

На правах рукописи

Яготинцева

Яготинцева Наталья Владимировна

Методическое обоснование геоинформационной системы поддержки принятия
решения при управлении морским динамическим объектом

Специальность 25.00.35 – «Геоинформатика»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2017

Работа выполнена на кафедре Морских информационных систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ)

Научный руководитель: **Татарникова Татьяна Михайловна**
доктор технических наук, профессор кафедры Информационных систем ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

Научный консультант: **Соколов Александр Геннадьевич**
кандидат военных наук, профессор кафедры Морских информационных систем ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»

Официальные оппоненты: **Сикарев Игорь Александрович**
доктор технических наук, профессор кафедры Комплексного обеспечения информационной безопасности ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»

Паниди Евгений Александрович
кандидат технических наук, доцент кафедры Картографии и геоинформатики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»

Ведущая организация: АО «Концерн «Океанприбор»

Защита состоится «25» мая 2017 года, в 15:30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 при Российском государственном гидрометеорологическом университете: 195027, Санкт-Петербург, пр. Металлистов, д.3, ауд. 207

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета или на сайте <http://www.rshu.ru/university/dissertations/>

Автореферат разослан «__» _____ 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.197.03
д.т.н., профессор

Истомин Е.П.

Общая характеристика работы

Актуальность работы

Применение геоинформационных систем (ГИС) в управлении динамическими объектами является сложной комплексной задачей, требующей привлечения специальных математических моделей, методик и программно-аппаратных средств реализации ГИС. Особенно эта задача становится актуальной применительно к управлению кораблем, поскольку возникает необходимость в реальном масштабе времени получать информацию о местоположении, окружающей обстановке, метеорологических условиях, рассчитать загрузку пути, время прибытия и на основе этих данных принимать решения о прокладке и корректировке маршрута.

Анализ тенденций, перспектив и направлений развития систем управления морскими динамическими объектами свидетельствует, что это направление развивается в сторону интеграции существующих комплексов, станций, систем и функциональных элементов в единую геоинформационную систему корабля, построенную на технологии локальной сети с коммутацией сегментов, а не на основе парных связях, как это реализовано в настоящее время.

С другой стороны, реализация ГИС поддержки принятия решения при управлении кораблем связана с рядом проблем, таких как необходимость оперировать большими объемами разнородных геоданных, поступающих от разных источников и зачастую в несовместимых форматах; стесненность площади для реализации инфраструктуры ГИС на корабле; отсутствие комплексного подхода проектирования подобных ГИС с учетом существующих ограничений на ее производительность и надежность.

Управление морскими динамическими объектами на основе геоданных представляет собой сложную многоуровневую систему, которая должна включать ГИС различного уровня:

- ГИС мобильного объекта;
- ГИС управления мобильными объектами в определенном участке пространства, такого как ограниченная территория или акватория;

– глобальную ГИС, например страновую, морскую, океаническую или другого участка пространства.

Интегрирование навигационных информационных систем с системами управления морскими динамическими объектами открывает еще более широкие возможности по обеспечению безопасности плавания и автоматизации процесса судовождения с учетом атрибутивных (некоординатных) характеристик корабля, включающих: технические параметры систем, управляющие сигналы, динамику реализации сигналов управления и др. Такой подход широко применяется для различных объектов – авиационных, автомобильных, морских и др. Значимость учета атрибутивных характеристик возрастает с ростом сложности объекта и системы принятия решений. Морские динамические объекты среди перечисленных представляются наиболее сложными и роль человеческого фактора для управления ими является наиболее значимым.

Указанные обстоятельства требуют искать новые пути реализации ГИС принятия решения при управлении морским динамическим объектом и определили цель диссертационного исследования.

Цель диссертации: теоретическое обоснование, разработка и исследование методов, моделей и алгоритмов расчета функциональных характеристик ГИС корабля и создания на этой основе методики структурного синтеза ГИС корабля с заданным набором качеств.

Объектом исследования является распределенная геоинформационная система морского динамического объекта, построенная на основе транспортной информационной сети корабля.

Предметом исследования являются аналитические и аналитико-статистические имитационные модели и методики структурно-функционального анализа проектных вариантов ГИС корабля.

Степень разработанности проблемы. В процессе исследования были изучены труды отечественных и зарубежных ученых, среди многих работы .И. Алиева, Ю.И. Рыжикова, П.П. Бескида, Е.П. Истомина, Л. Клейнрока, О.И. Кутузова, Т.М. Татарниковой, К. Шеннона, И.К. Лурье, В. Столлингса, А.И. Яшина

Проанализированы материалы научных организаций, нормативно-правовые документы, программы и концепции федеральных и региональных органов власти, связанные с построением ГИС в управлении динамическими объектами.

Для достижения поставленной цели в работе были поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Разработана концептуальная модель ГИС корабля, как морского динамического объекта в геоинформационном пространстве, представленная на уровне информационных ресурсов, программного обеспечения и технических средств, отражающих функциональное назначение ГИС и ее архитектуру.

2. Разработана система математических моделей по оценке времени передачи данных в ГИС корабля для всех этапов информационного взаимодействия.

3. Разработана методика проектирования структурно-функциональной модели ГИС корабля, основанная на последовательном приближении ГИС к заданному набору свойств.

4. Выполнена программная реализация экспертной системы по выбору структуры ГИС корабля.

Методы исследования.

Решение сформулированной в диссертации научной задачи базируется на методах системного анализа, теории графов, теории вероятности, случайных процессов и математической статистики, сетей и систем массового обслуживания, методов численного анализа, методов теории оптимизации, имитационного моделирования.

Научная новизна результатов исследования заключается в комплексном подходе к выявлению путей повышения качества геоинформационного обеспечения для лиц принимающих решение в задачах мореплавания и повышения его безопасности, что позволило создать на этой основе научные и методические предпосылки для совершенствования процесса управления морским динамическим объектом.

Существующие геоинформационные системы и возможность их взаимодействия с навигационным оборудованием были детализированы и

дополнены оригинальными концептуальными и математическими моделями и требованиями, а также авторскими моделями и методиками, позволяющими обеспечить формирование ГИС принятия решения при управлении кораблем с заданным набором качеств.

К основным **научным результатам диссертации**, которые определяют новизну исследования, относятся:

1. Концептуальная модель ГИС корабля отличается описанием иерархии компонентов, поддерживающих функциональность ГИС, что позволяет выполнить структурную оптимизацию ГИС корабля под цели плавания.

2. Система математических моделей отличается сочетанием аналитического и статистического методов моделирования на всех этапах прохождения сигнала, включая установление соединения и повторную передачу в случае ошибки, что позволяет точнее оценить время передачи данных в условиях близких к реальным.

3. Методика проектирования структурно-функциональной модели ГИС корабля отличается комбинированным применением автоматической генерации вариантов ГИС и экспертных данных по выбору моделей ее построения, что позволяет осуществлять многокритериальную процедуру проектирования ГИС корабля.

4. Экспертная система, реализующая методику проектирования структурно-функциональной модели ГИС корабля, отличается применением сценарного подхода, что позволяет получить варианты инфраструктурных решений с учетом существующих модулей построения ГИС.

Теоретическая значимость исследования состоит в дальнейшем развитии методов, моделей и технологий построения геоинформационной системы поддержки принятия решения при управлении морским динамическим объектом.

Практическое значение работы

Практическая ценность результатов диссертационной работы заключается в полученных расчетных выражениях, алгоритмах и методике, реализующих проектирование инфраструктуры геоинформационной системы корабля, которые

могут быть рекомендованы для использования при проектировании интегрированных систем управления морским динамическим объектом.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.35 «Геоинформатика» (Технические науки) по следующим пунктам:

п. 2 «Технические средства сбора, регистрации, хранения, передачи и обработки геоинформации с использованием вычислительной техники»;

п.3 Геоинформационные системы (ГИС) разного назначения, типа (справочные, аналитические, экспертные и др.), пространственного охвата и тематического содержания;

п. 10 «Телекоммуникационные системы сбора, анализа, обработки и распространения пространственно-временной геоинформации».

Достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность научных и практических положений и рекомендаций подтверждены результатами моделирования и экспериментальных исследований.

Апробация работы

Основные научные результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались и были одобрены на VII-й Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России», Санкт-Петербург, 26-28 октября 2011 г.; 67-й научно-технической конференции, посвященной дню радио, Санкт-Петербург, май 2012 г.; XIV-й Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика «РИ-2014», Санкт-Петербург, 29-31 октября 2014 г.; IV-й Международной НПК «Информационные технологии в сервисе» ITS-2014, 18-19 декабря 2014 г.; международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке», Тамбов, 31 января 2012 г. и 2015 г.; IX-й Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России», Санкт-Петербург, 28-30 октября 2015; кафедральных семинарах (РГГМУ 2011-2016 гг.).

Получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016611252 «Программа оптимизации структуры защищенной компьютерной сети с применением генетического алгоритма», №2016611251 «Экспертная система выбора оптимальных средств защиты электронного контента».

Публикации

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК, а также 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад автора. Все результаты, представленные в работе, получены соискателем в соавторстве при его непосредственном участии.

Результаты, выносимые на защиту:

1. Концептуальная модель ГИС корабля.
2. Система математических моделей оценки времени передачи данных в ГИС корабля.
3. Методика проектирования структурно-функциональной модели ГИС корабля.
4. Экспертная система автоматизированного выбора структурно-функциональной модели ГИС корабля.

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 128 страницах, включая 43 рисунка и 4 таблицы. Список используемой литературы включает 79 наименований.

Во введении раскрывается актуальность решения научной задачи, сформулированы объект, предмет, цели и задачи исследования, показана теоретическая и практическая значимость работы, приведено краткое содержание работы по разделам, и перечислены основные научные результаты, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ элементов геоинформационной системы поддержки принятия решения при управлении морским динамическим объектом» дается характеристика корабля как динамического объекта в геоинформационном

пространстве, определяются основные элементы геоинформационного пространства, среди которых определена важность использования электронных карт для повышения безопасности мореплавания и обеспечения своевременного принятия обоснованных решений судоводителем при управлении кораблем.

Предложена концептуальная модель распределенной ГИС корабля, представленная в виде трехслойной структуры: внутренний слой, соответствует информационному обеспечению, средний – программному обеспечению и внешний – аппаратному обеспечению. Подробно рассматривается обеспечение для каждого слоя.

Информационное обеспечение ГИС корабля определяют картографические данные, данные, необходимые для управления кораблем, вместе они образуют электронные картографические навигационные информационные системы (ЭКНИС) и атрибутивные данные. В работе рассмотрены основные характеристики, принцип работы ЭКНИС и требования международных организаций и стандартов к ним. Определена статическая, динамическая и атрибутивная информация, необходимая для управления кораблем и обеспечивающая его идентификацию в геоинформационном пространстве.

Программное обеспечение реализует функциональные возможности ГИС и состоит из базового программного обеспечения, такого как операционные системы, системы управления базами данных, системы визуализации данных и других, и прикладного программного обеспечения, предназначенного для решения специализированных задач судовождения, обработки сигналов, обработки и передачи данных и других.

Аппаратный слой ГИС представлен шестью функциональными модулями (ФМ), состоящих из устройств и средств, реализующих соответствующую функцию (рис. 1).

Концептуальное представление ГИС позволило предложить ее структурно-функциональную модель, которая детализирует процесс взаимодействия лица, принимающего решение (ЛПР) при управлении объектом, с серверной частью ГИС. Транспортной основой распределенной ГИС является локальная вычислительная сеть с коммутацией сегментов, технология построения которой позволяет

одновременно передавать данные между всеми взаимодействующими парами «Клиент-Сервер» (рис. 2).

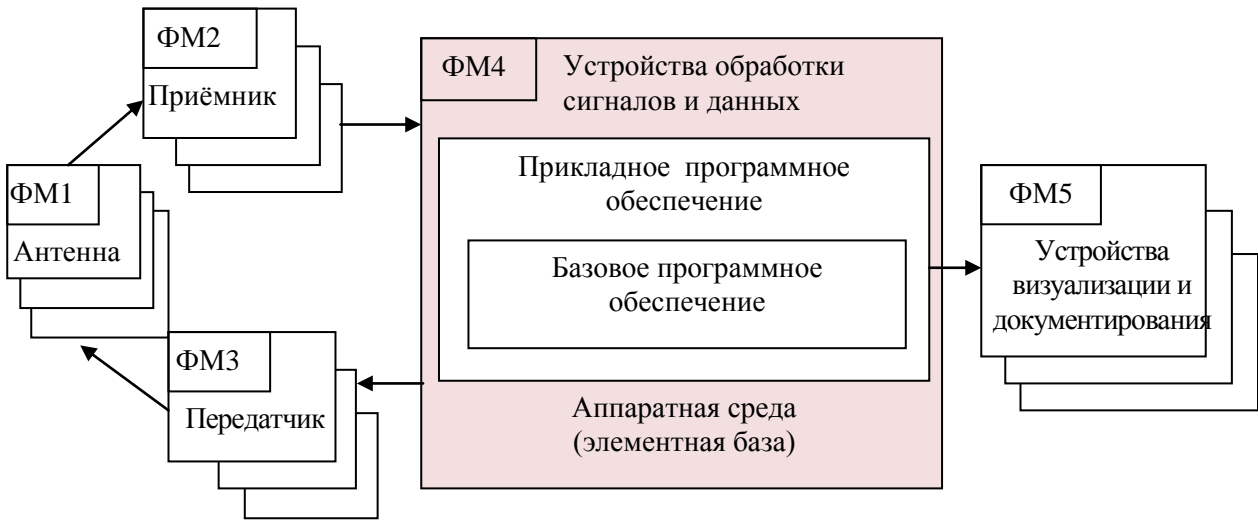


Рисунок 1 - Модель аппаратного обеспечения ГИС корабля

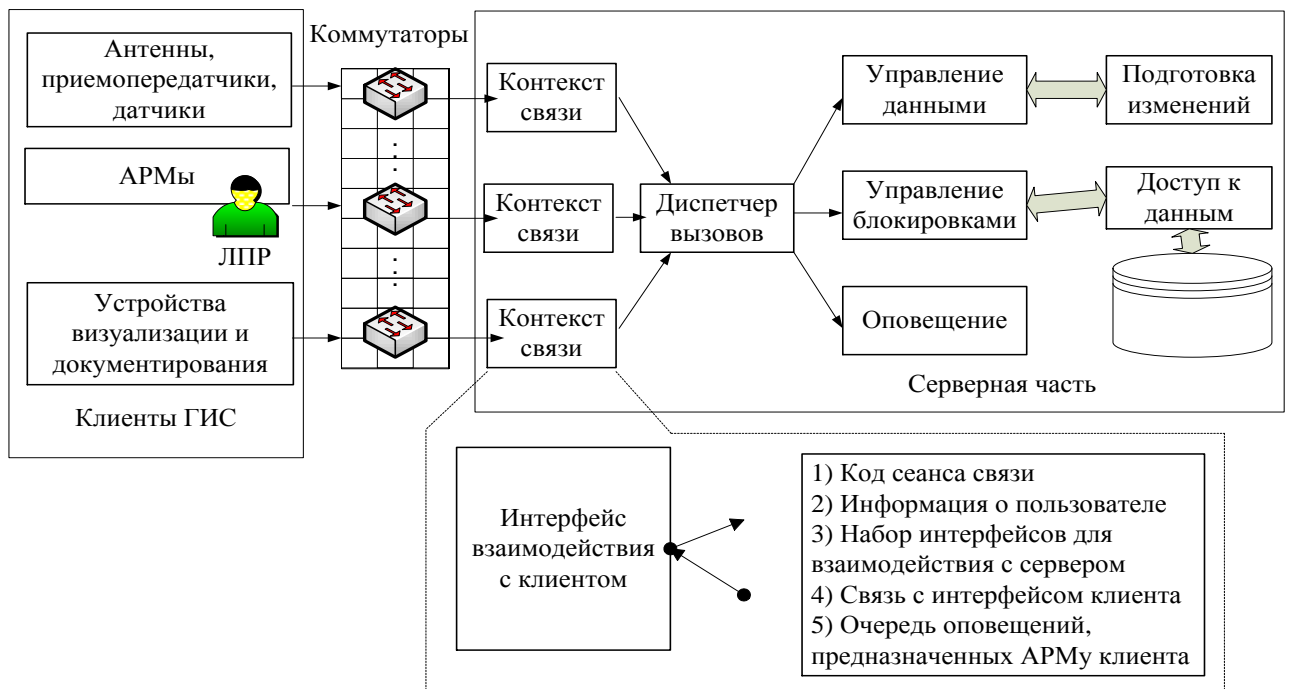


Рисунок 2 - Схема взаимодействия лица принимающего решение при управлении кораблем с серверной частью ГИС корабля

Структурно-функциональная модель определяет контекст связи ЛПР с серверной частью ГИС как сложный процесс, включающий необходимость

предварительного установления соединения, наличие последовательных этапов передачи данных, необходимости наличия альтернативных маршрутов доставки данных и, как следствие, возможного появления очередей.

Структурно-функциональная модель ГИС корабля количественно представлена как

$$G = f(P, C, S), \quad (1)$$

где G – структурно-функциональная модель ГИС корабля;

P – множество параметров, которые задаются как технические требования на функциональные модули ГИС;

C – множество стоимостных характеристик функциональных модулей ГИС;

S – множество пространственных параметров (форм-факторов) функциональных модулей ГИС.

Таким образом, задача диссертационного исследования сформулирована, как задача разработки методического обеспечения для проектирования облика ГИС корабля под заданные цели плавания и учетом ограничений на требуемые показатели производительности ГИС при работе с актуальными данными. Выбор облика ГИС (структурно-функциональной модели ГИС) решается как целочисленная задача условной многопараметрической оптимизации с ограничениями второго рода по стоимости, производительности и ограничений на площади, выделяемые под проект ГИС:

$$C \rightarrow \min_P \quad (2)$$

где C – стоимость ГИС, которая является аддитивной функцией стоимостных характеристик ее составных элементов;

$$\bar{t}_{\text{дост}}(G) \leq T_{\text{доп}}, \quad (3)$$

где $\bar{t}_{\text{дост}}(G)$ – среднее время доставки данных клиенту ГИС;

$T_{\text{доп}}$ – ограничения на время доставки, рекомендуемые стандартами распространения пространственных данных;

$$S \leq S_{\text{доп}}, \quad (4)$$

где $S_{\text{доп}}$ – ограничения на выделяемые площади под ГИС на корабле.

Во второй главе «Система моделей оценки производительности геоинформационной системы поддержки принятия решений при управлении кораблем» согласно контексту связи лица, принимающего решение, с серверной частью ГИС предложены следующие математические модели:

М1 – модель установления соединения в распределенной ГИС корабля;

М2 – модель оценки времени передачи данных клиенту ГИС от момента получения запроса;

М3 – модель оценки времени решения задачи

Система моделей охватывает все этапы информационного взаимодействия «Клиент-Сервер» и позволяют оценить время прохождения геоинформации по всем функциональным модулям ГИС:

$$t_{\text{дост}} = t_{\text{у.с}} + t_{\text{п.д}} + t_{\text{обр}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{дост}}$ – время доставки данных;

$t_{\text{у.с}}$ – время, необходимое на установление соединения;

$t_{\text{п.д}}$ – время передачи данных получателю;

$t_{\text{обр}}$ – время решения задачи.

Время установления соединения оценивается средствами имитационного моделирования (модель М1) и определяется как

$$t_{y.c} = \sum_{i=1}^{n_{тр}} t_{тp i} + \sum_{i=1}^{n_{o.в}} t_{o.в i} + n_p t_p \quad (6)$$

где $n_{тр}$ – число транзитов, пройденных вызовом при установлении соединения;

$n_{o.в}$ – число транзитов, на которые пришлось вернуться вызову в режиме «обратной волны» для поиска альтернативного маршрута;

n_p – число рестартов в зафиксированной реализации процесса установления соединения; в общем случае $0 < n_p < n_{доп}$, где $n_{доп}$ – допустимое число рестартов при установлении соединения;

$t_{тp i}$ – время прохождения i -го транзита;

$t_{o.в i}$ – время прохождения i -го транзита в режиме «обратной волны»;

t_p – время, отведенное на рестарт.

Суть модели М1 заключается в том, что случайным образом разыгрываются неработоспособные узлы и транзиты распределенной ГИС и определяется время установления соединения в заданных условиях. Модель позволяет оценить важные параметры, такие как количество альтернативных маршрутов, допустимое число неработоспособных коммутаторов и транзитов, необходимое количество попыток для повторной передачи, чтобы сохранить живучесть сети, то есть ее работоспособность.

Исходными данными в модели М1 являются структурная и потоковая метрики и ограничения, при которых должно выполняться моделирование. Результатом моделирования являются статистики, позволяющие оценить вероятность установления соединения за время, не превышающее допустимое, средние и среднеквадратические оценки значения $t_{y.c}$.

Оценка времени передачи данных в ГИС корабля (модель М2) решена с применением аппарата теории очередей и преобразования Лапласа-Стилтьеса

$$\beta(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} dB(t), \quad (7)$$

где s – параметр преобразования Лапласа-Стилтьеса;

$B(t)$ – функция распределения времени обслуживания.

Распределение времени передачи данных клиенту ГИС от момента получения запроса задается как экспоненциальная функция распределения:

$$B_k(t) = 1 - e^{-\mu_k t}, \quad (8)$$

где $\mu_k = C / L_k$ – пропускная способность канала в пакетах данных,

C – пропускная способность канала в битах,

L_k – длина пакета данных k -го класса, $k = \overline{1, K}$.

Исходными данными в модели М2 являются множество транзитов маршрута и мощность этого множества. Результатом является определение «узкого» места маршрута, то есть этапа или этапов информационного взаимодействия, вносящих наибольшую задержку в значение времени передачи данных $t_{п.д.}$

Математической базой для оценки время решения задачи в АРМ $t_{обр}$ (модель М3) выбраны разомкнутые сети массового обслуживания

$$t_{обр} = \frac{1}{I} \sum_{j=1}^N \lambda_j T_j, \quad (9)$$

где I – интенсивность прихода заданий в АРМ;

λ_j – интенсивность прихода заданий на j -й узел АРМ;

T_j – время обслуживания j -м узлом АРМ;

N – количество узлов АРМ (процессоров, внешних запоминающих устройств).

Исходными данными в модели М3 являются множество процессоров с быстродействием [операций/с], трудоемкость обслуживания отдельного решения [операций/с], число обращений к внешнему запоминающему устройству, интенсивность обслуживания заданий [1/с].

Модель МЗ позволяет найти схему комплексирования клиентской части ГИС с серверной.

В третьей главе «Методика проектирования структурно-функциональной модели геоинформационной системы корабля» предложена оригинальная методика формирования инфраструктуры ГИС поддержки принятия решения при управлении кораблем, основанная на последовательном приближении ГИС к заданному набору свойств (2) – (4).

Методика включает в себя, во-первых, алгоритм решения, обеспечивающий формирование инфраструктуры ГИС и во-вторых, приближение архитектуры ГИС к заданному набору свойств.

Алгоритм формирования инфраструктуры ГИС состоит из следующих действий:

1. Определение исходных данных для построения ГИС.

Исходными данными являются назначение объекта и морской район. Определение категории объекта позволяет определить количество АРМ и предполагаемый объем геоинформации. Минимальный состав оборудования на корабле дает морской район, который в Российской Федерации определяется Глобальной морской системой связи при бедствии (рис. 3).

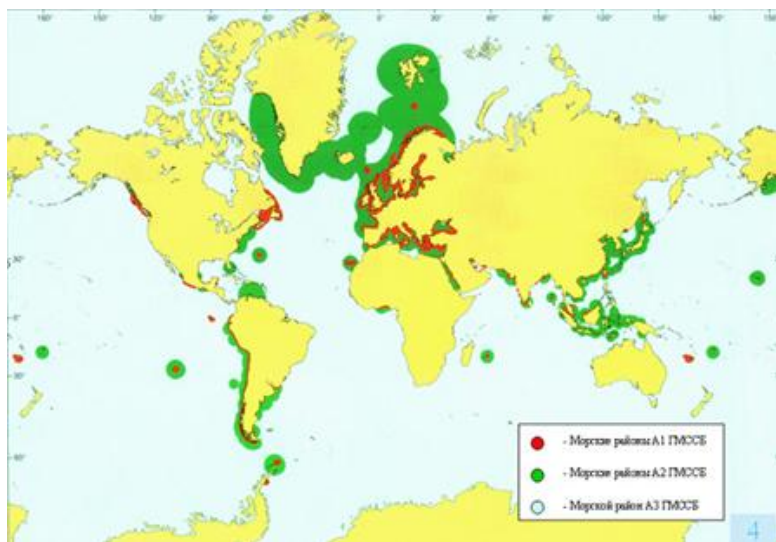


Рисунок 3 - Районы плавания

Минимальный состав оборудования в зависимости от района плавания приведен на рис.4.

Район			оборудование
A1	A2	A3	УКВ радиостанция
			АИС
A1	A2	A3	Приемник ЦИВ
			Приемник НАВТЕКС
A1	A2	A3	Аварийный радиобуй
A1	A2	A3	Носимые УКВ
			СЧПВ – радиоустановка с радиотелефоном
A1	A2	A3	Судовая земная станция «Инмарсат-С» с приемником расширенного группового вызова
A1	A2	A3	ПВ/КВ – радиоустановка с радиотелефоном, ЦИВ и УБПЧ
			ПВ/КВ – радиоустановка для радиосообщений общего назначения
A1	A2	A3	Радиопередатчик 500 КГц
			Радиоприемник 500 КГц

Рисунок 4 - Минимальный состав оборудования

2. Оценка временных характеристик.

Требования к времени обработки информации определяются исходя из времени приема пространственной информации с функциональных модулей ФМ1, ФМ2 и ФМ3 структурно-функциональной модели ГИС. Допустимое время передачи данных $T_{\text{доп}}$ будет прямо пропорционально удаленности источника распространения сигнала:

– в морском районе А1 максимальное расстояние от берегового источника составляет 30 миль, или приблизительно 48,28 км. Зная скорость распространения радиоволн $T_{\text{доп}} = 32,1 \cdot 10^{-5}$ с.

– в морском районе А2 максимальное расстояние от берегового источника составляет 100 миль, или приблизительно 160 км, следовательно $T_{\text{доп}} = 106 \cdot 10^{-5}$ с.

– в морских районах А3 и А4 для навигации используется спутниковые системы, в таком случае максимальное расстояние от источника составляет 20000 км, следовательно $T_{\text{доп}} = 0,65 \cdot 10^{-1}$ с.

Проведенные эксперименты на моделях М1-М3 показали, что $t_{y.c}$ от приемника до АРМ не превышает 50 мс. Тогда $t_{\text{дост}}$ в каждом районе плавания составит:

для морского района А1 $t_{\text{дост}} = 5,032 \cdot 10^{-2}$ с

для морского района А2 $t_{\text{дост}} = 5,1 \cdot 10^{-2}$ с

для морского района А3 и А4 $t_{\text{дост}} = 11 \cdot 10^{-2}$ с

Ограничение по времени обработки информации на АРМ, для каждого морского района составит:

для морского района А1 $t_{\text{обр}} = 194,97 \cdot 10^{-2}$ с

для морского района А2 $t_{\text{обр}} = 194,90 \cdot 10^{-2}$ с

для морского района А3 и А4 $t_{\text{обр}} = 189 \cdot 10^{-2}$ с

3. Определение полного списочного состава элементов с техническими характеристиками, на которых строится ГИС, таких как канал связи и АРМы (процессор, жесткий диск, оперативная память) удовлетворяющего требованию производительности ГИС.

В случае если в списочном составе имеется по одному наименованию элементов, то этот список является единственным сценарием для комплексования аппаратуры, удовлетворяющего требованиям. В обратном случае, проводится оптимизация структуры по стоимости и эргономике.

При невыполнении директивных требований к передаче данных и обработке информации применяется характеристическое преобразование Лапласа-Стилтьеса, для определения «узкого» места маршрута от источника i к приемнику j . Это «узкое место» является причиной увеличения времени передачи данных.

Последовательность действий для приближения архитектуры ГИС к заданному набору свойств состоит в следующем:

1. Анализ исходных данных.

1.1. Определение минимального количества АРМ исходя из назначения и категории корабля.

1.2. Определение минимального состава оборудования в зависимости от морского района плавания.

1.3. Определение количества узлов сети в зависимости от морского района плавания.

2. Расчет временных характеристик.

2.1. Определение $t_{y,c}$ согласно модели М1.

2.2. Определение временных характеристик передачи данных $t_{п,д}$ в зависимости от морского района плавания согласно модели М2.

2.3. Определение $t_{обр}$ для каждого морского района плавания согласно модели М3.

2.4. Определение времени доставки данных $t_{дост}$ до лица принимающего решение при управлении кораблем суммируя результаты пп. 2.1, 2.2, 2.3.

2.5. Проверка условия ограничения на время доставки, рекомендуемые стандартами распространения пространственных данных $t_{дост} \leq T_{доп}$.

3. Определение полного списочного состава структурно-функциональной модели ГИС.

3.1. Определение модели и количества коммутаторов как компонента локально вычислительной сети, исходя из директивных характеристик установления соединения, рассчитанных в п. 2.1.

3.2. Определение вида кабеля, исходя из директивных характеристик установления соединения и времени передачи, рассчитанных в п. 2.1 и п. 2.2.

3.3. Определение списка моделей процессоров, исходя из директивных характеристик обработки информации, рассчитанных в п. 2.3.

3.4. Определение списка моделей ОЗУ, поддерживаемые процессорами.

3.5. Определение списка моделей жесткого диска, исходя из директивных характеристик обработки информации, рассчитанных в п. 2.3.

3.6. Оптимизация списка оборудования обработки информации на АРМ по стоимостным характеристикам.

4. При невыполнении условия ограничения на время доставки, рекомендуемые стандартами распространения пространственных данных.

4.1. Определение участка маршрута, вносящего наибольшую задержку, исходя из модели «узкое место».

4.2. Рекомендации замены узкого места на другой узел с лучшими характеристиками производительности.

В четвертой главе «Экспертная система по выбору структуры ГИС корабля» раскрываются особенности программной реализации экспертной системы, которая

автоматизирует методику проектирования структурно-функциональной модели ГИС корабля.

Выбор варианта инфраструктурного решения построения ГИС основан на сценарном подходе и алгоритме «прямой волны», согласно которому поиск решения идет от исходных данных к целевому параметру.

Экспертная система построена по модульному принципу и состоит из следующих компонентов: рабочей памяти, называемой также базой данных, базы знаний, решателя, подсистем приобретения знаний, объяснений и диалога.

База данных состоит из девяти таблиц (рис. 5), которые при необходимости могут дополняться и редактироваться. Таблицы хранят в себе данные о навигационном оборудовании, наличие которого определено в требованиях ГМССБ, компонентами для формирования сети и наиболее важных компонентах АРМ.

База знаний определяет правила работы экспертной системы и имеет следующую логическую структуру:

– для определения количества АРМ:

Если $\langle \text{категория корабля} \rangle = \langle \text{«наименование»} \rangle$, то $\langle \text{количество АРМ} \rangle = n$;

– для определения количества узлов и времени доставки данных до приемника:

Если $\langle \text{морской район} \rangle = A_i, i = \overline{1, 4}$, то $\langle \text{количество узлов без АРМ} \rangle = N$, $\langle \text{время доставки} \rangle = t_{\text{дост}}$;

– для определения сценариев:

Если $\langle t_{\text{дост}} + t_{y.c} + t_{\text{обр}} \rangle < \langle T_{\text{доп}} \rangle$, то $\langle \text{вывести полный списочный состав аппаратного слоя ГИС} \rangle$;

Если $\langle \text{в списочном составе больше одного наименования в категориях} \rangle$, то оптимизировать по цене;

Если $\langle t_{\text{дост}} + t_{y.c} + t_{\text{обр}} \rangle > \langle T_{\text{доп}} \rangle$, то найти «узкое место».

Решатель, исходя из определения типа транспорта и морского района плавания, определяет количество узлов ГИС и оценивает время доставки данных до системы с целью определения ограничений. В соответствии с моделями М1, М2, М3 решатель формирует списочный состав элементов ГИС.

Интерфейс экспертной системы предусматривает ввод исходных данных в режиме диалога, выбор района плавания, границы которого визуализируются на карте, выход на решатель и базу данных (рис. 6).

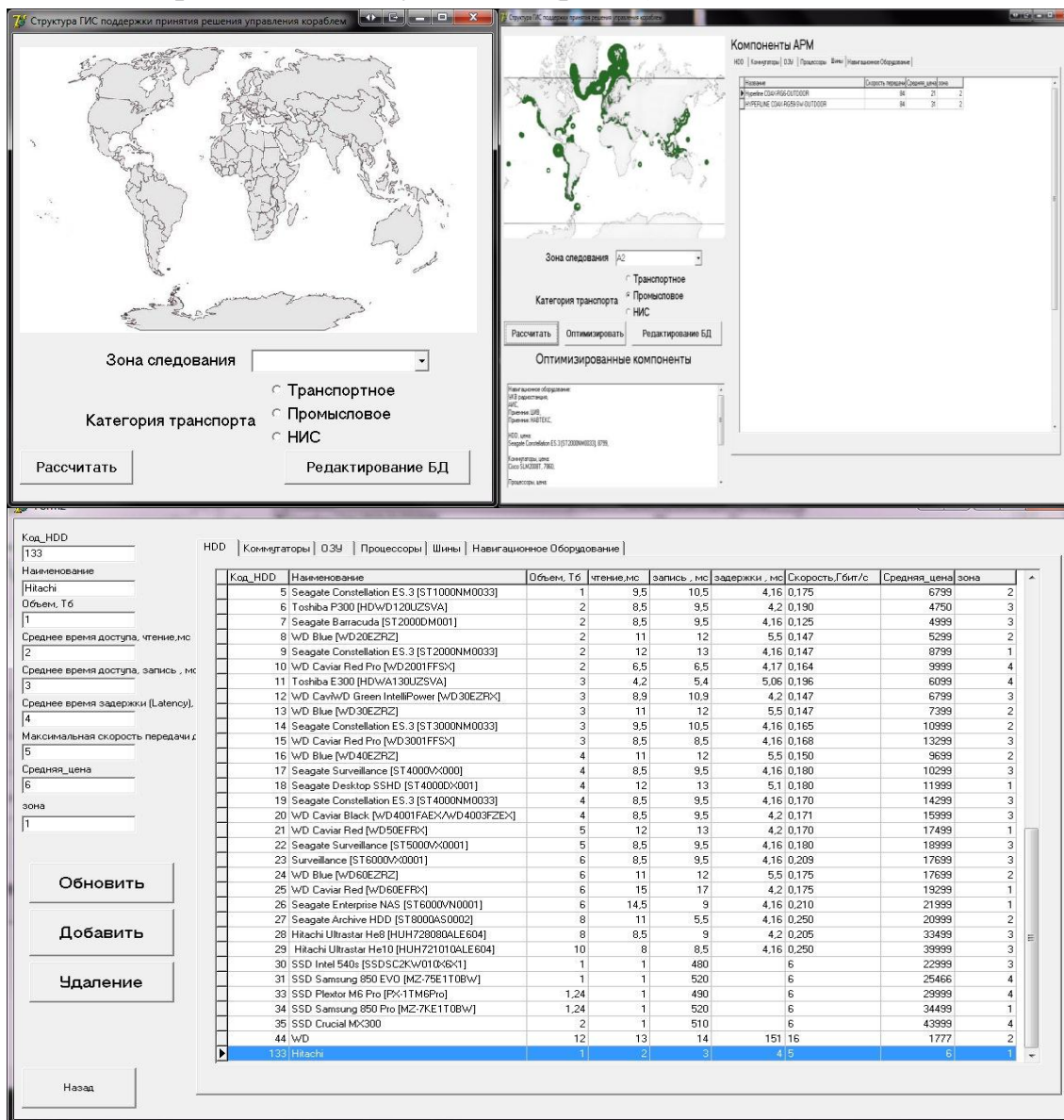


Рисунок 6 - Интерфейс экспертной системы

Экспертная система доступна для обновления информации, пополнения новыми правилами, расширения рабочей памяти.

Заключение

В работе были получены следующие основные результаты:

1. Обоснована необходимость интеграции оборудования ГИС поддержки принятия решений при управлении кораблем в единую инфраструктуру для

возможности перехода от функционально-специализированных архитектур средств обработки сигналов и данных к распределенной сетевой обработке, обеспечивающей взаимодействие комплексов, станций, систем и функциональных элементов не на основе парных связей, а на основе базовой информационной транспортной сети.

2. Предложена концептуальная модель ГИС кораблем, представленная на уровне информационных ресурсов, программного обеспечения и технических средств, отражающих функциональное назначение ГИС и ее архитектуру.

3. Разработана система математических моделей по оценке производительности ГИС поддержки принятия решений при управлении кораблем для всех этапов информационного взаимодействия. Система моделей отличается сочетанием аналитического и статистического методов моделирования на всех этапах прохождения сигнала, включая установление соединения, передачу и обработку данных. Проведены эксперименты на моделях и получены соответствующие результаты.

4. Разработана методика проектирования структурно-функциональной модели ГИС, предназначенная для решения задачи формирования инфраструктуры ГИС поддержки принятия решения при управлении кораблем, которая включает в себя архитектуру ГИС и последовательность действий для приближения этой архитектуры к заданному набору свойств. Подробно описаны этапы методики проектирования структурно-функциональной модели ГИС корабля и пошаговый алгоритм проектирования структурно-функциональной модели ГИС, отличающийся комбинированным применением этапов автоматической генерации вариантов архитектуры ГИС и экспертных данных.

5. Разработана экспертная система по выбору облика ГИС корабля в рамках программной реализации методики проектирования структурно-функциональной модели ГИС, которая позволяет в диалоговом режиме формировать списочный состав функциональных модулей и оборудования, необходимого при проектировании. На основе логики, прописанной в базе знаний, реализовано

взаимодействие решателя с рабочей памятью экспертной системы и применение математических моделей по оценке производительности проектируемой ГИС.

Список публикаций по теме диссертации

в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Яготинцева Н.В. Характеристика проблемы интеграции образцов радиоэлектронного вооружения корабля / Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2012. № 25. С. 156-162

2. Яготинцева Н.В. Оценка функциональной надежности корабельной сети передачи данных/ Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2014. Т. 57. № 9. С. 62-66.

3. Яготинцева Н.В. Вероятностная модель установления соединения в инфокоммуникационной сети/ Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2017. Т. 60. № 2. С. 157-166.

Другие публикации:

4. Яготинцева Н.В. Новый подход к организации информационной инфраструктуры корабля / Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. //67-я научно-техническая конференция, посвященная дню радио: Сб. науч. тр. // СПб. 2012. С. 24-25.

5. Яготинцева Н.В. Модель оценки характеристик локальной вычислительной сети корабля / Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // В сборнике: Теоретические и прикладные проблемы науки и образования в 21 веке: Сб. науч. тр. Международной заочной научно-практической конференции: в 10 частях. 2012. С. 143-144.

6. Яготинцева Н.В. Задача синтеза системы защиты корпоративной информации: постановка и этапы решения/ Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Наука и образование в XXI веке сборник научных трудов по материалам: Сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции: в 34 частях. 2013. С. 135-136.

7. Яготинцева Н.В. Принципы организации экспертной системы выбора структуры локальной сети корабля / Татарникова Т.М. // Современное общество,

образование и наука сборник научных трудов по материалам: Сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции: в 16 частях. 2015. С. 142-144.

8. Яготинцева Н.В. Интеграция образцов радиоэлектронного вооружения на основе информационной транспортной сети корабля/ Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Региональная информатика и информационная безопасность сборник трудов. Сб. науч. тр. Санкт-Петербургское общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. 2015. С. 148-151.

9. Яготинцева Н.В. Защита ресурсов ГИС / Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Региональная информатика и информационная безопасность сборник трудов: Сб. науч. тр. Санкт-Петербургское общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. 2015. С. 222-227.

10. Яготинцева Н.В. Предоставление услуг передачи данных на корабле/ Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Инновационные технологии в сервисе: Сб. науч. тр. IV Международной научно-практической конференции. Под ред. А. Е. Карлика. 2015. С. 321-322

11. Яготинцева Н.В. Услуги по защите ресурсов геоинформационных систем. / Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Инновационные технологии в сервисе: Сб. науч. тр. IV Международной научно-практической конференции. Под ред. А. Е. Карлика. 2015. С. 322-324.

12. Яготинцева Н.В. Имитационная модель установления соединения на сети/ Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Научный альманах. 2016. № 2-2 (16). С. 393-397.

13. Яготинцева Н.В. Модель создания единого информационного пространства на корабле/ Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Научный альманах. 2016. № 1-1 (15). С. 517-521.

14. Яготинцева Н.В. Модель информационной транспортной сети корабля / Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. // Региональная информатика и информационная безопасность сборник трудов: Сб. науч. тр. Санкт-Петербургское общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. 2016. С. 415-418.

15. Яготинцева Н.В. Модель информационной транспортной сети корабля / Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. //В сборнике: Региональная информатика и информационная безопасность: Сб. науч. тр. СПИИРАН. 2016. С. 415-418

16. Свидетельства о регистрации № 2016611252 Российская Федерация, Программа оптимизации структуры защищенной компьютерной сети с применением генетического алгоритма/Истомин Е.П., Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В., Богданов П.Ю.; заявитель и правообладатель РГГМУ. – Оpubл. 28.01.2016

17. Свидетельства о регистрации №2016611251 Российская Федерация, Экспертная система выбора оптимальных средств защиты электронного контента/ Истомин Е.П., Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В., Богданов П.Ю.; заявитель и правообладатель РГГМУ. – Оpubл. 28.01.2016