

2.7. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 004.94

DOI/10.48612/spbrc/zv9d-f2eg-8f1z

Геоинформационные системы для управления морской деятельностью

*П.Н. Волгин¹⁾, В.П. Говорухин²⁾, В.А. Родионов²⁾,
Н.Н. Ильина²⁾, М.И. Орлова²⁾*

¹⁾ Акционерное общество «СПИИРАН – Научно-Техническое Бюро Высоких Технологий» (СПИИРАН – НТБВТ)
199178, Санкт-Петербург, 16-я линия В.О., дом 37

²⁾ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научный центр Российской академии наук
199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, дом 5

Введение

Эффективное решение широкого комплекса задач по обеспечению непрерывного всеобъемлющего процесса управления морской деятельностью в различных районах морей и океанов требует постоянного совершенствования и развития применяемых в системах управления морской деятельностью геоинформационных технологий. Наряду с такими направлениями совершенствования геоинформационных технологий, как расширение информационных возможностей электронных и цифровых карт, визуального представления данных, создание систем пространственно-временных моделей, важное место занимает проблема поддержки принятия решений. Один из путей решения этой проблемы – сочетание возможностей объективных методов обоснования решений, базирующихся на современном математическом аппарате, с возможностями, предоставляемыми геоинформационными системами (ГИС).

Объективный рост и глобализация всех видов деятельности на море, качественное увеличение интенсивности и оборота морских транспортных потоков, изменение масштабов компьютеризации и мониторинга самых различных геопространственных процессов деятельности на море требуют постоянного совершенствования системы управления этой деятельностью. Основой такого совершенствования может служить, наряду с использованием традиционных методов познания управляемых процессов, широкое внедрение в практику управления

морской деятельностью современных информационных технологий и, прежде всего, геоинформационных систем [1].

Применение геоинформационных технологий позволяет резко увеличить оперативность и качество работы с пространственно-распределенной информацией. Особым направлением в развитии геоинформационных технологий является применение методов и средств искусственного интеллекта для расширения их функциональных возможностей.

В настоящей статье представлен интегративный подход информационной поддержки принятия решений на примере процесса управления морской деятельностью.

1. Необходимость познания закономерностей управляемых процессов

С развитием общества все чаще, особенно начиная с конца XVIII и начала XIX веков, имели место случаи, когда необходимый опыт управления сложными процессами отсутствовал вообще, что характерно не только для морской деятельности, но также и для многих других сфер деятельности людей. Это привело к появлению нового инструмента исследования – моделирования. Моделирование используется для познания предметов, явлений, процессов, непосредственное исследование которых по каким-либо причинам невозможно. В различных формах оно применяется во многих областях человеческой деятельности. Возможности, открывшиеся с достижениями математики в конце XIX века, а также возникшая необходимость компенсировать ограниченность существовавших ранее методов раскрытия закономерностей вызвала появление еще одного инструмента исследования – математического моделирования. Одной из причин, которая способствовала широкому внедрению методов математического моделирования в практику управления – это *острое противоречие между потребностью увеличивать время для выработки обоснованных решений, планов реализации этих решений, с одной стороны, и необходимостью сокращать это время, увеличивая темпы реальной реализации управляемого процесса, с другой стороны.*

Под управляемыми процессами в статье понимаются как процессы управления морской деятельностью и различными структурами и объектами морской деятельности (рис. 1), так и процессы свойственные научно-исследовательским и проектно-конструкторским работам, проводимым в интересах этой сферы деятельности.

Использование в практике управления методов математического моделирования, электронно-вычислительной техники и других технических средств автоматизации управления позволило [2]:

– в значительной мере приблизиться к снижению остроты рассмотренного выше противоречия процесса управления;

– стать основой для появления и широкого внедрения в практику управленческой деятельности современных информационных технологий.

В современных условиях непрерывно происходит процесс дальнейшей эволюции методов познания управляемых процессов на основе включения в их состав методов компьютерного моделирования с учетом возможностей, предоставляемых современными информационными технологиями (рис. 2), являющимися важнейшей материальной основой и составляющей всего процесса управления.



Изучение мирового океана



Добыча углеводородов



Военно-морская деятельность



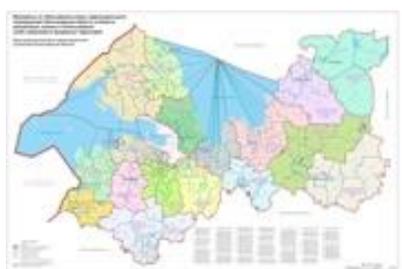
Морской транспорт



Рыболовство



Пограничная деятельность



Природоохранная деятельность



Энергетика



Намыв территорий и строительство

Рис. 1. Различные сферы морской деятельности



Рис. 2. Место информационных технологий, среди методов раскрытия закономерностей процессов управления

2. Современные информационные технологии процесса управления

К числу современных информационных технологий, которые нашли широкое применение в практике управления в различных сферах морской деятельности и которые также оказывают существенное влияние на обеспечение возможностей разрешить сформулированное выше противоречие управленческой деятельности, можно отнести:

- объектно-ориентированное моделирование;
- систему онтологии;
- информационно-телекоммуникационные технологии;
- технологии баз данных и знаний;
- геоинформационные технологии.

Информационные технологии предоставляют широкий спектр функциональных возможностей, необходимых как для познания закономерностей управляемых процессов, так и для всего процесса управления в целом, обеспечивая реальность времени его реализации и необходимую цикличность. Информационные технологии обеспечивает выполнение разнообразных функций, необходимых для осуществления управления и познания закономерностей управляемых процессов.

Объектно-ориентированное моделирование (ООМ) обеспечивает ряд существенных преимуществ при создании, совершенствовании и применении программно-технической составляющей систем управления:

– использование объектного подхода существенно повышает уровень унификации разработки и пригодность для повторного использования уже созданных и подтвердивших свою работоспособность моделей;

– использование ООМ приводит к построению систем на основе стабильных промежуточных описаний, что упрощает процесс внесения изменений. Это дает возможность системе развиваться постепенно и не приводит к полной ее переработке даже в случае существенных изменений исходных требований;

– объектно-ориентированные модели часто получаются более компактными. Это означает не только уменьшение объёма кода программ, но и удешевление проекта за счет использования предыдущих разработок, что дает выигрыш в стоимости и во времени;

– объектная модель снижает риск разработки сложных систем за счет четко определенных этапов проектирования и интеграции процесса создания модели, который растягивается на все время разработки, а не превращается в единовременное событие;

– объектная модель позволяет в полной мере использовать выразительные возможности современных объектно-ориентированных языков программирования.

Объектная форма представления наилучшим образом отвечает задачам компьютерного моделирования, так как позволяет поставить в однозначное соответствие каждому предмету, явлению или процессу реального мира и их отношениям соответствующий информационный аналог. К таким функциям, с учетом всего спектра информационных технологий, можно отнести:

– возможность расширения (изменения) предметной области моделирования и её содержания;

– определение понятийно-терминологического аппарата, единого для предметной области и используемой (создаваемой) системой моделирования (онтология);

– всестороннее информационное обеспечение процесса моделирования и процесса управления (онтология и технология баз данных и знаний).

– пространственно-временная интерпретация реальных процессов (геоинформационные технологии);

– требуемый уровень визуализации моделируемого процесса, результатов моделирования (геоинформационные технологии);

– доступ к удаленным информационным и вычислительным ресурсам (информационно-телекоммуникационные технологии).

Среди современных информационных технологий, используемых для познания закономерностей управляемых процессов, важное место занимает система онтологии. Онтология обеспечивает (рис. 3):

- возможность описания предметной области;
- разделение постоянной и переменной информации об объектах, использование одного и того же объекта в разных темах;
- универсальный механизм отношений;
- сохранение истории состояний свойств объектов;
- множественное наследование;
- фильтрацию информации для различных пользователей.

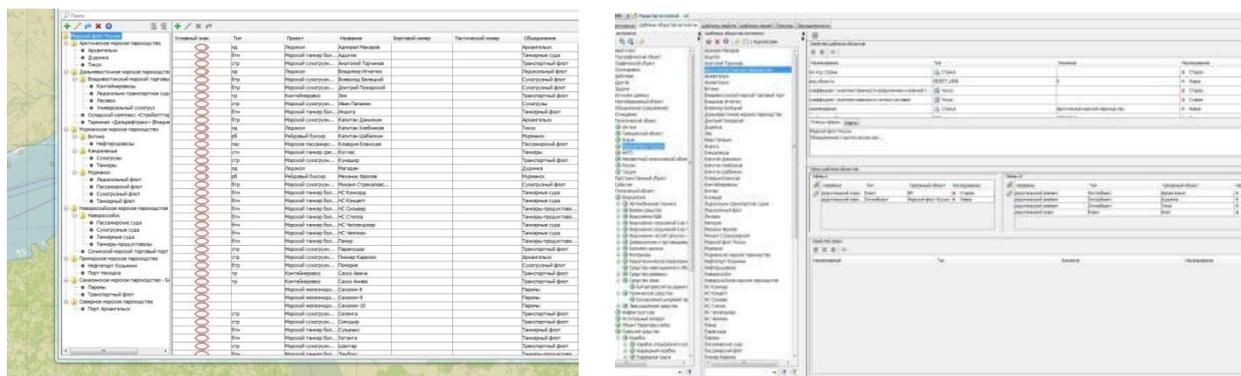


Рис. 3. Возможность описания предметной области. Универсальный механизм отношений. Использование объекта в разных темах. Множественное наследование

Информационно-телекоммуникационные технологии – это обобщающее понятие, описывающее различные методы, способы и алгоритмы преобразования, передачи и сбора информации. Ими обеспечивается возможность использования в интересах, в том числе и познания закономерностей управляемых процессов, огромной совокупности пространственно-распределенных информационных ресурсов (рис. 4), что очень важно при анализе условий (обстановки) и управлении различными видами морской деятельности.

Придание глобального характера информационно-телекоммуникационной подсистеме, например, в составе системы мониторинга морской обстановки в Арктическом регионе, способна обеспечить система космической связи (рис. 5).

Система онтологии, наряду с реализацией возможности структурированного описания и предметной области, выполняет также важную роль в процессе создания и сопровождения баз данных и баз знаний. Вместе с тем, наиболее качественно решение проблемы гармонизации, интеграции и слияния данных в современных системах мониторинга морской обстановки может быть обеспечено на основе использования геоинформационных технологий.

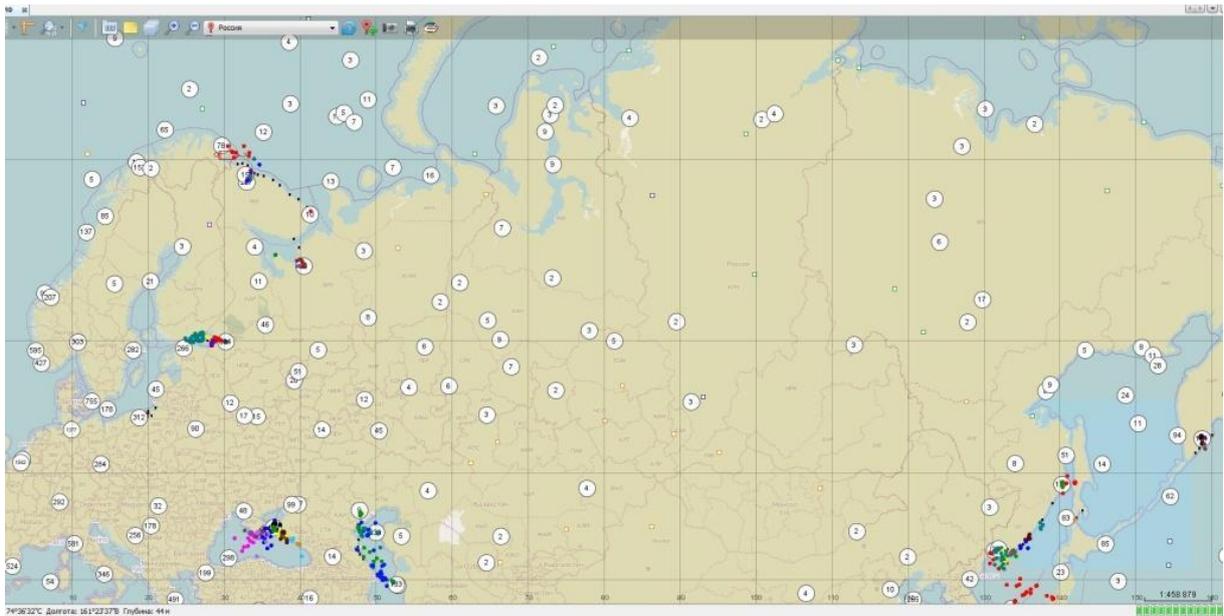


Рис. 4. Информация о морском и речном судоходстве, получаемая в on-line режиме от АИС и других систем мониторинга морской обстановки

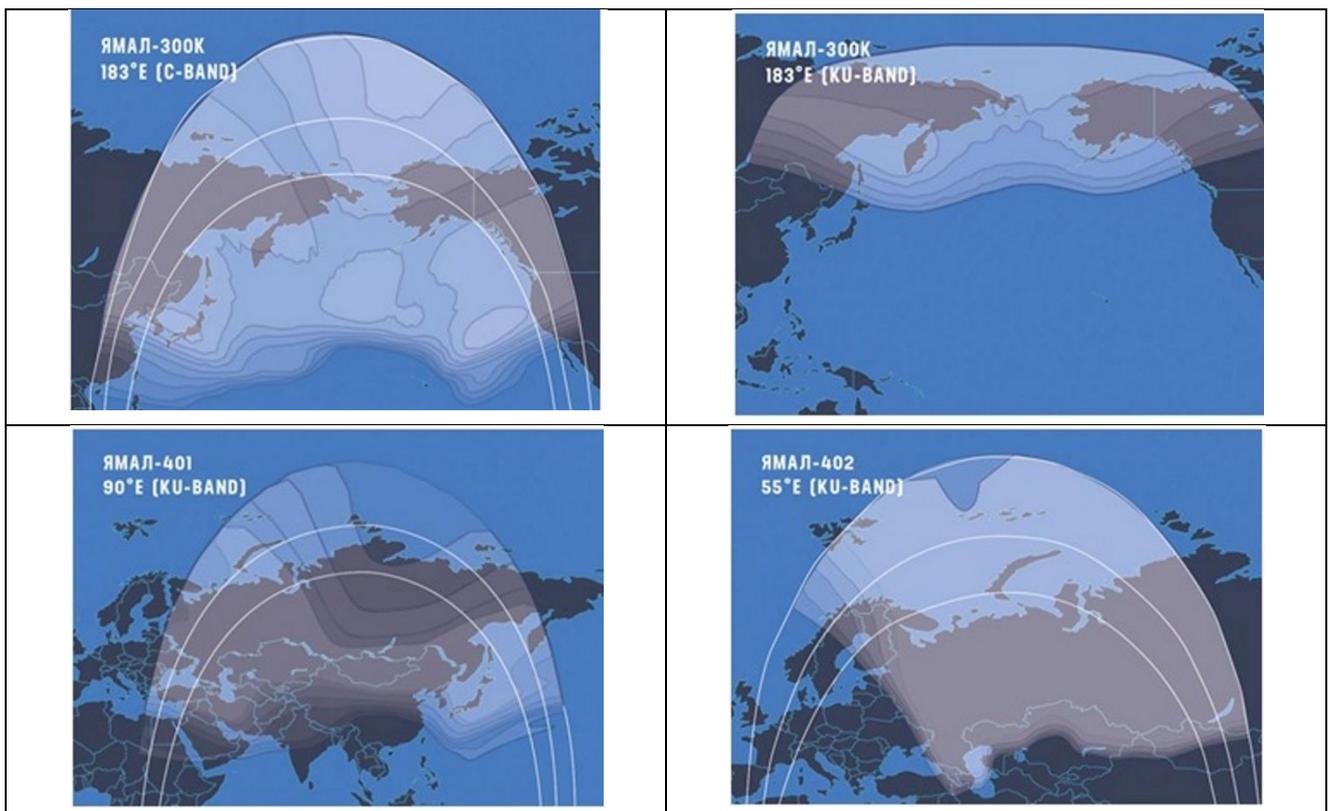


Рис. 5. Зоны покрытия Арктического региона спутниками «Ямал»

3. Геоинформационные системы

Современный уровень требований к процессу познания закономерностей управляемых процессов морской деятельности предполагает автоматизированную, на основе совокупности математических моделей, поддержку лиц, принимающих решения, т.е. выработку в реальном масштабе времени обоснованных рекомендаций по принятию ситуационных решений, на основании обработки предметной информации, поступающей от различных источников информации. При этом, требуется, чтобы все прикладные программные средства, используемые для выработки рекомендаций, были интегрированы между собой, сами рекомендации выдавались пользователю в эргономичной с точки зрения восприятия визуализации форме, требующей минимальных затрат времени для их смысловой интерпретации.

Базисной основой для автоматизации процесса познания закономерностей морской деятельности стали геоинформационные технологии и системы, в которые интегрируются другие программные средства поддержки принятия решений [3]. В практике применения геоинформационных технологий используется пространственная и временная интеграция массивов данных, которые визуализируются в соответствии с целями процесса исследований. Кроме того, применение геоинформационных технологий позволяет резко увеличить оперативность и качество работы с пространственно-распределенной информацией.

Информация об исследуемых процессах и (или) объектах хранится в виде набора тематических слоев в базах данных, связанных с этими слоями (рис. 6).

Развитие и эффективность использования геоинформационных систем (ГИС) в составе прикладного программного обеспечения системы управления морской деятельностью неразрывно связано с проблематикой источника данных для геоинформационной системы. Можно выделить три принципиально различных источника данных для ГИС:

- источники картографических данных;
- источники данных о прикладных пространственных процессах;
- источники вспомогательных данных.

Использование этих источников картографических данных должно быть ориентировано на основные особенности разработки, функционирования и совершенствования системы представления данных морской обстановки.

Источниками данных для ГИС могут быть: карты и планы, данные полевых измерений, данные дистанционного зондирования Земли, различные табличные данные, данные статистических исследований, фотографии, видеосъемка и т.д. (рис. 7).

В 2011 году Международной гидрографической организацией (МГО) была одобрена спецификация продукта для электронных навигационных карт S-101,

основанная на универсальной гидрографической модели S-100 [4], вместо формата S-57.

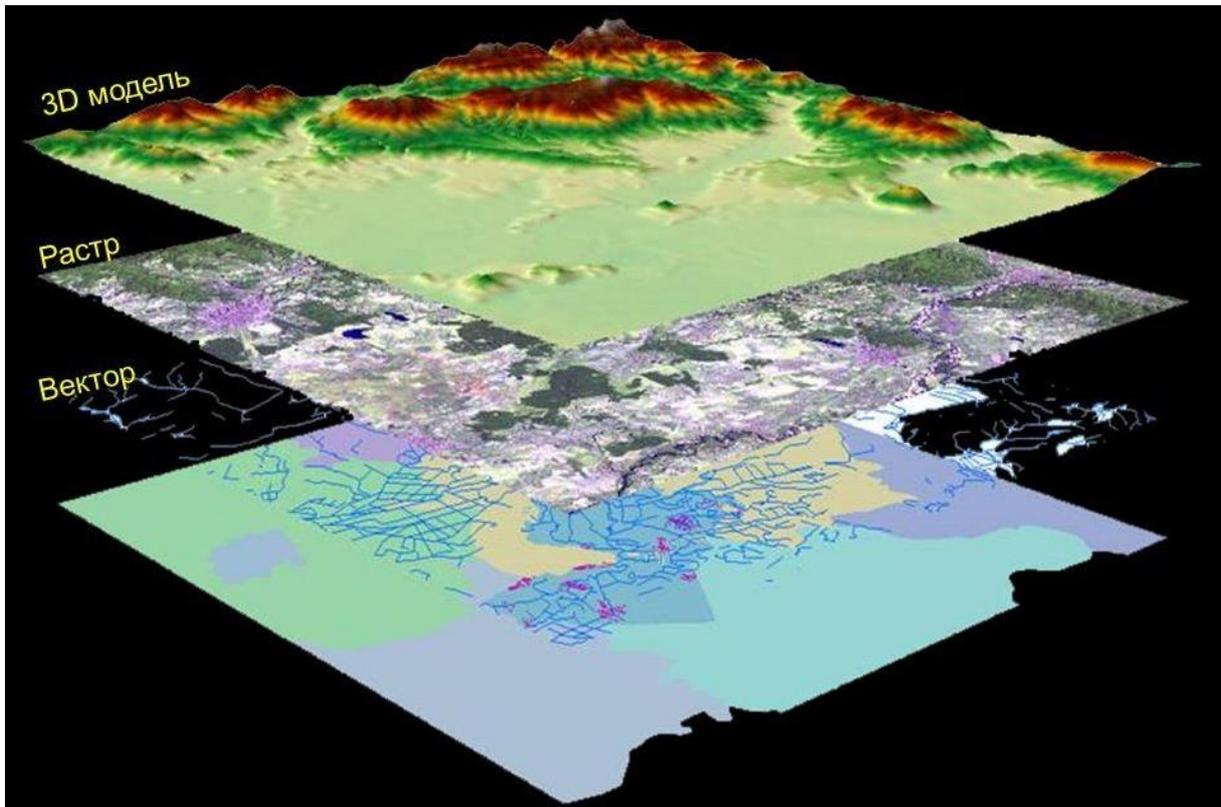


Рис. 6. Тематические слои ГИС (вариант)



Рис. 7. Источники картографических данных для ГИС

4. Моделирование процессов морской деятельности с использованием математических методов и информационных технологий

В современных условиях в качестве основных методов исследования закономерностей процессов морской деятельности и управления ими, как правило, применяют два типа математических моделей: аналитические и имитационные. В аналитических моделях поведение реальных процессов и систем задается в виде явных функциональных зависимостей. Получить эти зависимости удастся только для сравнительно простых реальных процессов и систем. В случае исследования сложных, многообразных, динамичных систем, приходится использовать их упрощенные представления. Поскольку системы мониторинга морской обстановки относятся к сложным пространственно-распределенным динамическим системам, в исследовательских целях наряду с аналитическими методами моделирования часто применяют имитационное моделирование.

Среди неоспоримых достоинств имитационного моделирования:

- возможность описания поведения компонентов (элементов) сложных процессов или систем на высоком уровне детализации;
- отсутствие ограничений между параметрами имитационной модели и состоянием внешней среды реальных процессов и систем;
- простота реализации функции пространственно-временной интерпретации реального процесса;
- возможность адаптации имитационных моделей к новым целям, задачам и содержанию деятельности систем мониторинга морской обстановки;
- обеспечение необходимого уровня визуализации имитируемого процесса на основе использования геоинформационных систем, 2D и 3D форматов карт;
- возможность исследования динамики взаимодействия параметров и компонентов исследуемых процессов системы во времени и пространстве их функционирования;
- целесообразность и эффективность использования методов имитационного моделирования как на этапе создания и совершенствования системы мониторинга морской обстановки, так и при её функционировании, в составе специального программного обеспечения этой системы.

С имитационными моделями обычно связывают требование иллюстрации их поведения с помощью принятых в данной прикладной области, графических образов, включая использование геоинформационных технологий (рис. 8).

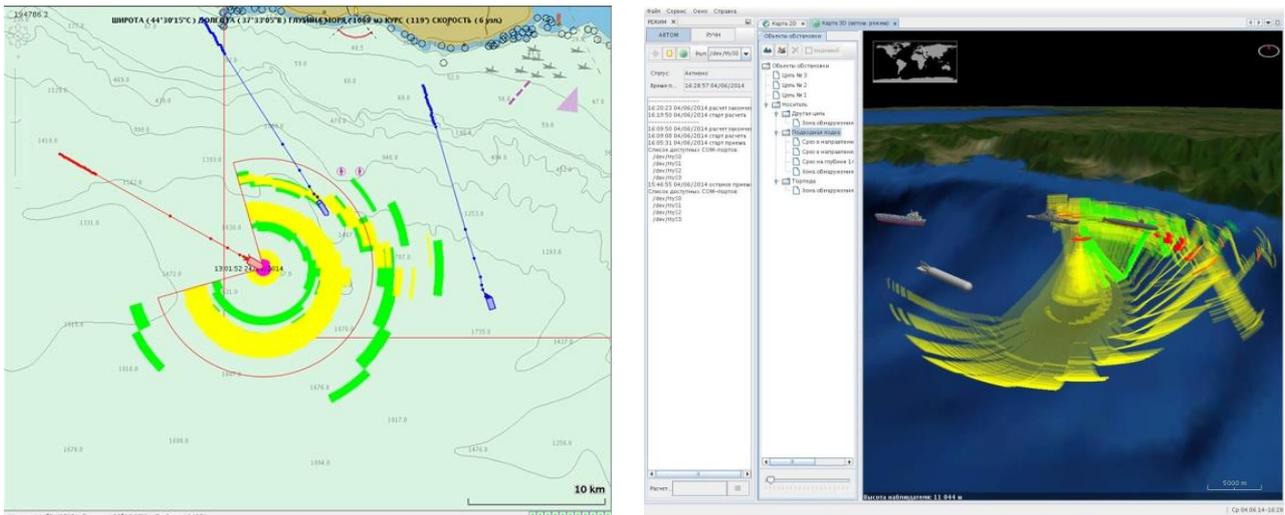


Рис. 8. Визуализация процесса имитационного моделирования с использованием геоинформационных технологий

Использование современных информационных и геоинформационных технологий и современных методов математического моделирования было положено в основу создания и применения морского обучающего тренажера на основе программного комплекса информационной поддержки «ОНТОМАП-В1» (рис. 9).



Рис. 9. Структура программного комплекса информационной поддержки «ОНТОМАП-В1»

Заключение

В заключении необходимо отметить, что особым, современным направлением в развитии геоинформационных технологий в сфере мониторинга морской обстановки и управления морской деятельностью является применение методов и средств искусственного интеллекта, расширяющих функциональные возможности традиционных ГИС. Для этого процессы разработка и функционирование системы управления морской деятельностью, основанной на технологиях геоинформационных систем, должны учитывать и обеспечивать следующие основные требования [5]:

- полный и легкий доступ к информации;
- легкость сопровождения и модификации при изменении требований к работающим приложениям;
- открытость архитектуры для интеграции дополнительных функциональных модулей;
- поддержка различных стандартов форматов данных;
- высокая степень повторного использования исходного кода и других информационных ресурсов приложений;
- динамическая настройка системы на предметную область без дополнительного программирования и перекомпиляции;
- встроенная система логического вывода и интерпретации сценариев;
- базы знаний на основе онтологий;
- общность архитектуры системы как для работы на автономных компьютерах, так и в локальных и глобальных вычислительных сетях.

Реализация вышеизложенных требований в ГИС позволяет рассматривать ее как интеллектуальную систему, в составе системы управления морской деятельностью, с новыми качественными свойствами.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания Минобрнауки России № 075-01351-23ПР на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов от 27 декабря 2022 года Санкт-Петербургскому научному центру РАН, тема FWGF-2019-0001 (В.П. Говорухин, В.А. Родионов, Н.Н. Ильина и М.И. Орлова).

Литература

1. *Volgin P.N.* Information Technologies: Modern Approach to Evolution of Methods of Obtaining Knowledge About Controlled Processes. The 9-th International Symposium «Information Fusion and Intelligent Geographic Information Systems» (IF&IGIS'19), Computational and Algorithmic Advances, 22-24 May 2019, St. Petersburg, Russia.

2. *Волгин Н.С.* Некоторые соображения о методологии познания закономерностей управляемых процессов и её эволюция. // Сборник «Наука Санкт-Петербурга и морская мощь России». – СПб.: «Наука», 2002, Т. 2, с. 867 – 883.

3. *Волгин П.Н., Родионов В.А., Говорухин В.П., Ильина Н.Н.* Современные информационные технологии имитационного моделирования в системах мониторинга морской обстановки. // Сборник «Фундаментальная наука – Военно-Морскому Флоту». – СПб.: СПбГЭУ, 2021 – С. 54 – 61.

4. ИНО S-101 Universal hydrographic data model. Edition 1/0/0 – December 2018.

5. Программный комплекс «Онтомап-В1». – URL: <https://ntbvt.ru/ontomup-b1/> (дата обращения 25.02.2023).