УДК 004.94

Реализация мониторинга гидрометеорологической обстановки и структуры базы данных для обеспечения безопасности деятельности морских объектов с применением ГИС-технологий

Implementation of monitoring of the hydrometeorological situation and the structure of the database to ensure the safety of offshore facilities using GIS technologies

Истомин / Istomin E.
Евгений Петрович
(biom@bk.ru)
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ), заведующий кафедрой прикладной информатики.
г. Санкт-Петербург

Петров / Petrov Ya.
Ярослав Андреевич
(yaroslav.petrov025@gmail.com)
кандидат технических наук.
РГГМУ,
доцент кафедры прикладной информатики.
г. Санкт-Петербург

Мартын / Martyn I.
Ирма Андреевна
(irma_martyn@mail.ru)
РГГМУ, старший преподаватель кафедры прикладной информатики.
г. Санкт-Петербург

Аганов / Aganov S.
Сергей Самвелович
(aganov_s@igps.ru)
доктор педагогических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева»,
профессор кафедры философии и социальных наук.
г. Санкт-Петербург

Колбина / Kolbina O.
Ольга Николаевна
(olya_kolbina@mail.ru)
кандидат технических наук.
РГГМУ, заведующий кафедрой прикладной информатики.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: морская акватория – marine area; гидрометеорологическое обеспечение – hydrometeorological support; геоинформационные системы – geoinformation systems; системы управления – control systems; морские объекты – marine facilities.

В статье представлен ГИС-проект мониторинга гидрометеорологической обстановки на морской акватории, который содержит информацию об объектах акватории, гидрометеорологические показатели. Приводится апробация разработанной геоинформационной системы на одной из бухт Дальнего Востока России, а также проведены оценки работы ГИС как системы поддержки принятия управленческих решений. При интеграции новых моделей и методик в существующую геоинформационную систему в результате получили систему информационной поддержки для лиц, принимающих решения, с возможностью визуальной оценки гидрометеорологической обстановки и пояснительной запиской.

The article presents a GIS project for monitoring the hydrometeorological situation in the marine area, which contains information about the objects of the water area, hydrometeorological indicators. Approbation of the developed geoinformation system in one of the bays of the Far East of Russia is given, as well as assessments of the work of GIS as a management decision support system are carried out. When integrating new models and methods into the existing geographic information system, the result was an information support system for decision makers with the ability to visually assess the hydrometeorological situation and an explanatory note.

2 2023.indd 95 13.06.2023 9:22:39

Введение

Интенсивное освоение морских территорий и стремление занять передовые позиции на этих территориях связано с появлением морских объектов новых архитектурно-конструктивных типов, предназначенных для решения сложных задач освоения Мирового океана. В целях обеспечения эффективности проектирования подобных объектов, принятия управленческих решений, безопасной эксплуатации мобильных объектов и обеспечения гидрометеорологической безопасности необходимо прогнозировать воздействие морской среды максимально точно, что требует постоянного наблюдения за погодой: климатическими условиями и тенденциями изменения, которые особенно проявляются в высоких широтах Российской Федерации [1–3]. Данные мониторинга являются основой для оценки экстремальных свойств гидрометеорологических факторов: определения состояния окружающей среды, разработки сценариев действий, а также строительства объектов акватории [4–6]. Безопасность движения является важнейшим аспектом морских операций при организации перевозок и эксплуатации транспортных узлов.

В настоящее время эксплуатационную безопасность судов обеспечивает система управления движением судов (СУДС), мероприятия по ликвидации аварий проводятся всем экипажем корабля под наблюдением командира корабля. Их основная функция заключается в контроле движения в конкретном районе. Среди основных функций гидрографических служб ставятся задачи обеспечения внешнего мореплавания, изучения водной среды, создания благоприятных условий для безопасного плавания [7]. Отсюда следует, что текущая задача навигационных служб флота – обеспечить большую автоматизацию этого процесса.

Методика исследования

Особенность пространственных данных требует использования и обработки координатной информации в привязке к атрибутивной. Поэтому формирование единого информационного пространства для управления развитием ПТС становится достаточно сложной и дорогостоящей задачей, которая представляет интерес лишь в случае создания соответствующей системы управления, предполагающей интеграцию ответственности, полномочий и интересов [7]. Такой подход наиболее актуален для управления ПТС в общей системе государственного управления, а также для управления крупными интегрированными организационными системами (корпоративное управление).

База геоданных (БГД) является самой важной частью ГИСУ, поскольку она является основным источником сведений об управляемой системе, территории. От точности, полноты и корректности хранимой в ней информации, в конечном итоге зависит результат работы всей ГИСУ и эффективность принимаемых ЛПР решений. Взаимосвязанное ведение цифровых карт и реляционных баз данных называют георелляционной структурой. Построение георелляционных структур является на сегодняшний день наиболее часто встречающейся формой организации банка данных.

Для обеспечения целостности ГИСУ предлагается использовать специально созданную для этих целей множественно-реляционную модель и реализованный на ней механизм поддержания структурной согласованности, позволяющие вместо линейной ссылочной целостности плоских отношений поддерживать триангуляционную целостность пространственных атрибутов (рис. 1).

Применение моделей в рамках баз знаний для принятия решений зависит от специфики решаемых

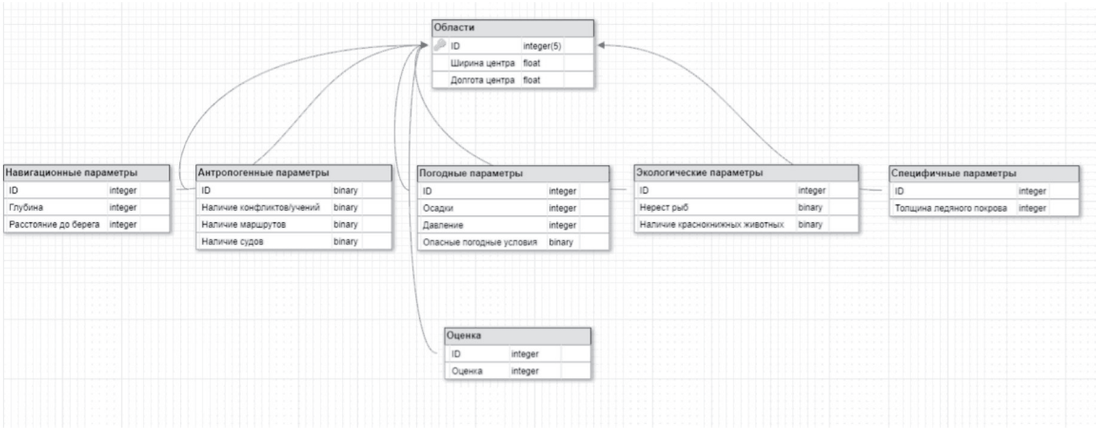

Рис. 1. Топология реляционной базы данных гидрометеорологических параметров

2 2023.indd 96 13.06.2023 9:22:39

задач, которые можно отнести к соответствующим категориям:

– оптимизация задач с несколькими альтернативами – дерево решений, таблицы решений;

– оптимизация с использованием математического программирования – линейные, нелинейные, динамические, стохастические модели решений;

– имитационное моделирование – метод Монте-Карло, планирование эксперимента;

– визуальное моделирование и имитация – интерактивное, статическое и динамическое.

Для ГИСУ последняя форма представления знаний является преобладающей.

Типовая структура ГИСУ включает, как показано на рис. 2:

– базу данных (с системой управления – СУБД);

– базу знаний (с системой управления – СУБЗ);

– систему управления ГИС в целом с выходом на соответствующий интерфейс (глобальная система управления), согласованный с особенностями пользователя;

– систему мониторинга функционирования ПТС.

Особую роль в пространственном распределении параметров природно-технической среды играет система прогнозирования будущего состояния системы. Прогнозирование состояния волновой поверхности акватории осуществляется с применением разработанной гидродинамической модели. Производится расчет и прогнозирование по средствам гидродинамического моделирования параметров ветрового волнения в зависимости от задания гидрометеорологических параметров (как правило, скорость и направление ветра). Гидрометеорологические параметры импортируются из базы данных или ручным вводом непосредственно в ИС с дискретностью 3 часа. Данная дискретность исходных данных связана с требованиями оперативного гидрометеорологического обслуживания. Результаты моделирования могут иметь графическое или картографическое представление в зависимости от потребностей пользователя.

Для прогнозирования волновых параметров требуется также задать топографию акватории. Для этого используется файл формата .dat, расположенный в поддиректории IN. Вывод информации осуществляется путем записи файла формата .dat и .grid в поддиректорию OUT. Название выводимого файла состоит из сокращенного обозначения выводимого параметра с информацией о времени, шаг дискретизации записи может задаваться пользователем, пример названия выводимого файла о данных уровня морской поверхности при t=1000 секунд имеет вид lev_1000.dat в поддиректорию OUT. Полученные результаты могут служить основой создания базы знаний. При отсутствии регулярных метеорологических данных или иных причин отсутствия поступающих исходных данных использование модели возможно при условии возможного ухудшения качества прогноза параметров ветрового волнения. При оперативной работе (составление краткосрочных прогнозов) результаты прогноза соответствуют требованиям морских гидрологических прогнозов и считаются оправдавшимися до тех пор, пока расхождение прогнозируемых и фактических данных не составит более 30% [8]. Методика определения вероятности оценки риска на основе разработанной инновационной двухпараметрической вероятностной модели определения времени ожидания наступления опасного явления при известных начальных значениях геоданных, внедренная в систему управления ГИС с выходом на соответствующий интерфейс, поможет ЛПР для принятия управленческих решений. Пользователем для оценки риска проводится стохастическое моделирование оценки риска превышения параметров волнения заданных критических значений. Результаты представляются в табличном виде, с указанием верхней и нижней границы вероятности наступления риска, времени наступления и продолжительности. Процесс алгоритма обработки геоинформации при оценке риска вследствие воздействия опасного явления на замкнутой прибрежной акватории представлен на рис. 3 [9, 10].

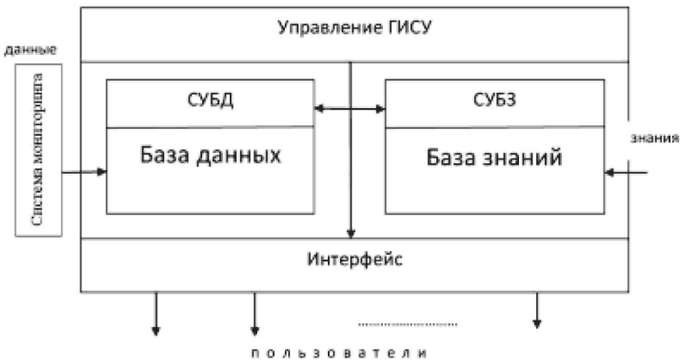

Рис. 2. Типовая структура геоинформационной системы управления

2 2023.indd 97 13.06.2023 9:22:39

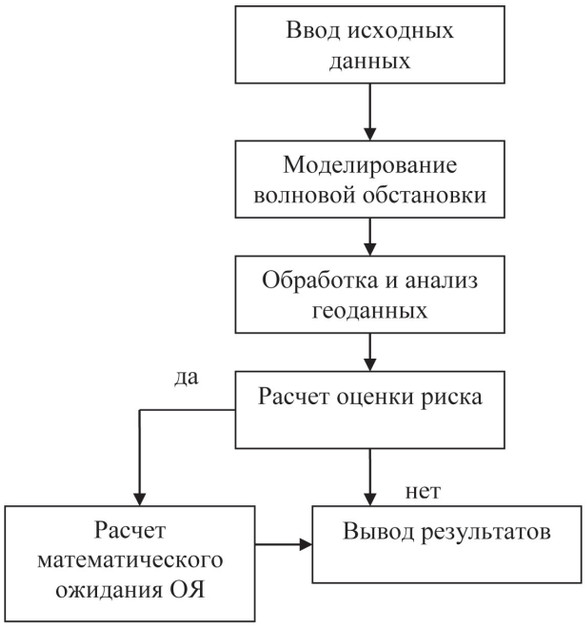

Рис. 3. Алгоритм организации обработки геоданных

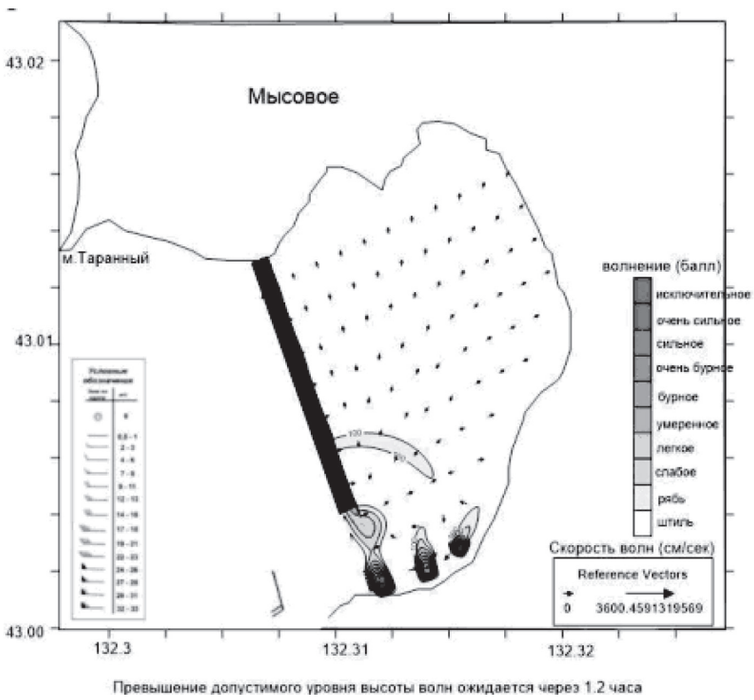

Рис. 4. Итоговый прогноз возможности риска для обеспечения безопасности на замкнутых прибрежных акваториях в ГИС

2 2023.indd 98 13.06.2023 9:22:39

Выходная продукция итогового прогноза оценки риска включает:

– автоматически составленный текст информационного сообщения о результатах возникновения опасного явления (возможность и время превышения характеристик ветрового волнения критических отметок, сведения об ожидаемой высоте, скорости, амплитуде и периоде ветрового волнения);

– карту акватории с визуализацией уровня риска с цветовой шкалой градации уровня риска. Уровень риска определяется исходя из руководящих документов для исследуемого района, руководства по гидрометеорологическому обеспечению морской деятельности, руководящих документов Росгидромета и военно-морского флота.

Результаты исследований

Апробация проводилась по полученным и обработанным геоданным для порта бухта Пяти Охотников. Прогнозируемые параметры среды – высота, амплитуда и скорость ветрового волнения, временной интервал – октябрь 2020 года с дискретностью 3 часа, за этот период были произведены расчеты для ветра различной силы от штиля до сильного шторма. На рис. 4 представлен итоговый результат при наиболее часто встречающихся характеристиках ветра: направление ветра – южное, скорость ветра – 10 м/сек. Для оценки риска была задана предельная высота волны – 1.5 м, период – 20 секунд, предельная скорость волны – 5 м/сек. Заблаговременность прогноза выбрана 180 минут. Результаты расчетов показали, что наиболее опасными зонами акватории является зона у открытой границы входа в порт. Высота волны здесь может достигать почти 2 м. На рис. 4 представлена волновая обстановка на момент времени спустя 1.2 часа, что говорит о возможности принятия управленческих решений за данное время.

Испытания разработанных моделей и методики применительно к ГИС показали, что возможно получение прогнозов хорошего качества и ошибки в пределах 10% на исследуемом интервале времени при условии соблюдения основных ограничений модели.

Заключение

В результате работы была разработана геоинформационная система управления морскими объектами в интересах обеспечения безопасности деятельности морских объектов на замкнутых прибрежных акваториях, которые отличаются тем, что основываются на разработанных моделях и методике обеспечения безопасности морских объектов на замкнутой прибрежной акватории, что позволит реализовать геопространственное представление информации для поддержки принятия решений для обеспечения безопасности морских объектов на замкнутых прибрежных акваториях. Была рассмотрена типовая структура ГИС, показано место и особенности внедренных моделей и методики в ГИС, способы получения информации о выделенных природных процессах, формы представления результатов оценки опасного ветрового волнения пользователю, ограничения и оценки точности прогнозов, а так же разработанную базу данных.

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FSZU-2020-0009.

Литература

1. Музалевский, А. А. Экологические риски: теория и практика / А.А. Музалевский, Л.Н. Карлин. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2011. – 448 с.

2. Истомин, Е. П. Параметрическая модель управления георисками в природно-технических системах / Е.П. Истомин, Я.А. Петров // Естественные и технические науки. – 2018. – № 10 (124). – С. 123–124.

3. Бескид, П. П. Геоинформационные системы и технологии / П.П. Бескид, Н.И. Куракина, Н.В. Орлова. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2010. – 173 с.

4. Петров, Я. А. Геоинформационная система как актуальный инструмент современного руководителя / Я.А. Петров, К.А. Рыбакова // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2019. – № 2 (34). – С. 170–174.

5. Юркова, О. Н. Подходы к разработке специального программного обеспечения систем управления принятия решений в социальных и экономических системах в условиях неопределенности и нечеткости исходной информации / О.Н. Юркова, А.М. Голикова, А.К. Сологубов // Высокие технологии и инновации в науке : сборник статей Международной научной конференции (Санкт-Петербург, 27 ноября 2018 г.). – 2018. – С. 133–138.

6. Биденко, С. И. Геоинформационное обеспечение военно-морского флота / С.И. Биденко, В.Н. Днов, В.Н. Завгородний // Морской сборник. – 2011. – № 10 (1975). – С. 44–49.

7. Истомин, Е. П. Методика оценки георисков на основе управляемых параметров / Е.П. Истомин, Я.А. Петров, В.П. Макогон // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2019. – № 1 (33). – С. 153–160.

8. Руководство по морскому метеорологическому обслуживанию. – ВМО-№ 471, 2018. – 82 с.

9. Геоинформационное управление развитием природно-технических систем: монография / Е.П. Истомин, В.Л. Михеев, Я.А. Петров [и др.] ; под общ. ред. Е.П. Истомина. – Санкт-Петербург : Свое издательство, 2022. – 419 с.

10. Бескид, П. П. Геоинформационная система поддержки принятия решений при ликвидации нефтяных разливов на поверхности акватории / П.П. Бескид, В.А. Миранков // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2013. – № 30. – С. 199–203.

2 2023.indd 99 13.06.2023 9:22:40