

26. DIMECC. D4V – design for value program report. Tampere, Finland: DIMECC Oy; 2018.
27. Jennie Sehee Ham The law of illegality and trusts: A new mess for the old one/ Legal research and development: Southampton student law review // 2019, Vol. 9, Issue 1, P. 34-40
28. Maritime Safety Committee (MSC), 100th session, 3-7 December 2018 <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MSC-100th-session.aspx>
29. IMO. LEG 106/8/1 - Regulatory scoping exercise and gap analysis of conventions emanating from the legal committee with respect to Maritime Autonomous Surface Ships (MASS): Outcomes of MSC 99 and MSC 100 regarding MASS. 2019
30. IMO.MSC.1/Circ.1640 on Outcome of the Regulatory Scoping Exercise for the use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)
31. IMO.MSC.1/Circ.1638 3 June 2021
32. First Test Area for Autonomous Ships Opened in Finland. Available online: <https://worldmaritimeneews.com/archives/227275/first-test-area-for-autonomous-ships-opened-in-finland/> (accessed on 11 July 2019).
33. First Unmanned Vessel Joins UK Ship Register. Available online: <https://worldmaritimeneews.com/archives/235207/first-unmanned-vessel-joins-uk-ship-register/> (accessed on 2 December 2019).
34. Astrein, V.V. Principy poiska luchshego resheniya v zadachah preduprezhdeniya stolknoveniya sudov / V.V.Astrein // V mire nauchnyh otkrytij № 6(42), Krasnoyarsk, Izdatel'stvo «Nauchno-innovacionnyj centr», 2013.
35. Lyu, V. Metody planirovaniya puti v srede s prepyatstviyami (obzor). Matematika i matematicheskoe modelirovanie. 2018;(1):15-58. <https://doi.org/10.24108/mathm.0118.0000098>
36. Lazarowska, A. A Discrete Artificial Potential Field for Ship Trajectory Planning. Journal of Navigation 2019;1-19. <https://doi.org/10.1017/S0373463319000468>.
37. Lyu H, Yin Y. COLREGS-Constrained Real-time Path Planning for Autonomous Ships Using Modified Artificial Potential Fields. Journal of Navigation 2019;72: 588-608. <https://doi.org/10.1017/S0373463318000796>.
38. Xie L, Xue S, Zhang J, Zhang M, Tian W, Haugen S. A path planning approach based on multi-direction A* algorithm for ships navigating within wind farm waters. Ocean Engineering 2019;184:311-22. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.04.055>.
39. Singh Y, Sharma S, Sutton R, Hatton D, Khan A. A constrained A* approach towards optimal path planning for an unmanned surface vehicle in a maritime environment containing dynamic obstacles and ocean currents. Ocean Engineering 2018;169:187-201. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.09.016>.
40. Szlapczynski R, Szlapczynska J. On evolutionary computing in multi-ship trajectory planning. Applied Intelligence 2012;37:155-74. <https://doi.org/10.1007/s10489-011-0319-7>.
41. Lazarowska A. A new deterministic approach in a decision support system for ship's trajectory planning. Expert Systems with Applications 2017;71:469-78. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.11.005>.
42. Wang H, Guo F, Yao H, He S, Xu X. Collision Avoidance Planning Method of USV Based on Improved Ant Colony Optimization Algorithm. IEEE Access 2019;7: 52964-75. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2907783>.
43. Astrein, V.V. Procedura i skhema soglasovaniya dejstvij gruppy sudov dlya preduprezhdeniya stolknovenij / V.V. Astrein // Ekspluatatsiya morskogo transporta № 1(83), Novorossiysk, RIO GMU im. adm. F.F. Ushakova, 2017
44. Astrein, V.V. Formalizatsiya pravil golosovaniya dlya preduprezhdeniya stolknovenij sudov / V.V. Astrein, L. B. Astreina // Ekspluatatsiya morskogo transporta. -2018.-№3.-S.33-36.

УДК 629.5.053; 656.615

DOI: 10.34046/aumsuomt101/14

ГЕОМОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРИТОРИАЛЬНОЙ МОРСКОЙ АКТИВНОСТИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ СУДОВОЖДЕНИЕМ

*Е.Л. Бородин, канд. техн. наук, доцент,
С.И. Биденко, д-р техн. наук, профессор,
З.А. Гаевская, кандидат архитектуры,
С.Г. Черный, кандидат технических наук, доцент,
А.А. Бенгерт, соискатель
А.Д. Кириленко ст.преподаватель*

В статье исследованы подходы к разработке моделей и методов для представления, анализа и регулирования деятельности автономного флота с помощью формальных геопространственных структур. Для

этого уточнены понятия «территориальная морская активность», «морская автономная активность», приведены их параметры, структура и характеристики.

Описан состав системы автономного судовождения (береговая и бортовая инфраструктура) и ее системы управления (системы освещения обстановки, связи и телекоммуникации, поддержки принятия решений, реализации плана, автономные системы навигации и связи, координированного управления движением, обзорно-поисковая, телеметрического дистанционного контроля, внутреннего видеонаблюдения, мостиковый планшет, интерфейсы к существующим конвенционным бортовым системам). Определен состав и структура геоинформационных моделей и методов описания и управления морской автономной активностью, приведен формальный аппарат представления собственного пространства и содержания базовых территориальных структур, описаны топологические параметры и отношения базовых структур в геопространстве. Указаны процедурные ограничения методического подхода к построению геомоделей по схеме «состав – содержание – структура».

Ключевые слова: автономное судовождение, система морской территориальной активности, морское автономное надводное судно, безэкипажное судовождение в современном порту, система автономного судовождения (САС), береговая и бортовая инфраструктура САС, территориальная ситуация, оценка обстановки, геомадель, геосистема, собственное пространство, содержание, топология геоструктуры.

GEO-MODELLING OF THE TERRITORIAL MARINE ACTIVITY IN THE SYSTEM OF AUTONOMOUS NAVIGATING MODELLING

E.L. Borodin, S.I. Bidenko, Z.A. Gaevskaya, S.G. Chernyi, A.A. Bengert, A.D. Kirilenko

The article investigates approaches to the model development and methods of preseting, analysis and monitoring of activity of the autonomous fleet by means of formal geo-space structure. For the purpose such definitions as "territorial marine activity", "marine autonomous activity", their parameters, structure and characteristics have been given here.

Composition of the autonomous navigation systems (coastal and ship's infrastructure) and its management system, system of circumstance information, communication and telecommunication, support in acception of the decision, plan realization has been described in the article. Besides that autonomous navigation system and communication, coordinated ship's monitoring, observance and rescue, telemetric distance control, inner sight observance, bridge plan-table, interfaces to the existing conventional side system have been discussed.

There have been defined the composition structure of geo-information models and methods of description and management of maritime autonomous activity. Formal devices of presenting own space and content of based territorial structures topological parameters and relationship of the basic structures in geo-space have been also defined in the article. There have been pointed out the procedure limit of methodological approach to the construction of geo-models according to scheme: "Composition - Content - Structure".

Key words: autonomous navigation, system of territorial marine activity, autonomous sea surface vessel, unmanned navigation in modern port, autonomous navigation system (ANS), coastal and ship's infrastructure of ANS, territorial situation, appraisal of situation, geo-model, geo-system, own space, content, topology of geo-structure.

Территориальная морская активность – это расположенные, функционирующие и взаимодействующие в Мировом океане объекты и инфраструктура хозяйствующего социума (флот (суда, порты, средства навигационного оборудования и обеспечения), транспорт (грузовые и пассажирские перевозки), добыча (биоресурсы, углеводороды, полезные ископаемые), исследования (гидрографические, гидрологические, геофизические, метеорологические, геологические и др.), оборона (силы флота, районы боевых действий, специальные зоны и рубежи) и т. д.) [5, 9, 12].

Система морской транспортной активности характеризуется глобальным пространственным охватом и сложным содержательным функционированием [9, 12]. В значительной степени усложняются сами суда, береговая инфраструктура, бортовые технические средства, порядок их применения и взаимодействия в условиях перехода к а- / е-Навигации и к парадигме безэкипажного судовождения в целом [10, 15].

Федеральным проектом-маяком «Автономное судовождение» (АС) предусматривается

создание инфраструктуры обеспечения автономного судовождения, судового и берегового оборудования автономного судовождения, средств автономного портового флота и тренажеров для подготовки специалистов по а-Навигации и е-Навигации. При этом должны быть разработаны следующие базовые элементы инфраструктуры:

- система автономного судовождения в порту (БЭС-СП);
- система управления и проектное решение буксира-автомата;
- тренажеры для а-навигации и е-навигации на основе технологий VR (VR-SIM);
- сервисы данных е-Навигации, включая геоинформационные сервисы, интегрируемые в береговые и судовые системы;
- другие поддерживающие и обеспечивающие подсистемы (СУДС, ГМССБ, АСОД).

Управление территориальной морской активностью в подходах автономного судовождения включает две базовых составляющих:

1. Систему, инфраструктуру и процедуры управления автономными судами в акватории/море (береговая часть) или систему автономного судовождения (САС);

2. Оборудование, систему управления и функционал самого автономного судна (бортовая подсистема).

САС включает:

- систему освещения обстановки в акватории. Она осуществляет сбор, обработку, отображение, доведение до пользователей информации об обстановке. Это различная навигационно-гидрографическая (глубины, грунты, средства навигационного оборудования (огни, знаки, радионавигационные и спутниковые навигационные системы), линии разделения движения, рекомендации по плаванию в определенных районах (лоции),) и гидрометеорологическая информация (ветер, температура воздуха и воды, течения, осадки, видимость, ледовая обстановка), данные об объектах территориальной морской активности (другие суда, портовая инфраструктура, плавкраны, вышки, заграждения), районы выполнения различных работ, зоны рыболовства, запретные для плавания районы и т.д.);

- систему связи и телекоммуникации (обеспечивает обмен информацией и данными между участниками сценария морской хозяйственной активности);

- управляющую подсистему, выполняющую процедуры оценки обстановки, выработки рекомендаций, планирования и организации выполнения принятых решений (в т. ч. центр (пульт) дистанционного управления, включая интерфейсы ко всем системам и джойстиковую систему управления, а также системы связи, в т. ч. видеосвязи с экипажем судна);

Бортовое оборудование морского автономного надводного судна (МАНС) [10, 11] может отличаться у судов разного назначения. Базовый же набор судового оборудования МАНС включает:

а) автономную навигационную систему (АНС), в составе которой находятся:

- подсистема интеграции данных от источников навигационной информации;

- модуль автоматического расхождения с другими судами и маневрирования;

- электронная картографическая навигационно-информационная система расширенной функциональности;

- подсистема выявления и предупреждения о навигационных опасностях;

б) систему координированного управления движением для реализации маневрирования и маршрута перехода

- в) обзорно-поисковую систему (локатор, видекамера), предназначенную в т. ч. для автоматического обнаружения и распознавания объектов вблизи автономного судна;

- г) подсистему телеметрического дистанционного контроля состояния механизмов, узлов и систем МАНС;

- д) подсистему внутреннего видеонаблюдения;

- е) бортовое связанное и телекоммуникационное оборудование для связи с берегом и между автономными судами

- ж) мостиковый планшет – аналогичный пульту дистанционного управления интерфейс для взаимодействия с системами автономного судовождения, размещаемый на мостике судна;

- з) переключатель режимов управления;

- и) автоматическую систему технической диагностики;

- к) интерфейсы к существующим конвенционным системам на борту судов.

Центральным системообразующим элементом проекта является система БЭС-СП или САС (система автономного судовождения), которая интегрирует все компоненты АС в акватории и порту, является компонентом верхнего уровня системы управления автономной портовой активностью – системой освещения обстановки, системой связи и телекоммуникации, автономными и неавтономными «транзитными» судами, буксирами-автоматами и т.д.

Соответственно моделирование в БЭС СП связано с формальным (математическим) описанием компонентов САС (портовые подсистемы освещения и оценки обстановки, связи и телекоммуникации, выработки рекомендаций, планирования и организации выполнения принятого решения), их функционирования и взаимодействия между собой.

Так как элементы и процессы системы территориальной морской автономной активности являются акторами, имеющими привязку к поверхности Земли, к моделированию САС привлекаются геоинформационные структуры и методики (ГИС-моделирование).

К моделированию объектов и процессов морской автономной активности как территориально-пространственных категорий может быть приложен модельно-методический аппарат геоинформационной поддержки управления (ГИУ) [1, 4], суть которого сводится к хронологической интерпретации традиционных категорий (обстановка, решение, план) и процедур (оценка обстановки, выработка решения, реализация плана) управления [2, 3, 8].

При этом могут быть использованы традиционные для ГИУ методические подходы, связанные с формальным описанием состава, содержания и структуры [8, 12] геомodelей предметной области морской автономной активности.

По составу – это базовые формирования геопространства – геообъекты, георегионы, геосистемы [4, 7]. Структура этих категорий определяется их собственным пространством (геометрией) и содержанием, а также топологией их взаимного расположения и взаимодействия [2, 14].

Обстановка является центральной категорией в системе геоинформационной поддержки управления территориальной морской автономной активностью (рис. 1). На ее основе выполняются все остальные этапы геоинформационного управления – анализ геоситуации, выработка ва-

При моделировании обстановки с установленной степенью детализации формализуется триада:

- а) данные о территориальном объекте и своих подсистемах поддержки и обеспечения;
- б) информация о «негативных» факторах в регионе;
- в) параметры и характеристики района действий (акватории).

Она определяет содержание геомodelи территориальной обстановки:

$$MSit |_{Maint} \{CPFD, EnemD, CADD\},$$

где: *CPFD* – «свои силы»; *EnemD* – «противник», *CADD* – район действий функционального территориального объекта (ТО – корабль, плавсредство).

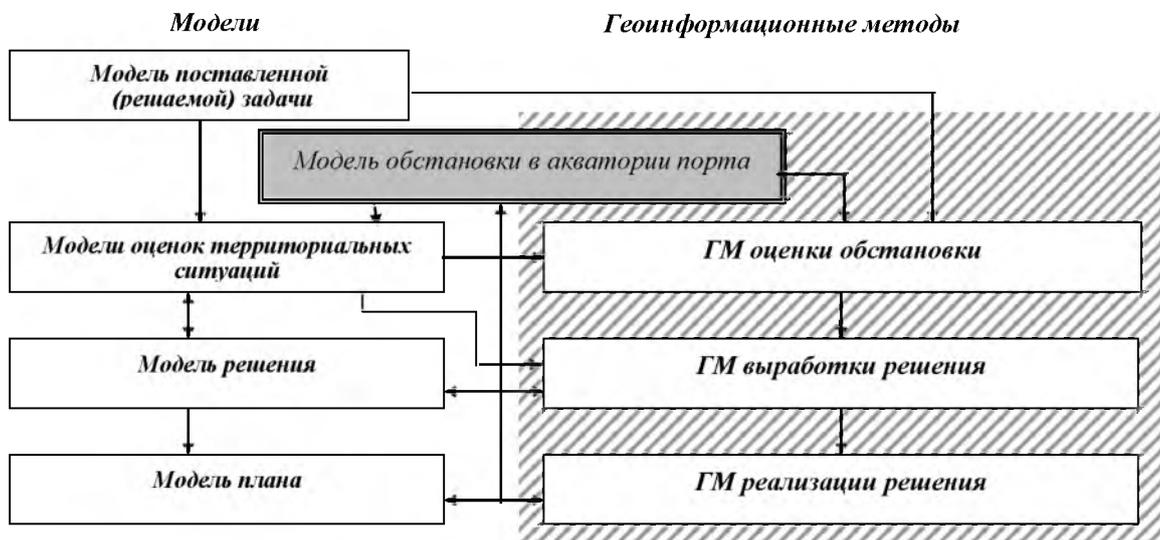


Рисунок 1 – Система геокибернетического моделирования ГМ – геоинформационный метод

риантов решения, планирование, реализация решения [1, 6].

Так как отображение обстановки должно в наибольшей степени соответствовать реальной геоситуации, объекты обстановки представляются в геоинформационном пространстве [1, 2]:

$$Gob_{Sit} \in GIS$$

Для выполнения оценки обстановки в ближней морской зоне, которая характеризуется высокой динамикой и обширным территориальным охватом возможно использование аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС) [13].

Элементы обстановки представляются базовыми структурами геопространства (ГП) *GSt* (геообъекты, георегионы, геосистемы) и сопровождаются описанием их многомерного пространства признаков *Descr*:

$$\{CPFD, EnemD, CADD\} \subset \langle GStr, Descr \rangle$$

Состав модели обстановки определяют модели геоданных:

$$(MSit |_{Cont} = (M_p, M_o),$$

где: M_p – цифровая модель поверхности района; M_o – цифровая модель объектов обстановки. Модель поверхности района включает модели точек и контуров:

$$M_p = \{(m_t)_k, (m_k)_k, P_{pt}, P_{pk}\},$$

где: $(m_t)_k$ – цифровая модель точки поверхности; $(m_k)_k$ – цифровая модель контура поверхности; P_{pt} , P_{pk} – предикаты (идентификаторы, правила, обозначения, ключевые параметры в ре-

ляционных таблиц пространственной базе данных) распределения точек и контуров на поверхности района. Модель точки поверхности:

$$(m_t)_k = \langle (x, y), \sum(h) \rangle,$$

где: (x, y) - прямоугольные (плоские) координаты точки; h - параметр

Модель контура $(m_k)_k$ формируется на основе модели точки и включает:

$$(m_k)_k = \langle (y = f_i(x) | x \in [x_n, x_k])_1, (y = f_j(x) | x \in [x_n, x_k])_2, \dots, (y = f_r(x) | x \in [x_n, x_k])_\lambda \rangle,$$

где: $y = f(x)$ - аппроксимирующие функции.

В таблице 1 приведены выражения для модели контура в зависимости от формы представления гео данных.

Таблица 1 – Формульные выражения для модели контура

Модель контура:	
Векторная:	Растровая:
$M_c = m_k^r P_{tk} = \bigcup_{j \in N_{*k}} \{m_t^h\}_i$	$m_k^r = (M_{tk}, P_{t1}, P_{t2}, \dots, P_{tq})$
$m_k^r P_{rk} = \bigcup_{j \in N_{rk}} \{(m_{tk}^h, m_{vk}^h)\}_j$	$P_{ti} = \begin{cases} 1, & m_t \in M_{tk} \\ 0, & em_t \notin M_{tki}, i = 1, 2, \dots, q \end{cases}$
$N_{vk} = \{1, 2, \dots, n_{vk}\}$ – вектора контура; m_{tk} и m_{vk} – модели начальной и конечной точек; P_{tk} , P_{rk} – системные параметры контура	q – число контуров; M_{tk} – модели точек контуров, с P_t , системные предикаты – принадлежности точек контуру

Цифровая модель поверхности района M_p представляет набор контуров и точек района:

$$M_p = (\{\Omega_{h1}, \Omega_{h2}, \dots, \Omega_{hm}\}, (M_t)_k),$$

где: Ω_{hi} - кортежи, описывающие отдельные контуры (горизонталы, изобаты).

$$\Omega_{hi} = \langle \sum(hg_i), (y = f_i(x) | x \in [x_n, x_k])_1, (y = f_j(x) | x \in [x_n, x_k])_2, \dots, (y = f_r(x) | x \in [x_n, x_k])_n \rangle,$$

где $\sum(hg_i)$ - символическая конструкция, соответствующая значению высоты hg_i - контура (горизонталы); $y = f(x)$ - функции и области задания функций, описывающих упорядоченные множества отрезков или дуг цифровых моделей контуров; $(M_t)_k$ - множество точек.

Модель объектов обстановки M_o представляется как цифровое описание формы и содержательных признаков объекта, а также отношений на множестве объектов:

$$M_o = (M_{FOB}, \{Ob\}, R_{ob}),$$

где M_{FOB} - модель формы объекта; $\{Ob\}$ - множество содержательных признаков (описаний) объектов обстановки; R_{ob} - модель отношений между объектами.

(содержательный) атрибут точки; $\sum(h)$ - символическая конструкция, описывающая значение отметки h :

$$\sum(h) = \emptyset, (x, y) \in \{(m_k)_k, P_{pk}\},$$

где: $\{(m_k)_k, P_{pk}\}$ - контур.

Модель формы объекта M_{FOB} подобно цифровой модели поверхности района описывает положение, контур или поверхность объекта.

Содержание объекта передается через групповые и индивидуальные характеристики его класса, вида и т.д.:

$$\{Ob\} = \bigcup_{i=1}^n \bigcup_{j=1}^{l_i} \bigcup_{k=1}^{m_j} Ob_{i,j,k},$$

где: n - число классов объектов; l_i - число родов i -го класса; m_j - число видов j -го рода. *Класс* -

множество объектов, имеющих общий существенный признак и отличающихся от всех других объектов других множеств по различному признаку.

При этом общий признак для объектов одного класса выступает одновременно как различительный по отношению к другому классу. Pod – подмножество объектов класса, все объекты которого имеют общий признак, существенный для этого подмножества, и отличаются от объектов других подмножеств класса по различительному признаку. $Вид$ - подмножество объектов рода, имеющих общий константный признак, существенный для решения конкретного вида задач.

Каждый объект обстановки Ob в отдельности (конкретный географический объект, единичный элемент обстановки, его содержание) представляется:

$$Ob = \bigcup_{i=1}^{\alpha} \bigcup_{j=1}^{d_i} P_{ij}$$

где: P_{ij} - конкретное дискретное значение признака (атрибута) объекта; α – общее число

Топологические отношения:

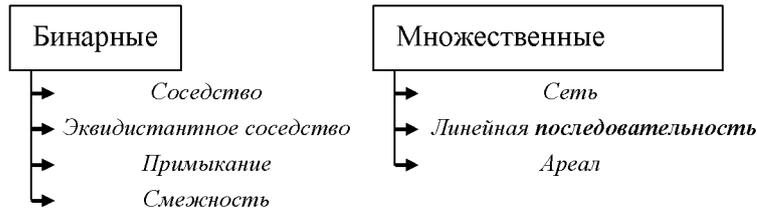


Рисунок 2 – Топологические отношения между объектами

Содержательные отношения определяются с помощью методов теории информации, множеств, классификаций и районирования, корреляционного, дисперсионного, факторного и др. видов анализа.

Топологические отношения определяются взаимоотношением контуров или поверхностей объектов:

$$r_c = f(r_c^t, r_c^э, r_c^\Gamma),$$

$p \vee 0 = 0$ – примыкание
 $p \vee 0 = 1$ – соседство

Структура модели обстановки представляет иерархическую систему цифровых моделей природных и социальных компонентов. Поэтому выражение цифровой модели обстановки m_e^i на i -м иерархическом уровне обобщения имеет вид:

$$m_e^i = \{(M_e^{i-1} | M_e^{i-1} \subset M_e^i), (P_{sc}^{i-1} | P_{sc}^{i-1} \subset P_{sc}^i)\},$$

признаков в содержании объекта; d_i – число дискретных значений в пределах каждого признака. Модель признаков P_j :

$$P_j = \langle \bigcup_{i=1}^l P_i^C \rangle,$$

где: P_i^C – содержательный признак объекта, $P_i^C \in S^n$ (S^n – многомерное пространство признаков).

Модель отношений между объектами R_{ob} отображает отношения объектов в S^n - многомерном пространстве признаков объектов, и в R^m - физическом пространстве.

$$R_{ob} = f(\{r_c\}, \{r_T\}),$$

где: r_c – функция, отображающая содержательные отношения между объектами; r_T – функция, отображающая пространственные (топологические) отношения (рис. 2) между объектами.

где: r_c^t – отношения, отображающие место объекта в содержательно-таксономическом ряду; $r_c^э$ – отношения между элементами составного объекта; r_c^Γ – групповые отношения (группировки).

$$r_T = f(\cap, \subset, <, \rightarrow, \cup, p \vee 0 = \{0, 1\}),$$

где: \cap – пересечение; \subset – вложение; $<$ – упорядочение; \rightarrow – ориентирование; \cup – наложение;

как дизъюнкция двух высказываний

где: M_e – модели элементов обстановки; P_{sc} – системные параметры модели (отношения); i – иерархический уровень модели (обобщения).

Приведенное выражение представляет совокупность некоторых множеств с заданными в нем бинарными отношениями, и, следовательно, может рассматриваться как граф. Поэтому модель

обстановки представляются в виде ориентированного графа (дерева), где корень – модель обстановки, а вершины или «листья» - цифровые модели элементов и системные параметры соответствующих уровней обобщения.

Структура обстановки в сочетании с принимаемой при этом структурой системы «обстановка» включает следующие компоненты и уровни (рис. 3):

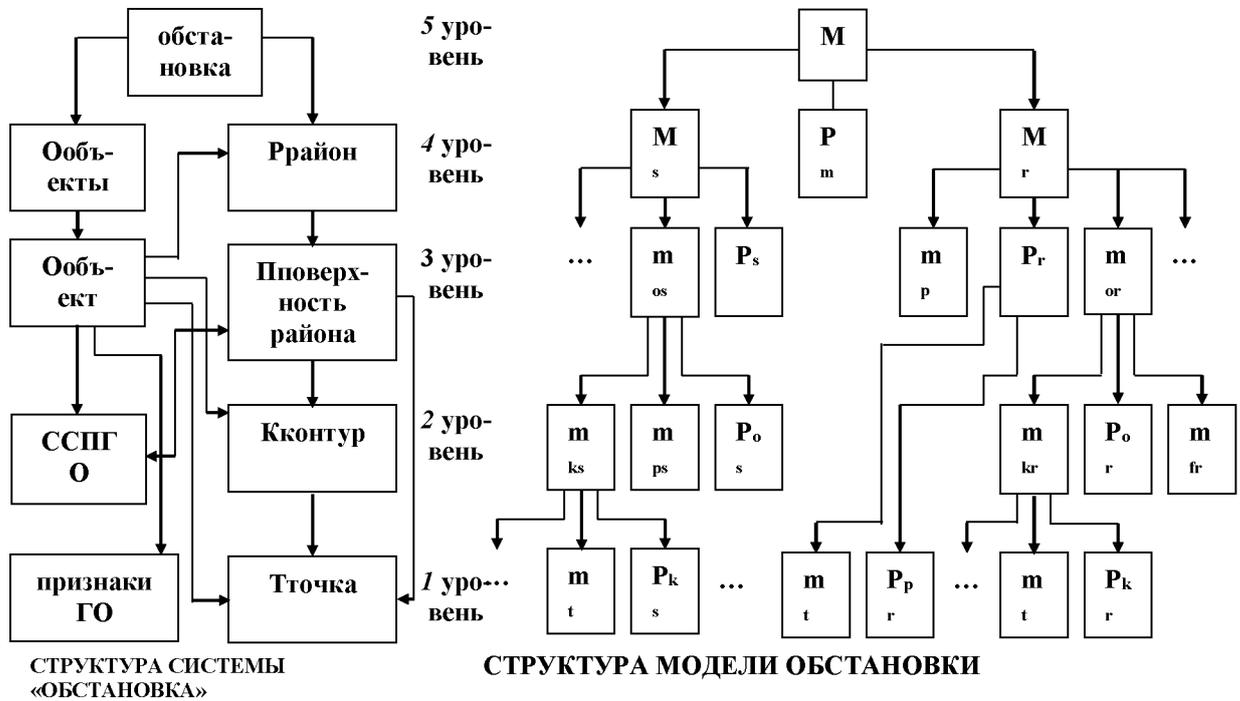


Рисунок 3 – Структура обстановки

P_{ks} – точки контуров; P_{kr} – контуры отдельных форм рельефа, объекта; P_{pr} – элементы поверхности района; P_{os} и P_{or} – номера контуров объектов и предметов поверхности; m_{os} , m_{or} , m_p – модели объектов, рельефа местности, поверхности района; P_s , P_r – параметры для объектов обстановки и для рельефа; M_s , M_r – модели обстановки и рельефа

Первый уровень иерархии соответствует элементарным неделимым информационным частям моделей топографического объекта и топографической поверхности – моделям точек (m_t) и контуров (m_k).

Структурная целостность модели на этом уровне задается совокупностью системных параметров, указывающих на геометрическую структуру контуров объектов района (P_{ks}), контуров отдельных форм рельефа (P_{kr}) или поверхности (P_{pr}). Эти системные параметры представляют собой символьные коды, обозначающие характер связей точек в контуре (последовательность соединения, форма связи, геометрический вид, точность идентификации) или характер расположения точек на ЗП (в характерных местах, по регулярной сетке, по профилям, по нерегулярной сетке и т.д.).

Второй уровень модели – это совокупность цифровых моделей контуров (m_{kr}) и отдельных

форм рельефа (m_{fr}), цифровых моделей контуров (m_{ks}) и поверхностей (m_{ps}) самих объектов, а также системных параметров, определяющих соответствие контуров объектам (P_{os}) и формам рельефа (P_{or}). В качестве системных параметров P_{os} и P_{or} принимаются номера контуров объектов и предметов поверхности в соответствии с используемой системой идентификации УЗ или картографических элементов (кодификаторы, классификаторы).

Третий уровень модели содержит цифровые модели объектов (m_{os}) и рельефа местности (m_{or}), модели поверхности района (m_p) и объединяющие их параметры P_s (для объектов обстановки) и P_r (для рельефа). В качестве этих параметров выступают символьные коды, идентифицирующие объекты обстановки в соответствии с принятой системой обозначений (например, порядковые номера или координаты центра тяжести контуров).

Четвертый уровень иерархии составляют цифровые модели обстановки (M_s) и рельефа (M_T). Объединение их в соответствии с системными параметрами P_m (единая система координат, одинаковая степень генерализации, временной диапазон и территориальный охват и др.) образует последний пятый уровень – саму модель обстановки.

Модель обстановки является инвариантом остальным геомоделям, т.к. по своему составу и структуре может быть преобразована в другие формальные представления категорий управления.

Литература

1. Биденко С.И., Самотонин Д.Н., Яшин А.И. Геоинформационные модели и методы поддержки управления. – СПб.: Изд-во ФВУ ПВО, 2003. – 224 с.
2. Биденко С.И., Лямов Г.В., Яшин А.И. Геоинформационные технологии: учебное пособие. – Петродворец: Изд-во ВМИРЭ, 2004 - 276 с.
3. Биденко С.И., Комарицын А.А., Яшин А.И. Геоинформационные системы поддержки принятия решения: учебное пособие.– СПб: Изд-во СПбГЭТУ, 2004. - 97 с.
4. Биденко С.И., Якушев Д.И. Геоинформационные управляющие системы и технологии.– СПб.: Изд-во СПбУ МВД, 2014. - 248 с.
5. Биденко С.И., Бородин Е.Л., Хекерт Е.В. и др. Геоинформационная поддержка управления морской транспортной активностью: методический аспект. // Эксплуатация морского транспорта. – 2018. – № 2. – С. 80-95.
6. Биденко С.И., Бородин Е.Л., Храмов И.С. и др. Топологизация картографической модели района территориальной активности как элемент оценки обстановки // Информация и космос. – 2021. – № 1.– С. 152-158.
7. Бородин Е.Л., Биденко С.И. Подход к вопросу геоинформационного моделирования системы морской транспортной активности // Эксплуатация морского транспорта. –2016. – № 3. - С. 73-81.
8. Груздев В. М. Территориальное планирование. Теоретические аспекты и методология пространственной организации территории [Текст]: учеб. пос. для вузов / В. М. Груздев. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2014. – 146 с.
9. Панамарев Г.Е., Биденко С.И. Геоинформационная поддержка управления сложными территориальными объектами и системами. – Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушаков, 2011. - 202 с.
10. Пинский А. С. Е-Навигация и безкипажное судовождение // Транспорт РФ. – 2016. – № 4 (65). – С. 50-54.
11. Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС). – СПб.: РМРС, 2020.
12. Тимофеев О.Я., Фролов С.В., Бенгерг А.А. др. Концепция централизованной информационной

системы для планирования работы флота в Арктике // Арктика: экология и экономика. – 2019. - № 1 (33). – С. 129 - 143.

13. Application of artificial neural networks in tasks to support safe maneuvering of the vessels in confined waters. Sergey Bidenko, Evgeniy Borodin, Aleksandr Yashin, Ivan Gorychev and Andrey Degtyrev. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 918, VIII International Scientific Conference Transport of Siberia - 2020 22-27 May 2020, Novosibirsk, Russia, doi:10.1088/1757-899X/918/1/012089.
14. Gaevskaya, Z.A., Rakova X.M. Modern building materials and the concept of «sustainability project» //Advanced Materials Research. 2014. № 941 - 944. Pages 825 - 830.
15. Zaslouov V.V., Golovina A.A., Popov A.N. (2020) Creating a Crewless Ship in the Framework of the Technological Paradigm of the Russian Federation. In: Bogoviz A., Ragulina Y. (eds) Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. ISCI 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 115. Springer, Cham. (pp.468-474). https://doi.org/10.1007/978-3-030-40749-0_56
1. Биденко С.И., Самотонин Д.Н., Яшин А.И. Геоинформационные модели и методы поддержки управления. – СПб.: Изд-во ФВУ ПВО, 2003. – 224 с.
2. Биденко С.И., Лямов Г.В., Яшин А.И. Геоинформационные технологии: Учебное пособие. – Петродворец: Изд-во ВМИРЭ, 2004 - 276 с.
3. Биденко С.И., Комарицын А.А., Яшин А.И. Геоинформационные системы поддержки принятия решения: Учебное пособие. – СПб: Изд-во СПбГЭТУ, 2004. - 97 с.
4. Биденко С.И., Якушев Д.И. Геоинформационные управляющие системы и технологии. СПб.: Изд-во СПбУ МВД, 2014. - 248 с.
5. Биденко С.И., Бородин Е.Л., Хекерт Е.В. и др. Геоинформационная поддержка управления морской транспортной активностью: методический аспект. // Эксплуатация морского транспорта. – 2018. – № 2. – С. 80 – 95.
6. Биденко С.И., Бородин Е.Л., Храмов И.С. и др. Топологизация картографической модели района территориальной активности как элемент оценки обстановки // Информация и космос. – 2021. – № 1.– С. 152-158.
7. Бородин Е.Л., Биденко С.И. Подход к вопросу геоинформационного моделирования системы морской транспортной активности // Эксплуатация морского транспорта. –2016. – № 3. - С. 73-81.
8. Груздев В. М. Территориальное планирование. Теоретические аспекты и методология пространственной организации территории [Текст]: учеб. пос. для вузов / В. М. Груздев. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2014. – 146 с.
9. Панамарев Г.Е., Биденко С.И. Геоинформационная поддержка управления сложными территориальными объектами и системами. – Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф.Ф. Ушаков, 2011. - 202 с.
10. Пинский А. С. Е-Навигация и безкипажное судовождение // Транспорт РФ. – 2016. – № 4 (65). – С. 50-54.
11. Положения по классификации морских автономных и дистанционно управляемых надводных судов (МАНС). – СПб.: РМРС, 2020.
12. Тимофеев О.Я., Фролов С.В., Бенгерг А.А. др. Концепция централизованной информационной

9. Panamarev G.E., Bidenko S.I. Geoinformacionnaya podderzhka upravleniya slozhnymi territorial'nymi ob"ektami i sistemami. – Novorossiysk: Izdvo GMU im. adm. F.F. Ushakov, 2011. - 202 s.
10. Pinskiy A. S. E-Navigaciya i bezekipazhnoe sudovozhdenie // Transport RF. - 2016. - № 4 (65). - S. 50-54.
11. Polozheniya po klassifikacii morskikh avtonomnyh i distancionno upravlyaemyh nadvodnyh sudov (MANS). – SPb.: RMRS, 2020.
12. Timofeev O.YA., Frolov S.V., Bengert A.A. dr. Koncepciya centralizovannoj informacionnoj sistemy dlya planirovaniya raboty flota v Arktike // Arktika: ekologiya i ekonomika. – 2019. - № 1 (33). – S. 129 - 143.
13. Application of artificial neural networks in tasks to support safe maneuvering of the vessels in confined waters. Sergey Bidenko, Evgeniy Borodin, Aleksandr Yashin, Ivan Gorychev and Andrey Degtyrev. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 918, VIII International Scientific Conference Transport of Siberia - 2020 22-27 May 2020, Novosibirsk, Russia, doi:10.1088/1757-899X/918/1/012089.
14. Gaevskaya, Z.A., Rakova X.M. Modern bulding materials and the concept of «sustainability project» //Advanced Materials Research. 2014. № 941 - 944. Pages 825 - 830.
15. ZaslonoV V.V., Golovina A.A., Popov A.N. (2020) Creating a Crewless Ship in the Framework of the Technological Paradigm of the Russian Federation. In: Bogoviz A., Ragulina Y. (eds) Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. ISCI 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 115. Springer, Cham. (pp.468-474), https://doi.org/10.1007/978-3-030-40749-0_56