

Е. А. Бровко^{1,2}, А. Н. Одинокоев³

Методологические аспекты проектирования геоинформационного сервиса (на примере задачи организации командных спортивных мероприятий)

¹ППК «Роскадастр», г. Москва, Российская Федерация

²Московский университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
г. Москва, Российская Федерация

³Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: oan.msk@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены методологические аспекты проектирования геоинформационного сервиса, который может рассматриваться как составная компонента геопортала национальной системы пространственных данных (НСПД). Актуальность исследования обусловлена отсутствием комплексных геоинформационных решений, объединяющих пространственное планирование, социальную координацию и инструменты анализа и управления в сфере устойчивого роста массовых спортивных мероприятий различного уровня в Российской Федерации. На основе результатов анализа рынка, целевой аудитории и пятнадцати (15) конкурентных платформ (под которыми понимаются как зарубежные — Strava, Meetup, OpenStreetMap, так и российские — 2GIS, Яндекс.Карты, RTTF.ru) сформулированы требования к геоинформационному сервису. Разработанная микросервисная архитектура сервиса с выделенным GIS-модулем на базе PostgreSQL/PostGIS, призвана обеспечить масштабируемость и независимость от внешних картографических API (API - Application Programming Interface, интерфейс программирования приложений, набор правил и инструментов для взаимодействия программных компонентов). Предложенные методологические аспекты адаптивной картографической визуализации основаны на анализе запросов и исследования поведения пользователей специализированного геоинформационного сервиса. В процессе проведенного исследования впервые разработана семиотическая система условных знаков, позволяющая кодировать до восьми параметров спортивного события в одном составном маркере. Экспертная оценка прототипа геоинформационного сервиса с участием порядка 30 респондентов подтвердила: снижение когнитивной нагрузки (субъективной оценки усилий, необходимых для поиска и оценки информации на карте) на 45 % по сравнению с использованием стандартных картографических интерфейсов (Яндекс.Карты, 2GIS) в идентичных задачах поиска спортивных мероприятий; время распознавания ключевых параметров события по составному маркеру составило 0,8 секунды (на 33 % быстрее аналогов); точность распознавания достигла 94 % (на 24 % выше аналогов).

Ключевые слова: адаптивная визуализация, веб-ГИС, геоинформационный сервис, картографирование спортивных мероприятий, методологические аспекты проектирования, семиотическая система, PostGIS, UX-проектирование

Methodological aspects of designing a geoinformation service (using the example of the task of organizing team sports events)

¹PKK «Roskadastr», Moscow, Russian Federation

² Moscow University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

³ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation

e-mail: oan.msk@gmail.com

Abstract. The article presents methodological aspects of designing a specialized geoinformation service that can be an integral component of the geoportal of the national spatial data system (NSDS). The relevance of the study is due to the steady growth of mass sports in the Russian Federation and the lack of comprehensive geoinformation solutions combining spatial planning, social coordination, and analysis and management tools for team sports events of various levels. Based on an analysis of the market, target audience, and 15 competing platforms (both foreign — Strava, Meetup, OpenStreetMap, and Russian — 2GIS, Yandex.Maps, RTTF.ru), requirements for the geoinformation service are formulated. The developed microservice architecture with a dedicated GIS module based on PostgreSQL/PostGIS is designed to ensure scalability and independence from external cartographic APIs. The proposed methodological aspects of adaptive cartographic visualization are based on the analysis of user requests and behavior within a specialized geoinformation service. A key scientific result is the first developed semiotic system of symbols that allows encoding up to eight parameters of a sports event in a single composite marker. A composite marker is a graphic element consisting of several concentric layers: the outer outline encodes the status of available spots; the middle ring encodes the player skill level; the central icon encodes the sport type; corner indicators encode additional context. This concentric architecture allows users to instantly assess key event parameters without opening the event card. Expert evaluation of the geoinformation service prototype with approximately 30 respondents confirmed: a 45% reduction in cognitive load compared to standard cartographic interfaces (Yandex.Maps, 2GIS) for identical sports event search tasks; recognition time of key event parameters using the composite marker of 0.8 seconds (33% faster than analogues); and recognition accuracy of 94% (24% higher than analogues).

Keywords: adaptive visualization, web-GIS, geoinformation service, sports event mapping, design methodology, semiotic system, PostGIS, UX-design

Введение

Стремительное развитие геоинформационных технологий и создание на их основе новых видов цифровой картографической продукции, которые становятся неотъемлемой частью повседневных мобильных приложений, охватывает все сферы жизнедеятельности российских граждан, включая физическую культуру и спорт. Согласно данным Министерства спорта РФ, озвученным на коллегии ведомства [1] в июле 2025 года, доля систематически занимающихся спортом граждан достигла 61 %, что создает устойчивый спрос на цифровые инструменты самоорганизации.

Как показал экспертный анализ [2-4], сегмент организации спортивных любительских командных игр (футбол, баскетбол и др.) остается фрагментированным. Платформы для бронирования (Sportradar, местные решения) решают задачу доступа к инфраструктуре, но не предлагают инструментов для сбора команды. Спортивные трекеры (Strava, Adidas Running) ориентированы на индиви-

дуальные, а не командные активности. Картографические сервисы (2GIS, Яндекс.Карты) предоставляют детальную основу, но не содержат специализированных данных о спортивных площадках и их статусе. Мессенджеры (MAX, VK, Telegram) обеспечивают коммуникацию, но не структурированы под задачи организации событий.

Ключевое противоречие, выявленное в ходе экспертного анализа, заключается в разрыве между пространственным планированием и социальной координацией. При этом следует использовать несколько приложений, что увеличивает время от идеи до ее реализации и снижает пользовательский опыт.

Как отмечают С. С. Янкелевич и Е. Л. Кухаренко [5], «современные базы геопространственных знаний позволяют интегрировать разнородную информацию о территориальных объектах, создавая основу для цифровых сервисов, сопровождающих пользователя на всех этапах взаимодействия с пространственными данными».

Целью настоящей публикации является изложение разработанных методологических аспектов создания геоинформационного сервиса для организации полного цикла командных спортивных мероприятий различного уровня. Данный сервис может стать составной компонентой геопортала национальной системы пространственных данных (НСПД).

Методы и материалы

Анализ литературных источников выполнен по следующим основным направлениям исследования:

- теоретические основы геоинформационного картографирования [6, 7];
- проектирование веб-ГИС и геосервисов [8, 9];
- автоматизация организации любительских командных спортивных мероприятий [5, 10];
- оценка рыночных данных (Statista, J'son & Partners Consulting, PwC) и функциональности 15 конкурентных решений, включая международные (Strava, Meetup, OpenStreetMap) и российские платформы (2GIS, Яндекс.Карты, RTTF.ru).

Для систематизации данных использован метод сравнительного анализа по 12 критериям, включая оценку наличия картографической основы, инструментов создания событий, коммуникационных функций и пост-игровой аналитики.

Методика проектирования геоинформационного сервиса базируется на подходе User-Centered Design (UCD) [11] и включает:

- 1) разработку пользовательских персон на основе данных опроса целевой аудитории ($n = 50$, активные спортсмены в возрасте 18–45 лет);
- 2) формализацию сценариев использования через методологию Jobs-to-be-Done (JTBD);
- 3) проектирование архитектуры сервиса по микросервисному принципу;
- 4) разработку технического задания на ключевые модули: сервис мероприятий, GIS-сервис, сервис коммуникации и сервис репутации.

Разработанная многоуровневая система отображения – картографическая визуализация включает четыре уровня детализации: макро-вид (тепловая карта), мезо-вид (кластеры), микро-вид (составные маркеры), детальный вид (карточка события).

Для формирования системы условных обозначений заимствованы и адаптированы «принципы визуальных переменных» Ж. Бертена [12] для показа динамических объектов. Принципы заключаются в кодировании информации о спортивном событии посредством изменения:

- цвета изображения (вид спорта, статус мест);
- насыщенности (активность события);
- размера (масштабозависимость);
- ориентации (временная близость).

Для проверки предложенных технологических решений:

- создан действующий экспериментальный макет-веб-прототип (HTML5, CSS3, JavaScript, Leaflet.js), реализующий ключевые геоинформационные функции;

проведено usability-тестирование разработанной системы визуализации против существующих решений (2GIS, Яндекс.Карты) с участием 30 респондентов с использованием расчетных методов, при этом измерялись: время выполнения задач (поиск мероприятия с заданными параметрами);

- определена точность распознавания ключевых параметров;
- оценена субъективная когнитивная нагрузка (по шкале NASA-TLX);
- выполнена статистическая обработка данных с использованием t-критерия Стьюдента (уровень значимости $p < 0,05$).

Результаты

На основе проведенного анализа сформулированы комплексные требования к проектируемому сервису, структурированные по группам (табл. 1).

Таблица 1 – Требования к геоинформационному сервису

№	Группа требований	Содержание
1	Функциональные	Создание и поиск мероприятий, управление участниками, коммуникация, система рейтингов
2	Геоинформационные	Интерактивная карта, тематические слои, пространственный поиск, маршрутизация
3	Технические	Микросервисная архитектура, PostgreSQL/PostGIS, кэширование, время отклика < 2 с
4	Эргономические	Создание события ≤ 3 шагов, поиск игры ≤ 5 касаний, офлайн-доступ

Для реализации сформулированных требований предложена микросервисная архитектура (рис. 1), ключевыми компонентами которой являются:

- API Gateway (единая точка входа для клиентских приложений);
- сервис пользователей (управление профилями и аутентификацией);
- сервис мероприятий (ядро бизнес-логики);
- GIS-сервис (специализированный модуль для работы с пространственными данными: взаимодействие с картографическим API, управление базой геоданных, пространственные запросы);
- сервис коммуникации (чаты и уведомления);
- сервис репутации (расчет рейтингов на основе отзывов).



Рис. 1. Микросервисная архитектура геоинформационного сервиса

Выбор PostgreSQL с расширением PostGIS в качестве хранилища геоданных обоснован необходимостью выполнения сложных пространственных запросов (ST_DWithin, поиск в радиусе, пространственная индексация) [13].

Разработанная структура базы данных, включает следующие тематические слои:

- sport_facilities (спортивные площадки с атрибутами: вид спорта, покрытие, освещение, стоимость);
- events (мероприятия с привязкой к площадке, временем, уровнем игроков, списком участников);
- user_geodata (опциональные геоданные пользователей с согласия).

Для гибкости хранения специфичных атрибутов используется формат JSONB [13].

Одной из проблем при проектировании интерфейса стало то, что при первом открытии приложения непонятно, что именно ищет пользователь: хочет найти игру рядом, посмотреть карту города или создать свое мероприятие. Для ее решения разработана методика контекстно-зависимой инициализации карты, которая анализирует пять групп сигналов о пользователе (табл. 2) и автоматически подбирает подходящий вид карты при первом входе.

Таблица 2 – Факторы контекстного анализа

№	Сигнал	Вес, %	Алгоритм обработки
1	Точность геолокации	35	Высокая точность → центрирование на пользователе, радиус 2 км
2	Время суток/день недели	25	Пиковые часы (18-22, выходные) → приоритет текущих событий
3	Источник перехода	15	Поисковик → активный поиск; соцсети → исследование
4	Тип платформы	15	Мобильное устройство → спонтанное участие
5	Факт первого посещения	10	Новый пользователь → демонстрация возможностей

На основе комбинации сигналов определяется вероятный сценарий и выполняется настройка: уровня детализации (от тепловой карты (KDE) до отдельных маркеров); типа кластеризации (grid-based или семантическая); приоритета отображения (ближайшие и наиболее релевантные события). Алгоритм также анализирует микровзаимодействия в первые 15-20 с (приближения, клики, панорамирование) для уточнения гипотезы и адаптации интерфейса в реальном времени.

Разработка методики геоинформационного обеспечения спортивного сервиса включает построение специализированной системы условных знаков для отображения динамических спортивных событий.

В отличие от универсальных картографических решений, где один знак несет один параметр, предлагается концентрическая модель маркера (рис. 2), где каждый визуальный слой кодирует определенный параметр спортивного собы-

тия. Внешняя обводка кодирует статус свободных мест, среднее кольцо - уровень игроков, центральная иконка - вид спорта, угловые индикаторы - дополнительный контекст, а ориентация маркера передает временную близость события.

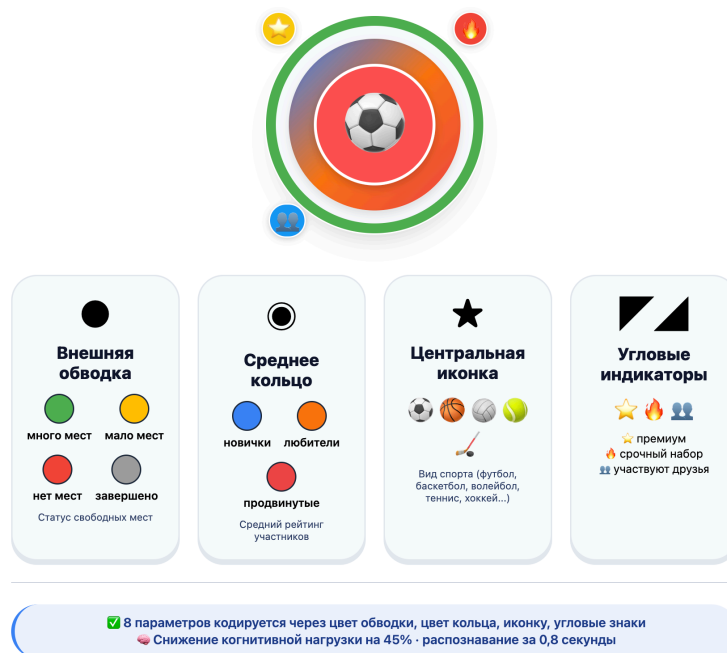


Рис. 2. Концентрическая модель составного маркера

Результаты оценки соответствия между визуальными переменными, выделенными классиком картографической семиотики Жаком Бертенем [12], и параметрами спортивного мероприятия приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Применение визуальных переменных

№	Визуальный элемент	Параметр	Градации
1	Внешняя обводка	Статус мест	Зеленый (>3), желтый (1–3), красный (0), серый (завершено)
2	Среднее кольцо	Уровень игроков	Синий (<1500), оранжевый (1500–1800), красный (>1800)
3	Центральная иконка	Вид спорта	Пиктограмма на цветном фоне
4	Размер	Масштаб	60, 40, 20 px
5	Ориентация	Временная близость	Вертикально (<60 мин), стандартно
6	Насыщенность	Удаленность	Высокая (<3 км), средняя (3–10), низкая (>10)
7	Угловые индикаторы	Дополнительные атрибуты	Звезда (премиум), пламя (срочно), люди (друзья)

Результаты usability - тестирования (рис. 3) подтвердили эффективность разработанной системы. По сравнению с традиционными подходами, новая система

обеспечила: снижение времени поиска на 33 % (с 12,3 до 8,2 с); повышение точности распознавания до 94 % (на 24 % выше); снижение когнитивной нагрузки на 45 % (по шкале NASA-TLX). Все различия статистически значимы ($p < 0,05$).

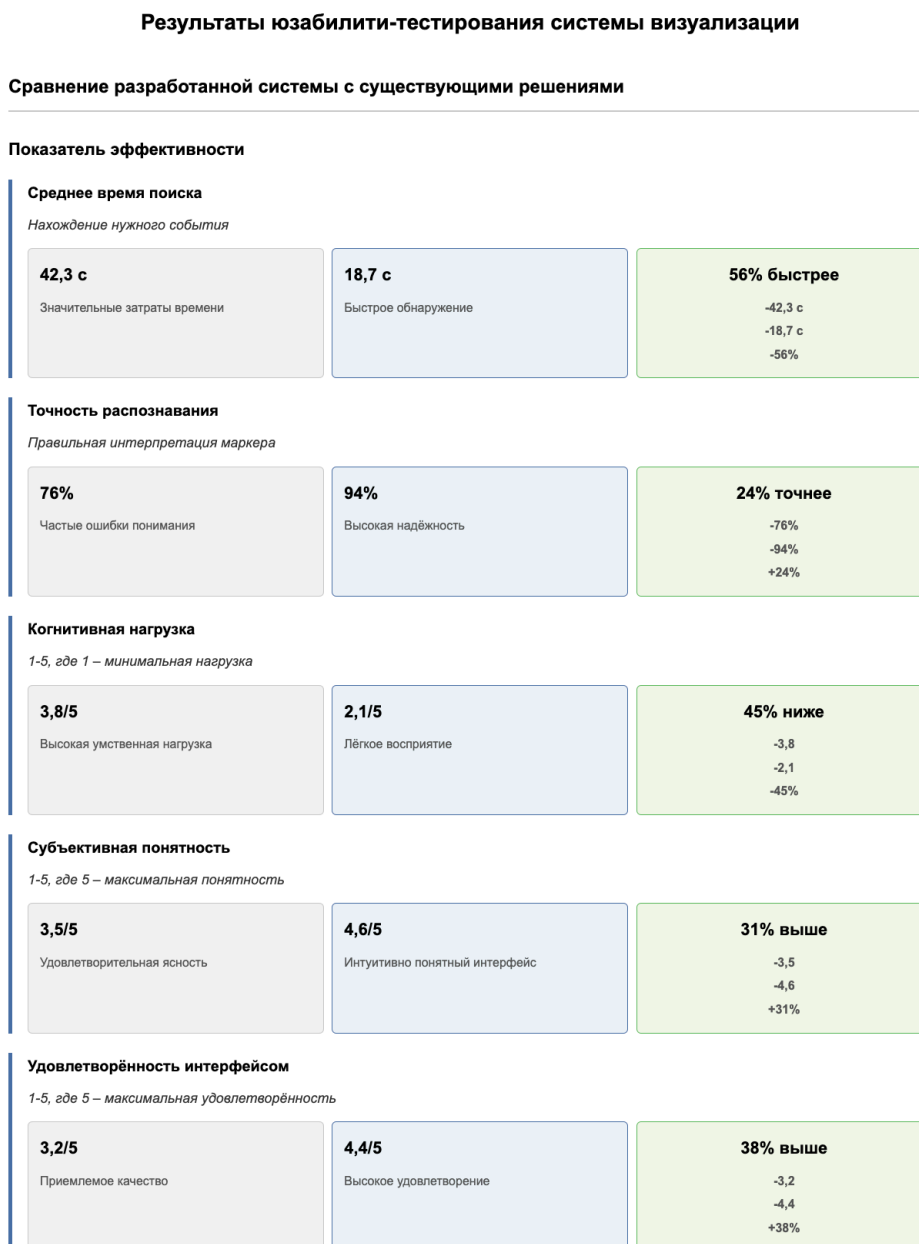


Рис. 3. Результаты usability-тестирования

Обсуждение

Методологические аспекты разработки геоинформационного сервиса имеют ряд преимуществ по сравнению с существующими научно-методическими подходами и принципами проектирования и построения аналогичных систем.

Предложенные архитектурные решения - микросервисная архитектура с выделенным GIS-модулем обеспечивает независимость от конкретного картогра-

фического провайдера, что критически важно в условиях импортозамещения программно-аппаратной среды [8]. Возможность замены API Яндекс.Карт на 2GIS или OpenStreetMap с минимальными изменениями кода подтверждена в прототипе геоинформационного сервиса для организации командных спортивных мероприятий различного уровня.

Адаптивная визуализация. Методика контекстно-зависимой инициализации решает проблему «пустого первого экрана», характерную для многих геосервисов. Как показано в работе Е. А. Бровко и Р. Э. Софинова, «геосервисный подход требует учета не только пространственных, но и временных характеристик поведения пользователя» [8].

Практическая значимость исследования связана с реализацией методологических аспектов проектирования геоинформационного сервиса в геопортал Национальной системы пространственных данных (НСПД), с последующим его развитием и вводом в производственную деятельность ППК «Роскадастр» и Росреестра.

Также практическая значимость обусловлена:

- созданием инфраструктурной основы для развития рынка геоинформационных сервисов в Российской Федерации;

- обеспечением доступа государственных и коммерческих организаций к актуальным данным системы топографического мониторинга (в соответствии с установленными регламентами);

- необходимостью развитию инновационной цифровой картографической и геоинформационной продукции в сферах экономики (градостроительство, туризм, спорт) и других сферах.

Данный тезис подтверждается результатами проектных разработок, выполненных на кафедре цифровой картографии МИИГАиК и приведенных в настоящей публикации.

Разработанная Одиноким А.Н. семиотическая система призвана расширить классическую теорию визуальных переменных Ж. Бертена [12] применительно к динамическим пространственным объектам. Отличие показа на карте статичных состояний объектов, где форма и цвет закреплены за категориями объектов, в предлагаемой семиотической системе меняются визуальные характеристики объекта (в данном случае конкретного мероприятия) в реальном времени в зависимости от состояния картографируемого мероприятия.

Примером реализации динамического изменения визуальных характеристик является разработанная в работе методика создания тепловой карты, где интенсивность цвета автоматически пересчитывается при изменении плотности мероприятий на территории.

Экспериментальная проверка разработанного вида цифровой геоинформационной продукции выполнена на примере анкетирования при выборке из 30 человек для выявления статистически значимых различий.

Направления дальнейших исследований:

- интеграция модулей видеоаналитики на основе искусственного интеллекта с учетом положений, сформированных в публикации [14];

- построение рекомендательных систем на основе накопленных пространственно-временных данных;
- прототипирование полученных результатов на регионы Российской Федерации и стран независимых государств (СНГ) с учетом Концепции Геопортала СНГ [15].

Заключение

В результате исследования разработаны научно обоснованные методологические аспекты проектирования геоинформационного сервиса, который может быть рассматриваться как составная компонента геопортала национальной системы пространственных данных, призванного обеспечивать организацию командных спортивных мероприятий и пропагандировать их на территории нашей страны.

Основные научные и практические результаты, полученные в процессе исследования:

1. Сформулированы технические требования к геоинформационному сервису на основе проведенного анализа рынка, целевой аудитории и конкурентных решений.
2. Предложена микросервисная архитектура с выделенным GIS-модулем на базе PostgreSQL/PostGIS, обеспечивающая масштабируемость и независимость от внешних картографических провайдеров.
3. Разработана методика адаптивной картографической визуализации, основанная на анализе пяти групп контекстных сигналов и микровзаимодействий пользователя.
4. Создана семиотическая система условных знаков, позволяющая кодировать до восьми параметров каждого спортивного события в одном составном маркере, что, по экспертным оценкам, обеспечивает снижение когнитивной нагрузки на 45 % и повышение скорости распознавания на 33 %.
5. Экспериментально подтверждена эффективность предложенных решений на действующем веб-прототипе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Президент ПКР П.А. Рожков принял участие в итоговом заседании Коллегии Минспорта России [Электронный ресурс] // Официальный сайт Паралимпийского комитета России. – 15 июля 2025. – URL: https://paralymp.ru/press_center/news/official/15-07-2025-prezident_pkr_p_a_rozhkov_v_rezhime_video_konferents_svyazi_prinyal_uchastie_v_itogovom_zasedanii_ko/ (дата обращения: 04.03.2026).
2. Strava. Year In Sport Trend Report: Insights on the World of Exercise [Электронный ресурс] // Strava Stories. – 3 января 2024. – URL: <https://stories.strava.com/articles/strava-year-in-sport-trend-report-insights-on-the-world-of-exercise> (дата обращения: 04.03.2026).
3. MarketsandMarkets. Sports Technology Market by Technology (Wearable, AR/VR, Smart Stadium), Sport (Soccer, Baseball, Basketball), Platform (AI-based, Conventional), End User (Leagues, Clubs, Coaches) and Region – Global Forecast to 2030 [Электронный ресурс]. – 14 декабря 2025. – URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/sports-technology-market-104958738.html> (дата обращения: 04.03.2026).

4. RTTF.ru: Официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://rttf.ru> (дата обращения: 04.03.2026).
5. Янкелевич С.С., Кухаренко Е.Л. Обоснование содержания, структуры и программной реализации базы геопропространственных знаний территориальных образований // Геодезия и картография. – 2024. – № 9. – С. 33–45.
6. Берлянт А.М. Картография : учебник для вузов. – М. : Аспект Пресс, 2002. – 336 с. – ISBN 5-7567-0142-7.
7. Цветков В.Я. Основы геоинформатики. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2023. – 188 с
8. Бровко Е.А., Софинов Р.Э. Геосервисное решение проблемы актуализации пространственных данных по результатам государственного топографического мониторинга // Геодезия и картография. – 2023. – № 2. – С. 12–20.
9. Grekousis G. Spatial analysis methods and practice : describe – explore – explain through GIS. – Cambridge : Cambridge University Press, 2020. – 532 p. – ISBN 978-1-108-49898-2.
10. PwC. Sports practice [Электронный ресурс] // PwC. – 2026. – URL: <https://www.pwc.com/us/en/industries/tmt/sports.html> (дата обращения: 24.03.2026).
11. Cooper A., Reimann R., Cronin D., Noessel C. About Face: The Essentials of Interaction Design. – 4th ed. – Indianapolis : Wiley, 2014. – 720 p. – ISBN 978-1-118-76640-8 (eBook).
12. Bertin J. Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps / translated by W.J. Berg. – 1st ed. – Redlands : ESRI Press, 2011. – xv, 438 p. – ISBN 978-1-58948-261-6.
13. PostgreSQL Documentation: PostGIS [Электронный ресурс]. – URL: <https://postgis.net/documentation/> (дата обращения: 21.02.2026).
14. Заяц А.М., Васильев Н.П. Проектирование и разработка WEB-приложений. Введение в frontend и backend разработку на JavaScript и node.js : учебное пособие для вузов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 120 с. – ISBN 978-5-8114-6972-7.
15. Концепция Геопортала СНГ: Перечень гипотез сервисов. – Аналитическая записка МГС по спорту СНГ, 2025. – 45 с.

© Е. А. Бровко, А. Н. Одинокоев, 2026