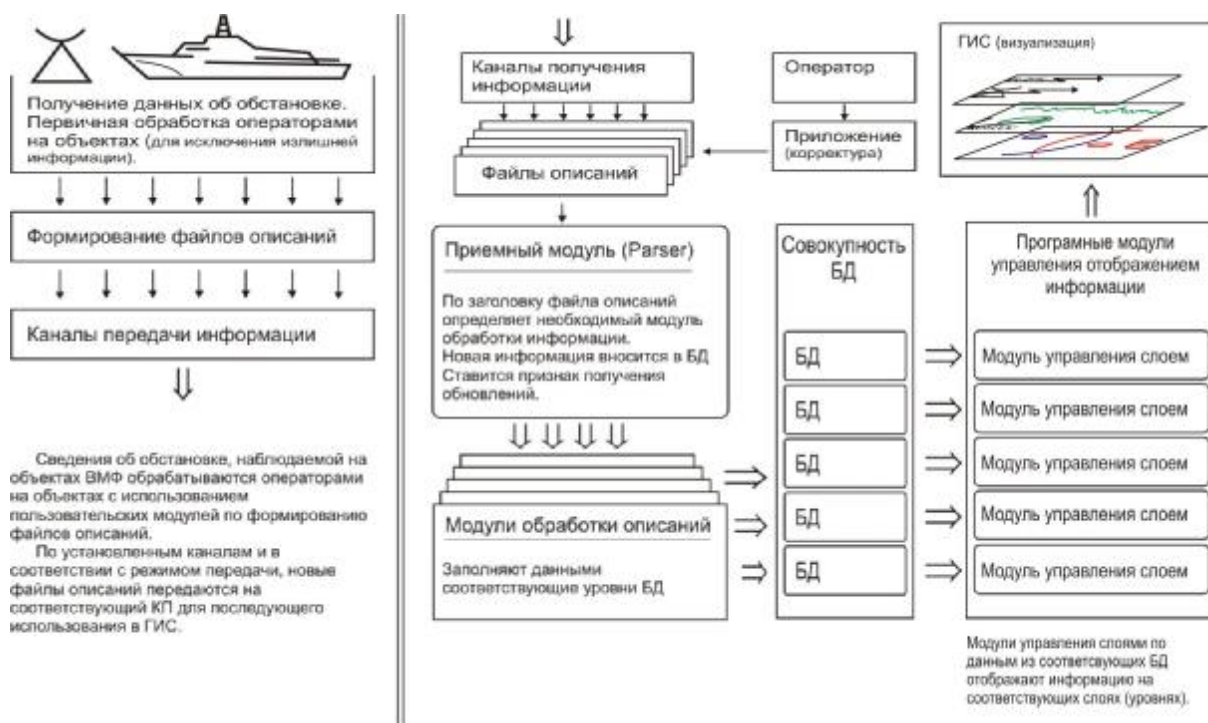


Рис. 7 Методика отображения геоинформации.

Первой стадией в методике является сбор и первичная обработка наблюдений непосредственно на объектах, ведущих наблюдение за обстановкой. Сведения об обстановке, получаемые на пунктах наблюдения и сбора информации обрабатываются операторами с использованием пользовательских модулей, формирующих файлы описаний. Основная задача, решаемая на данном этапе, - ввод первичных данных наблюдений в пользовательский программный модуль для формирования описаний геообъектов согласно форматов, используемых в ГИС, а также устранение грубых промахов и многозначности.

Основной особенностью методики представления геоситуации взаимодействия прикладных задач и баз данных специальных уровней является процедура формирования временных (или оперативных) баз данных для модификации свойств и характеристик существующих ГО. В процессе модификаций прикладная задача вправе вносить существенные изменения в свойства и характеристики существующих объектов, создавать новые ГО, вносить дополнительные связи, менять или создавать новые характеристики взаимодействия родовых объектов (ГР).

Наиболее значимой для практической реализации является задача обеспечения взаимодействия ГО. На рис. 8 показана методика представления геоситуации и необходимые процессы обеспечивающие решение прикладных задач.

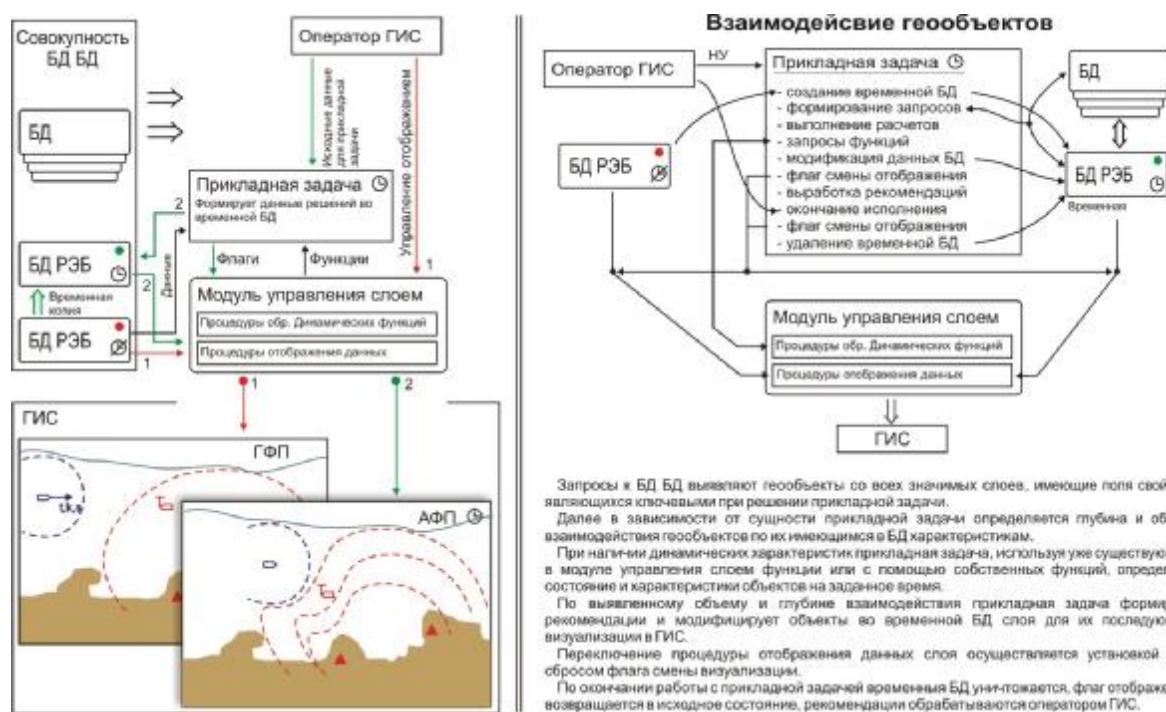


Рис. 8. Методика представления геоситуации.

Модули прикладных задач в ГИС необходимы для решения специализированных для каждого военного уровня задач. Для их инициализации оператор ГИС должен задать необходимые начальные условия конкретной задачи и запустить ее на исполнение. Результатом работы прикладных задач является выработка рекомендаций и соответствующая визуализация геоситуации в ГИС.

Визуализация ситуации производится модулем управления слоем по установке флага отображения прикладной задачей на созданную и модифицированную копию БД уровня. Данные же в исходной БД уровня остаются без изменений до окончания работы прикладной задачи.

В целях единства методов обеспечения динамических функций прикладная задача формирует запросы к модулю управления слоем, вызывая процедуры динамических функций с новыми входными данными. Для этого перечень описаний процедур обработки динамических функций должен содержаться в модуле управления слоем.

Разработанная в диссертации система геоинформационных методов отображения пространственных объектов включает общие и частные методы. Общие геоинформационные методы, предназначены для отображения и анализа геоинформации, то есть данных обстановки, на всех этапах управления. Это приемы и способы ввода, согласования, преобразования и визуализации геоинформации, а также приемы стандартного анализа. Они базируются на известном картографическом методе отображения и исследования, но отличаются от него большей согласованностью и совместным использованием разнородной геоинформации, более высокой степенью объективности отображения и анализа данных обстановки, наличием процедур геопространственного и геоструктурного анализа. Это совокупность автоматических и автоматизированных приемов, операций и процедур, а также практических рекомендаций по отображению и анализу данных обстановки.

Определены состав и структура распределенной базы геоинформационной системы, принцип построения базы данных ГИС и метод обмена данными в распределенной системе пользователей (рис.9.).

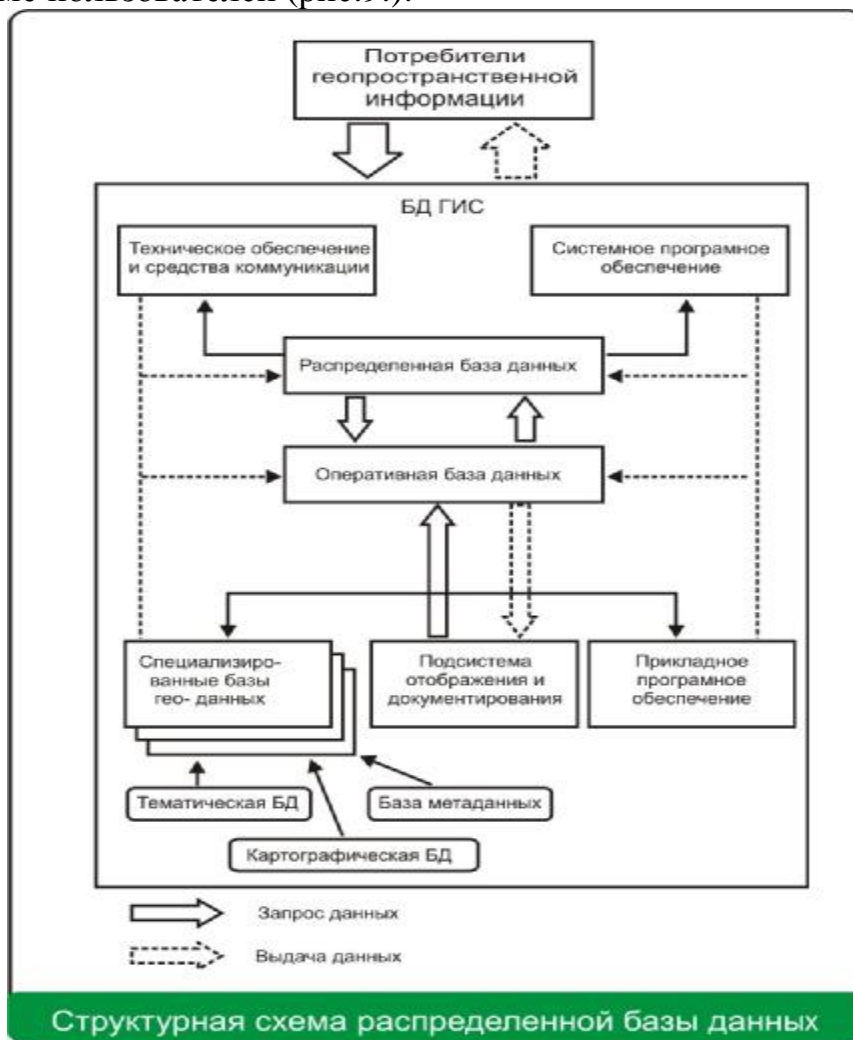


Рис. 9. Структура распределенной базы данных для ГИС-приложений анализа морской активности.

В качестве примера в применении методики оценки обстановки и системы моделей подробно приведена методика оценка возможности использования радионавигационной системы.

На основе предложенных методов обработки ГИ исследованы алгоритмы решения конкретных практических задач территориального анализа и регулирования.

В четвертой главе разработаны алгоритмы обработки ГИ и принцип их построения для решения задач оценки обстановки и перемещения в ближней морской зоне. Они включают: алгоритм оценки навигационно-гидрографической обстановки в районе плавания; алгоритм оценки навигационной оснащённости; алгоритм оценки средств и способов определения места; алгоритмы решения задачи по расчету оптимального пути.

Результирующим является алгоритм построения оптимальных маршрутов перемещения в морской зоне, который базируется на промежуточных результатах алгоритмов оценки обстановки в регионе морской активности.

На рис. 10 приведена обобщенная схема алгоритма задачи расчета оптимального пути, использующая предлагаемые во второй и третьей главах модели и методы географических объектов.

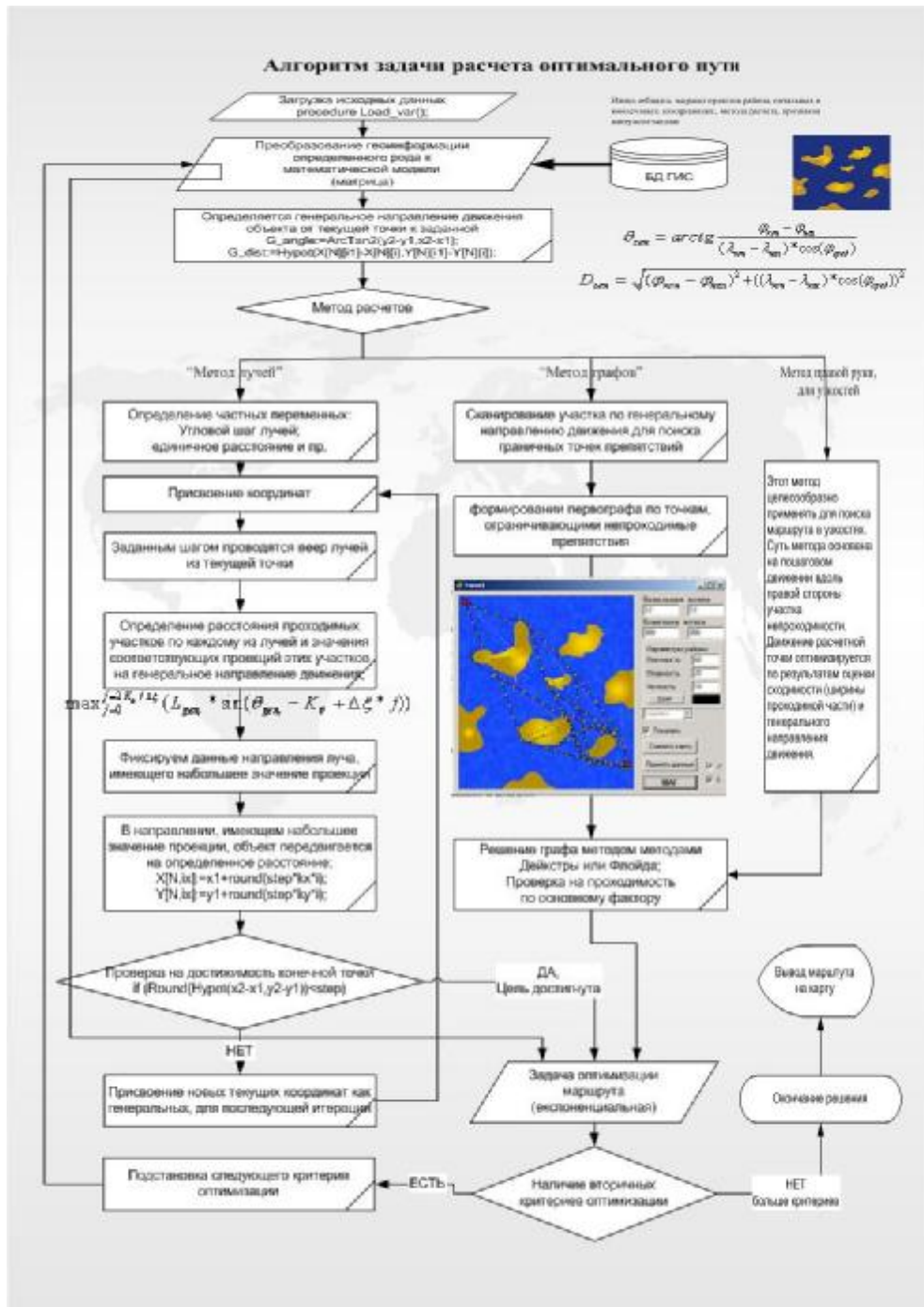


Рис.10. Алгоритм задачи расчета оптимального пути.

В качестве исходной матрицы оценочных критериев на базе карты подложки используется типичный растровый рисунок. Анализируемым критерием ассоциирующим проходимость участков Земной поверхности водным путем является уровень синей составляющей растра, единичным элементом матрицы при этом выступает один пиксель.

К практической реализации и последующей оценки были выбраны следующие алгоритмы поиска оптимального маршрута: метод лучей, для преимущественно открытых районов (авторский); метод графов; матричный метод; метод правой руки, для узкостей;

Каждый из методов имеет следующие этапы реализации: а) поиск возможных решений; б) отбраковка решений по основным критериям; в) оценка маршрутов по совокупности второстепенных критериев; г) оптимизация маршрутов.

Суть метода лучей заключается в совершении последовательности перемещений объекта на определенное расстояние по направлению, которое выбирается как максимальное значение проекции проходимого участка на генеральное направление движения.

$$\sum_{i=1}^n f(S_u, A_i(\max_{j=0}^{j=2K_q/\Delta x} (L_{gen_i} * \sin(q_{gen_i} - K_q + \Delta x * j))))),$$

где f - функция расчета координаты точки по расстоянию и азимуту.

Метод оптимален для участков, с преобладанием зон проходимости, иными словами для прибрежных районов, но не узкостей.

Для решения задачи задаются следующие основные постоянные значения: шаг движения объекта S_u ; угол между лучами веера $\Delta\xi$; пороговое значение основного критерия (значение «непроходимости» участка);

Решение задачи методом лучей осуществляется последовательной итерацией последовательности вычислений, указанных в алгоритме (рис.10).

Арбитром выступил машинный эксперимент для целей которого, на языке программирования Паскаль (Delphi 7) был написан модуль поиска оптимального пути с реализацией указанных алгоритмов. Внешний вид результатов работы программы представлен на рис. 11.

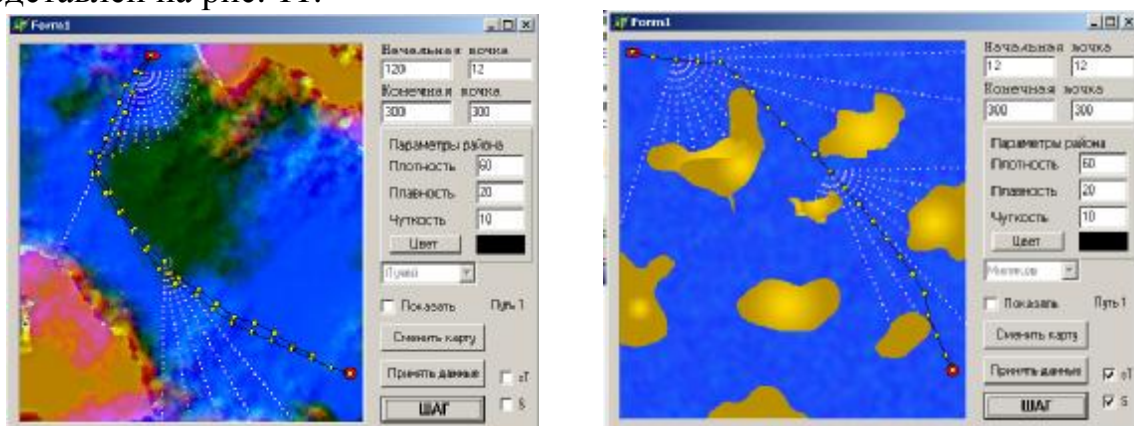


Рис.11. Экранные виды модуля поиска оптимального пути.

Проведена оценка качества отображения и оценки территориальной обстановки. Оценка проводилась с использованием цифровых карт разных масштабов для Дальневосточной части Российской Федерации.

Анализ полученных результатов показывает, что применение разработанных предложений позволяет повысить полноту анализируемой исходной информации более чем на 30%. Это происходит за счет учета всей совокупности взаимодейст-

вующих факторов обстановки (физико-географических, экономико-географических, территориальной активности и др.), оказывающих существенное влияние на свойства геоинформационных средств поддержки управления.

В **заключении** обобщены результаты диссертационного исследования. Обоснованы их научная новизна и практическая ценность. Приведены задачи, требующие дальнейших исследований, в частности разработки геоинформационных методов реализации принятого решения.

Отмечается, что разработанные положения для отображения и оценки обстановки в морской зоне целесообразно адаптировать для применения в других министерствах и ведомствах – Минобороны, Минтранса, Пограничной службы, Минприроды, Минсельхоза.

Методика формирования геообстановки и алгоритмы применения ГИ доведены до программной реализации и использовались в ходе выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В дальнейшем результаты исследования могут быть использованы при разработке и совершенствовании геоинформационных средств автоматизации управления территориальной активностью. Отдельные предложения по обработке ГИ могут быть применены в средствах специального математического, программного и информационного обеспечения функциональных задач комплексов средств автоматизации АСУ.

ВЫВОДЫ

1. В работе выполнен анализ требований к представлению и отображению обстановки на пунктах управления судоходством и существующих методов обработки ГИ с использованием ГИС, а также анализ возможностей средств геоинформатики для отображения и моделирования обстановки в морской зоне, который выявил необходимость разработки специальных моделей и методов для ГИС-приложений анализа и управления морской активностью в регионе.

2. Разработаны геомодели представления пространственной информации в ГИС территориального управления морской активностью в регионе, отличающиеся оригинальным геопространственным подходом к построению геообъектов, использованию в описании ГО пространственно-логических функций, что позволяет адекватно представлять в ГИС территориальные системы морской активности.

3. Разработаны методы использования ГИ в ГИС-приложениях для отображения обстановки в морской зоне и планирования перемещений в регионе, характеризующиеся многоуровневым представлением ГИ, минимизацией необходимого объема описаний ГО с помощью механизмов группировок, объединений, пространственно-логических функций, наследовании свойств, системы ссылок, имен, признаков и индексов, что обеспечивает ускорение процессов формирования и отображения геоситуации, обмена геоданными в ГИС специального назначения.

4. Разработаны алгоритмы обработки ГИ для решения задач перемещения в ближней морской зоне, варьирующие описательную и пространственную формы ГИ в процедурах анализа территориальной ситуации и планирования перемещения в регионе, использовании динамических характеристик объектов, что позволяет сочетать этапы автоматического формирования множества визуальных образов

геообстановки с выбором наилучших маршрутов переходов по результатам их геопространственного анализа.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Авторская методика представления геоинформации в ГИС ВМФ // Записки по гидрографии. – Санкт-Петербург, 2006 г., № 268. – с.:9-11.
2. Геоинформация на защите безопасности мореплавания // «Записки по гидрографии». – Санкт-Петербург, 1999 г. № 252а. – с.: 23-25.
3. «Планшет маневренный электронный относительный ПОЭМА». Алгоритмы решения навигационных задач. // Учебное пособие центра подготовки экипажей. – Таллинн, 1990 г. – с.: 18.
4. Методика проведения тренировок командного плавсостава с использованием мини-ЭВМ. // Методическое пособие командному составу - г. Мурманск-140, 1993 г. – с.:24.
5. «Информационные технологии в навигации» // Тезисы докладов международной научная конференция "Информатика - современное состояние и перспективы развития" кафедры информатики и вычислительной техники Российского гос.: пед. университета им.А.И.Герцена - Санкт-Петербург, 1998 г. – с.:41.
6. Геоинформационный метод отображения и анализа обстановки в системе берегового наблюдения. // Труды научно-теоретич. конф. «Современное состояние военно-морского образования» - СПбВМИ, 2001 г. – с.: 27-35.
7. Геоинформационная технология оценки обстановки с помощью электронных карт. // Труды научно-теоретич. конф. «Современное состояние военно-морского образования» - СПбВМИ, 2001 г., - с.: 34-37.
8. Геомоделирование в системе отображения и оценки обстановки в ближней морской зоне // Труды РИРВ, Сер. 1 (Навигация), № 3, (37). – 2003 г. – с.: 210 – 218. [Соавторы С.И.Биденко, Г.А.Семенов].
9. Геоинформационный анализ и оценка ситуации в радионавигационной системе освещения морской обстановки // Известия СПбГЭТУ (ЛЭТИ), Информатика, Управление и Компьют. технологии, Вып. 3., 2003 г. – с.: 89–97. [Соавтор С.И.Биденко].
10. Моделирование геоситуаций в ближней морской зоне // Труды Научн. техн. конф. ФВО ГМА им. адм. С.О. Макарова. – СПб: Изд-во ГМА, 2005 г. - с.: 230 – 237. [Совместно с С.И.Биденко]
11. Методика представления геообъекта в подсистеме отображения ГИС // Труды Научн. техн. конф. ФВО ГМА им. адм. С.О. Макарова. – СПб: Изд-во ГМА, 2005. - с.: 238 – 242.
12. Методика представления геообъекта в подсистеме отображения ГИС // Труды XVI-й межвузовской конференции «Военная радиоэлектроника», Петродворец: ВМИРЭ, 2005. - с.: 154 – 157.
13. Моделирование территориальной обстановки в ближней морской зоне // Труды Научн. техн. конф. ГМА им. адм. С.О. Макарова. – СПб: Изд-во ГМА, 2006. - с.: 219 – 225.