

УДК 004.9
DOI: 10.15827/0236-235X.127.377-383

Дата подачи статьи: 06.05.19
2019. Т. 32. № 3. С. 377–383

Методическое обеспечение проектирования инфраструктуры географических информационных систем динамического объекта

Т.М. Татарникова¹, д.т.н., доцент, профессор, tm-tatarn@yandex.ru
Н.В. Яготинцева², к.т.н., доцент, solnishko234@yandex.ru

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, 197376, Россия

² Российский государственный гидрометеорологический университет,
г. Санкт-Петербург, 195196, Россия

В статье определена актуальность задачи применения *географических информационных систем* (ГИС) в управлении динамическими объектами. Предложена структурно-функциональная модель ГИС морского судна. Аппаратный слой ГИС представлен функциональными модулями, образующими локальную вычислительную сеть морского судна. Показано, что для управления динамическим объектом функциональные модули аппаратного обеспечения ГИС должны удовлетворять ограничениям на время доставки, рекомендуемым стандартами распространения пространственных данных.

Авторы сформулировали задачу исследования как задачу разработки методического обеспечения для проектирования облика ГИС морского судна под заданные цели плавания и с учетом ограничений на требуемые показатели производительности ГИС при работе с пространственными данными. Выбор облика ГИС решается как целочисленная задача условной многопараметрической оптимизации с ограничениями по стоимости и производительности проекта ГИС.

Предложена методика формирования инфраструктуры ГИС с заданным набором свойств. Методика включает шаги формирования исходных данных, оценку временных характеристик доставки пространственных данных до лица, принимающего решение, определение инфраструктуры ГИС, удовлетворяющей требованиям стоимости и производительности, определение узкого места в структуре ГИС. Исходными данными проектирования ГИС морского судна являются его назначение и морской район плавания. Назначение морского судна позволяет определить минимальное количество автоматизированных рабочих мест, а морской район плавания – минимальный состав оборудования на судне, который в Российской Федерации определяется Глобальной морской системой связи при бедствии.

Ключевые слова: динамический объект, географическая информационная система, принятие решений, управление динамическим объектом, структурно-функциональная модель, методика формирования инфраструктуры динамического объекта, морское судно, локальная сеть.

Одним из перспективных направлений развития *географических информационных систем* (ГИС) является их применение в управлении динамическими объектами. Примерами динамического объекта могут быть морское судно, автомобиль, квадрокоптер и др., в управлении которыми важен фактор своевременной доставки и обработки данных [1]. Назначение ГИС – обеспечение информацией систем управления объектами в геопространстве, контроль и поддержка принятия решений для достижения целевых установок субъектов управления [2].

Данные в ГИС описывают, как правило, реальные объекты, такие как дороги, здания, водоемы, лесные массивы [3].

В работе предлагается ГИС поддержки принятия решений при управлении морским судном.

Структурно-функциональная модель ГИС морского судна

Структурно-функциональная модель ГИС может быть представлена в виде трехслойной структуры [4, 5]:

– внутренний слой – информационное обеспечение: картографические данные и данные, необходимые для управления динамическим объектом [6];

– средний слой – ПО, реализующее функциональные возможности ГИС и состоящее из базового ПО, такого как ОС, системы управления БД, системы визуализации данных и др., и прикладного ПО, предназначенного для решения специализированных задач судовождения, обработки сигналов, обработки и передачи данных и др.;

– внешний слой – аппаратное обеспечение: комплекс технических средств, применяемых при функционировании ГИС (рабочие станции, устройства ввода-вывода информации, устройства обработки и хранения данных, средства телекоммуникаций) (ГОСТ Р МЭК 60945-2007, ГОСТ 19176-85).

Аппаратный слой ГИС морского судна представлен шестью функциональными модулями (ФМ).

ФМ1 – устройства, осуществляющие преобразование электромагнитной (акустической) энергии как в случае излучения, так и при приеме сигналов, другими словами – антенны.

ФМ2 – устройства, осуществляющие прием, усиление, демодуляцию и декодирование сигналов, – приемники.

ФМ3 – устройства, осуществляющие прием, усиление, модуляцию и передачу сигналов, – передатчики.

ФМ4 – средства обработки принимаемых сигналов и данных.

ФМ5 – средства визуализации, обеспечивающие динамическое отображение целей и траекторий их движения, документирование данных на карту и бумажный носитель, просмотр

документов и статистическое отображение наиболее важных данных.

ФМ6 – устройства, обеспечивающие преобразование воздействий окружающей среды в электромагнитные сигналы, – датчики.

Транспортной основой ГИС является локальная вычислительная сеть с коммутацией сегментов, технология построения которой позволяет одновременно передавать данные между всеми взаимодействующими парами «клиент–сервер» (рис. 1).

Постановка задачи

Представим структурно-функциональную модель ГИС морского судна в следующем виде:

$$G = f(P, C), \tag{1}$$

где G – структурно-функциональная модель ГИС морского судна; P – множество параметров, которые задаются как технические требования на функциональные модули ГИС; C – множество стоимостных характеристик функциональных модулей ГИС.

Задачу исследования сформулируем как задачу разработки методического обеспечения

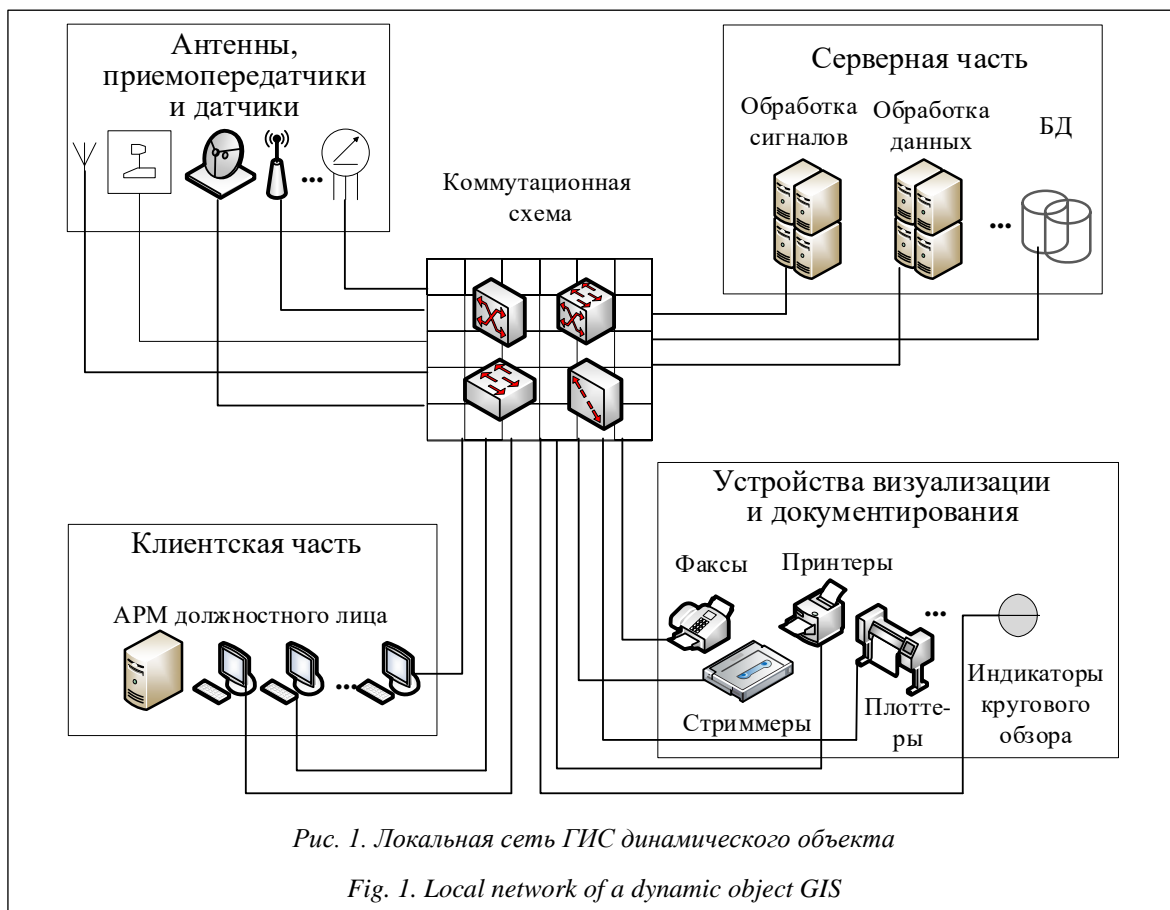


Рис. 1. Локальная сеть ГИС динамического объекта

Fig. 1. Local network of a dynamic object GIS

для проектирования облика ГИС морского судна под заданные цели плавания и с учетом ограничений на требуемые показатели производительности ГИС при работе с актуальными данными.

Выбор облика ГИС решается как целочисленная задача условной многопараметрической оптимизации с ограничениями по стоимости и производительности проекта ГИС:

$$C(G) \rightarrow \min_p, \quad (2)$$

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.

Для приближения архитектуры ГИС к заданному набору свойств (1)–(3) предложена методика формирования инфраструктуры ГИС.

Данная методика с заданным набором свойств состоит из следующих шагов.

1. Определение исходных данных для построения ГИС.

Исходными данными являются назначение морского судна, его категория и морской район.

1.1. Определение минимального количества АРМ $N_{\text{АРМ}}$ исходя из назначения и категории судна.

1.2. Определение минимального состава оборудования $N_{\text{об.}}$ в зависимости от морского района плавания.

1.3. Определение общего количества узлов сети $N_{\text{уз.}} = N_{\text{АРМ}} + N_{\text{об.}}$ в зависимости от морского района плавания.

2. Оценка временных характеристик.

Допустимое время доставки пространственных данных $T_{\text{доп.}}$ до ЛПР при управлении морским судном определяется исходя из характеристик функциональных модулей ФМ1, ФМ2 и ФМ3 ГИС и задается районом плавания. Реальное $t_{\text{дост.}}$ оценивается как сумма следующих временных составляющих [7].

2.1. Определение $\bar{t}_{\text{обр.}}$ – среднего времени обработки пространственных данных.

2.2. Определение $\bar{t}_{\text{у.с.}}$ – среднего времени установления соединения с источником пространственных данных [8].

2.3. Определение $\bar{t}_{\text{прд.}}$ – среднего времени передачи пространственных данных по установленному соединению [9].

2.4. Проверка условия ограничения, рекомендуемого стандартами распространения пространственных данных $t_{\text{дост.}} \leq T_{\text{доп.}}$.

3. Определение инфраструктуры ГИС, удовлетворяющей требованиям (1)–(3).

3.1. Определение модели и количества сегментов локальной вычислительной сети.

3.2. Определение вида кабеля.

3.3. Определение списка моделей процессоров, ОЗУ, систем хранения.

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

4. Определение узкого места в структуре ГИС.

4.1. Определение участка маршрута, вносящего наибольшую задержку, с применением характеристического преобразования Лапласа–Стилтьеса.

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

Определение исходных данных для построения структуры системы

Исходными данными будем считать назначение объекта и морской район.

В работе выделены три вида судов в зависимости от назначения: транспортные, промышленные и научно-исследовательские. Категория судна обуславливает количество АРМ и предполагаемый объем пространственных данных. Так, например, научно-исследовательскому судну потребуется минимум три АРМ: два определяют работу на мостике и одно для научно-исследовательских работ.

Минимальный состав оборудования на судне обусловлен морским районом, который в России определяется Глобальной морской системой связи при бедствии.

Этих районов четыре (рис. 2) [10].

Морской район А1 – район в пределах зоны действия, по крайней мере, одной береговой УКВ-радиостанции, обеспечивающей постоянную возможность оповещения о бедствии с использованием *цифрового избирательного вызова* (ЦИВ) на 70-м канале (20–30 миль).

Морской район А2 – район, за исключением морского района А1, в пределах зоны действия, по крайней мере, одной береговой радиостанции промежуточных/коротких волн (ПВ/КВ-радиостанции), обеспечивающей постоянную возможность оповещения о бедствии с использованием ЦИВ (около 100 миль).

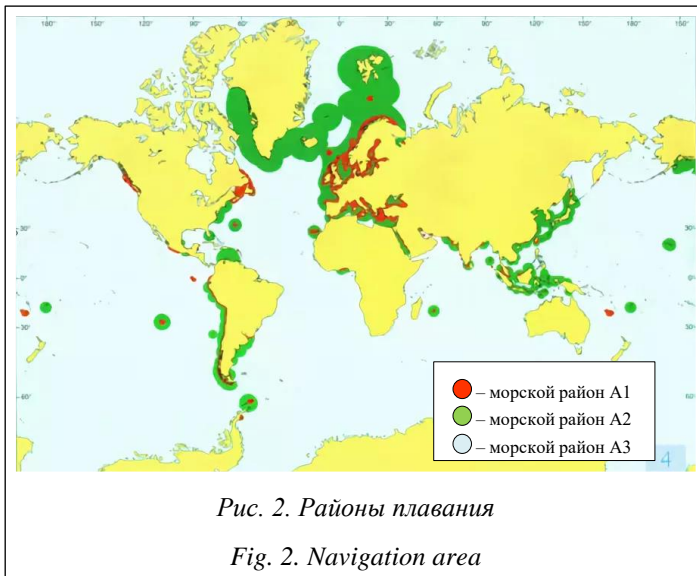


Рис. 2. Районы плавания
Fig. 2. Navigation area

Морской район А3 – район, за исключением морских районов А1 и А2, в пределах зоны действия геостационарных спутников Инмарсат (примерно между 70° северной широты и 70° южной широты).

Морской район А4 – район, находящийся за пределами морских районов А1, А2 и А3.

Минимальный состав радиоборудования в зависимости от района плавания приведен на рисунке 3.

Район		Оборудование
А1	А2	УКВ-радиостанция
		Автоматическая идентификационная система
А3	А4	Приемник ЦИВ
		Приемник НАВТЕКС
		Аварийный радиобуй
		Носимые УКВ
		ПВ/КВ – радиоустановка с радиотелефоном
		Судовая земная станция «Инмарсат-С» с приемником расширенного группового вызова
		ПВ/КВ – радиоустановка с радиотелефоном, ЦИВ и узкополосное буквопечатание (радиотелекс)
		ПВ/КВ – радиоустановка для радиосообщений общего назначения
		Радиопередатчик 500 КГц
		Радиоприемник 500 КГц

Рис. 3. Минимальный состав радиоборудования в зависимости от района плавания

Fig. 3. Minimum radio equipment composition depending on the navigation area

Особенности реализации методики

Предлагаемая методика доведена до программной реализации, блок-схема алгоритма которой приведена на рисунке 4. Определение составляющих $\bar{t}_{обр.}$, $\bar{t}_{у.с.}$, $\bar{t}_{прд.}$ для оценки времени доставки $t_{дост.}$ выполняется с применением аппарата систем и сетей систем массового обслуживания.

Интерфейс программы предусматривает ввод исходных данных в режиме диалога, выбор района плавания, границы которого визуализируются на карте, и обращение к БД, в которой хранится информация о характеристиках АРМ и оборудования функциональных модулей ГИС.

Для начала работы с программой необходимо выбрать категорию транспорта и морской район (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2019-3/2019-3-dop/14.jpg>).

При выборе одного из морских районов плавания на карте визуализируется выбранный район A_i , $i = 1, 4$. На рисунках (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2019-3/2019-3-dop/15.jpg>, <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2019-3/2019-3-dop/16.jpg>) продемонстрирован выбор морских районов А1 и А2.

После выбора морского района необходимо нажать кнопку «Рассчитать». Согласно исходным данным определяются значения $N_{АРМ}$ и $N_{об.}$, из БД выбираются варианты соответствующих функциональных модулей. Далее проводятся расчеты по определению $\bar{t}_{обр.}$, $\bar{t}_{у.с.}$, $\bar{t}_{прд.}$, $t_{дост.}$ и выдаются все возможные варианты, удовлетворяющие директивным требованиям (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2019-3/2019-3-dop/17.jpg>).

Для получения списка аппаратного обеспечения ГИС, оптимизированного по условиям (2) и (3), необходимо нажать кнопку «Оптимизировать». Вариант работы программы после оптимизации для морских районов плавания А1 категории транспорта «промысловое» представлен на рисунке (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2019-3/2019-3-dop/18.jpg>).

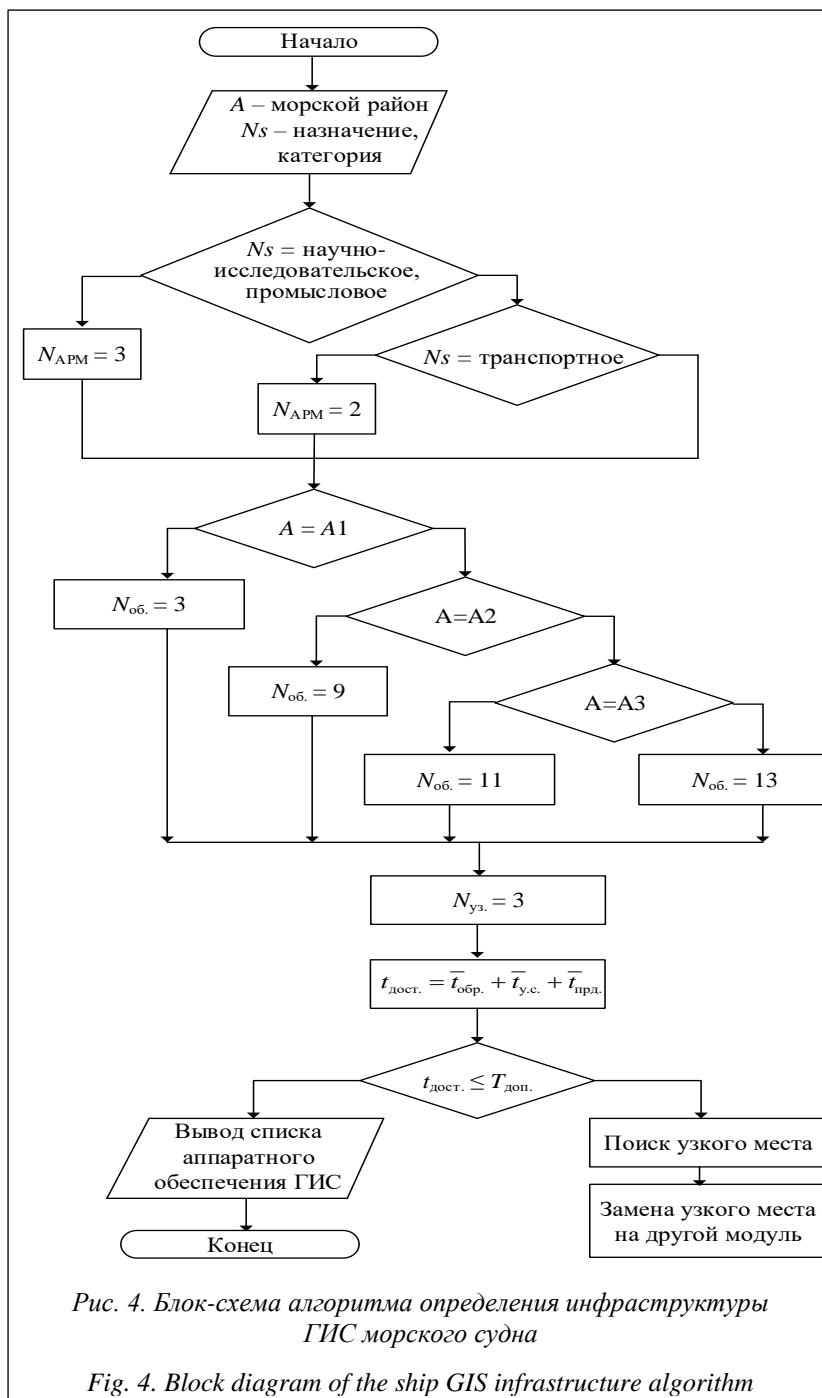


Рис. 4. Блок-схема алгоритма определения инфраструктуры ГИС морского судна

Fig. 4. Block diagram of the ship GIS infrastructure algorithm

При необходимости эксперт может отредактировать рабочую память, добавив или удалив записи в БД. Для этого необходимо нажать кнопку «Редактировать БД» (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2019-3/2019-3-dop/19.jpg>).

материализующее последовательность проектирования ГИС морского судна. Программа позволяет в диалоговом режиме формировать комплекты функциональных модулей и оборудования ГИС.

Заключение

В работе определена актуальность задачи применения ГИС в управлении динамическими объектами, в частности, в управлении морским судном.

Предложена структурно-функциональная модель ГИС морского судна, которая отличается описанием иерархии компонентов, поддерживающих функциональность ГИС. Также показано, что для управления динамическим объектом функциональные модули аппаратного обеспечения ГИС должны удовлетворять ограничениям на время доставки, рекомендуемым стандартами распространения пространственных данных.

Кроме того, сформулирована задача исследования как задача разработки методического обеспечения для проектирования инфраструктуры ГИС морского судна под заданные цели плавания и с учетом ограничений на требуемые показатели производительности ГИС при работе с пространственными данными.

Решение поставленной задачи включает последовательность действий по приближению инфраструктуры ГИС к заданному набору свойств и ПО, автоматизирующее последовательность проектирования ГИС морского судна.

Литература

1. Биденко С.И., Якушев Д.И. Геоинформационные управляющие системы и технологии. СПб: Изд-во СПбУ МВД, 2014. 248 с.

2. Маркелов В.М., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент управления // Государственный советник. 2014. № 3. С. 42–49.
3. Веселов Н.В., Рогов А.А., Кравчук И.С., Бортник О.А. Экспертное обеспечение транспортной логистики. М., Дашков и К^о, 2013. 230 с.
4. Бескид П.П., Байков Е.А., Истоинин Е.П., Соколов А.Г., Фокичева А.А. Геоинформационное управление как современный подход к управлению пространственно-распределенными системами и территориями // Ученые записки РГГМУ. 2015. № 41. С. 220–239.
5. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестн. РАН. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.
6. Бурханов М.В., Малкин И.М. Навигация с ЭКНИС. М.: Моркнига, 2014. 298 с.
7. Татарникова Т.М., Смирнов П.И., Яготинцева Н.В. Модель оценки временных характеристик решения задачи в геоинформационной системе корабля // Программные продукты и системы. 2017. № 4. С. 711–714. DOI: 10.15827/0236-235X.120.711-714.
8. Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. Вероятностная модель установления соединения в инфокоммуникационной сети // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60. № 2. С. 136–142.
9. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера, 2015. 328 с.
10. Бродский П.Г., Лобанов А.А., Руденко Е.И., Литвинов Г.Д. О комплексном подходе в вопросах обеспечения навигационной безопасности плавания кораблей и судов // Навигация и гидрография. 2015. № 41. С. 7–15.

Software & Systems
DOI: 10.15827/0236-235X.127.377-383

Received 06.05.19
2019, vol. 32, no. 3, pp. 377–383

Methodical support of designing a dynamic object geographic information systems infrastructure

*T.M. Tatarnikova*¹, Dr.Sc. (Engineering), Associate Professor, Professor, *tm-tatarn@yandex.ru*
*N.V. Yagotinceva*², Ph.D. (Engineering), Associate Professor, *solnishko234@yandex.ru*

¹ St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, 197376, Russian Federation

² Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, 195196, Russian Federation

Abstract. The paper considers the problem of applying geographic information systems (GIS) in managing dynamic objects. It proposes a structural-functional model of a ship GIS. Functional modules that form a ship local area network represent the GIS hardware layer. It is shown that in order to control a dynamic object, functional modules of GIS hardware must meet the delivery time limits recommended by spatial data distribution standards.

The authors form the research task as the task of developing methodological support for ship GIS design for specified sailing goals and taking into account the restrictions on the required GIS performance indicators when working with spatial data. The choice of a GIS infrastructure is an integral problem of conditional multiparameter optimization with cost and GIS project performance limits.

The paper proposes a method of forming a GIS infrastructure with a given set of properties. The method includes the steps of forming initial data, estimating temporal characteristics of spatial data delivery to a decision maker, determining a GIS infrastructure that meets cost and performance requirements, and determining the bottleneck in a GIS structure. The initial data of ship GIS design are a ship application and a sea navigation area. The ship application makes it possible to determine the minimum number of workstations, and the sea navigation area determines the minimum composition of the equipment on a ship, which is determined by the Global Maritime Distress and Safety System the Russian Federation.

Keywords: dynamic object, geographic information system, decision making, dynamic object management, structural-functional model, method of forming a dynamic object infrastructure, ship, local network.

References

1. Bidenko S.I., Yakushev D.I. *Geoinformation Control Systems and Technologies*. St. Petersburg, SPbU MIA Publ., 2014, 248 p.

2. Markelov V.M., Solovyov I.V., Tsvetkov V.Ya. Intelligent transport systems as a management tool. *State Counselor*. 2014, no. 3, pp. 42–49 (in Russ.).
3. Veselov N.V., Rogov A.A., Kravchuk I.S., Bortnik O.A. *Expert Support of Transport Logistics*. Moscow, Dashkov and K^o Publ., 2013, 230 p.
4. Beskid P.P., Baykov E.A., Istomin E.P., Sokolov A.G., Fokicheva A.A. Geoinformation management as a modern approach to the management of spatially distributed systems and territories. *RSHU Proc.* 2015, no. 41, pp. 220–239 (in Russ.).
5. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Geodata as a system information resource. *Bulletin of RAS*. 2014, vol. 84, no. 9, pp. 826–829 (in Russ.).
6. Burkhanov M.V., Malkin I.M. *Navigation with ECDIS*. Moscow, Morkniga Publ., 2014, 298 p.
7. Tatarnikova T.M., Smirnov P.I., Yagotintseva N.V. A model for estimating temporal characteristics of solving a problem in a ship GIS. *Software & Systems*. 2017, no. 4, pp. 711–714 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.120.711-714.
8. Tatarnikova T.M., Yagotintseva N.V. A probabilistic model of establishing a connection in an information and communication network. *J. of Instrument Engineering*. 2017, vol. 60, no. 2, pp. 136–142 (in Russ.).
9. Chandra A.M., Gosh S.K. *Remote Sensing and Geographic Information Systems*. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2015, 328 p.
10. Brodsky P.G., Lobanov A.A., Rudenko E.I., Litvinov G.D. On an integrated approach in ensuring the navigation safety of navigation of ships and ships. *Navigation and Hydrography*. 2015, no. 41, pp. 7–15 (in Russ.).

Для цитирования

Татарникова Т.М., Яготинцева Н.В. Методическое обеспечение проектирования инфраструктуры географических информационных систем динамического объекта // Программные продукты и системы. 2019. Т. 32. № 3. С. 377–383. DOI: 10.15827/0236-235X.127.377-383.

For citation

Tatarnikova T.M., Yagotinceva N.V. Methodical support of designing a dynamic object geographic information systems infrastructure. *Software & Systems*. 2019, vol. 32, no. 3, pp. 377–383 (in Russ.). DOI: 10.15827/0236-235X.127.377-383.