

5. Официальный сайт геомаркетинговой информационной системы «Геоинтеллект» [Электронный ресурс]. – URL <https://geointellect.com> (дата обращения 5.04.2021)

6. Официальный сайт геомаркетинговой информационной системы EverGIS online [Электронный ресурс]. – URL: <https://evergis.ru> (дата обращения 12.12.2020)

Белов Виталий Станиславович
студент кафедры прикладной информатики и информационных технологий
Институт инженерных и цифровых технологий
НИУ «БелГУ»,
студент; (Белгород, Россия)
Резниченко Олег Сергеевич,
старший преподаватель кафедры прикладной информатики и информационных технологий
Институт инженерных и цифровых технологий
НИУ «БелГУ»,
ст. преподаватель; (Белгород, Россия)

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Аннотация: В статье рассмотрены наиболее популярные инструменты реализации веб-карт. Обозначены преимущества и недостатки каждого из них. Сформированы критерии выбора подобных инструментальных средств и проведен анализ библиотек Leaflet, OpenLayers и Mapbox GL JS системой поддержки принятия решений. Сформированы выводы о рассматриваемых библиотеках и указана наиболее приемлемая для применения.

Ключевые слова: веб-карта, геовизуализация, геоинформационные веб-приложения, визуализация пространственных данных.

Визуализация пространственных (пространственно-временных) данных или геовизуализация – это инструмент и технология представления геоданных в визуальной форме – на карте, картосхеме, трехмерном изображении или иным способом [1, с.6].

Геовизуализация представляет собой неотъемлемый компонент при работе с геоинформационными технологиями. Геовизуализация позволяет не только отображать геоданные в наглядной форме, но и предоставляет возможность выявления закономерностей и связей между ними за счет пространственного анализа.

С развитием геовизуализации перед разработчиками все чаще поднимается проблема выбора инструмента реализации цифровой карты. От выбранного средства зависит как разработка и сопровождение программного обеспечения, так и его эффективность применения конечными

пользователями. Исходя из этого, для рационального выбора нужного инструмента необходимо предварительно проанализировать множество параметров.

В настоящее время набирают популярность географические веб-приложения, которые позволяют вести работу с цифровыми картами в браузерах. Создание таких веб-карт может осуществляться за счет различных существующих инструментов визуализации, доступных в качестве библиотек на языке программирования JavaScript или API сторонних сервисов, таких как google maps или 2ГИС.

Сегодня наиболее известными и часто используемыми средствами разработки для геовизуализации в веб-приложениях являются: OpenLayers, Leaflet и Mapbox GL JS. Рассмотрим подробнее каждое из них.

OpenLayers – разработана компанией MetaCarta и является проектом с открытым исходным кодом, распространяемый по 2-пунктовой лицензии BSD [2]. Позиционируется как библиотека для создания сложных геоинформационных систем и обладает огромным функционалом предоставляемого API. Поддерживает различные форматы для отображения данных: GeoJSON, TopoJSON, WKT, KML, GPX, TMS, WMS, MapBox и другие. Кроме того, существует возможность интеграции с закрытыми форматами, такими как Google Maps и Яндекс карты. Также умеет работать с различными типами проекций, преобразованием и отображением данных.

Обладает возможностью рендеринга объектов с помощью WebGL. Кроме того, считается отличным решением при использовании карты на мобильных устройствах.

Проект продолжает активно развиваться, так последний релиз v6.5.0, выпущенный в декабре 2020 года, привнес поддержку спецификации WFS 2.0.0, дополнительные возможности ввода объектов на сенсорных экранах и множество исправлений багов.

Недостатком OpenLayers можно назвать большой порог вхождения, который требует глубоких знаний языка JavaScript и пониманий принципов работы с геоинформационными технологиями.

В целом OpenLayers в первую очередь ориентирована на использование в сложно функциональных геоинформационных приложениях, но может и применяться для простого отображения геоданных на карте.

Leaflet также обладает открытым исходным кодом и является наиболее распространенной среди всех библиотек создания цифровых веб-карт [3]. Согласно официальному сайту, размер библиотеки составляет около 39 КБ, что делает ее наиболее легковесной среди всех остальных рассматриваемых средств визуализации.

Функционал Leaflet ориентирован на предоставление только базовых возможностей при работе с картой, но благодаря многочисленному количеству плагинов возможности библиотеки могут быть сопоставимы с OpenLayers. Так на сайте библиотеки структура страницы плагинов состоит из следующих разделов: работа с тайловыми слоями, оверлейное

отображение, оверлейное взаимодействие, оверлейные данные, взаимодействие с самой картой, интеграция со сторонними сервисами и другие.

Leaflet поддерживает форматы GeoJSON, WMS, TMS. Также имеется поддержка дополнительных форматов с использованием плагинов, таких как CSV, KML, WKT и другие.

Библиотека обладает хорошей структурированной документацией с примерами. Кроме того, ввиду популярности Leaflet, имеется возможность нахождения дополнительной информации о работе с ней на просторах интернета.

Библиотека отлично подходит для начинающих разработчиков и позволяет быстро приступить к созданию несложных интерактивных карт.

Mapbox GL JS – библиотека, предоставляемая американским поставщиком онлайн-карт Mapbox [4]. Главной особенностью библиотеки считается рендеринг векторных данных в объемном трехмерной формате с высокой производительностью и интерактивностью. Стоит отметить, что существует библиотека Mapbox.js от этой же компании, которая основана на рассмотренной выше Leaflet, но она признана устаревшей и больше не развивается разработчиками в отличие от Mapbox GL JS. Начиная с версии 2.0.0 Mapbox GL JS обрела проприетарную лицензию, что означает наличие ограничений на ее использование. Так возможность бесплатного применения предполагает обращения к сервису при не более чем 50 тысяч инициализаций веб-карты на странице в месяц. При исчерпании лимита необходимо платить от 3 до 5 долларов за 1000 обращений в зависимости от количества суммарных загрузок в месяц.

Несмотря на ограничения, библиотека оправдывает свою стоимость наличием большого количества предоставляемых возможностей. Так в последней версии добавлена поддержка свободной камеры, возможность просмотра трехмерного ландшафта, а также возможность добавления слоя неба. Огромным преимуществом библиотеки также можно назвать высокую скорость рендеринга и общую производительность работы. Поддержка форматов библиотеки ограничивается и основывается только на GeoJSON, TMS и TileJSON.

На рисунке 1 представлены примеры отображения цифровых карты, рассмотренных библиотек

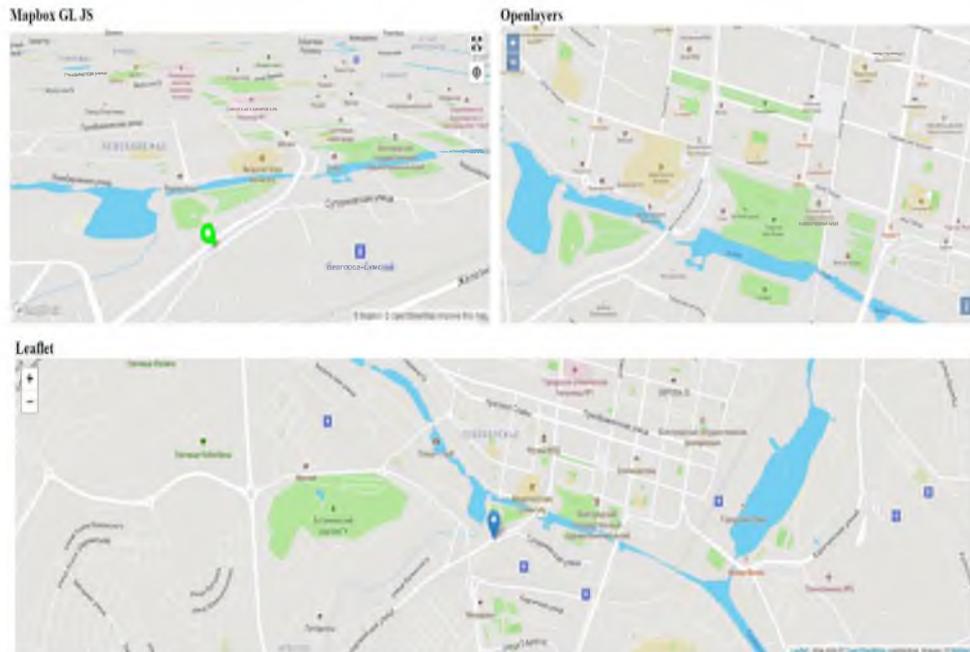


Рисунок 1 – Веб-карты рассматриваемых библиотек

Общая характеристика библиотек OpenLayers, Leaflet и Mapbox GL JS представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Общая характеристика рассматриваемых библиотек

Название	OpenLayers	Leaflet	Mapbox GL JS
Поддержка	Около 300 контрибьютеров и 8 тысяч звезд на Github; по результатам Google Trends за последние 5 лет имеет 6 баллов в динамике запросов.	Около 700 контрибьютеров и 30 тысяч звезд на Github; по результатам Google Trends за последние 5 лет имеет 71 баллов в динамике запросов.	Развивается компанией Mapbox; Около 300 контрибьютеров и 7 тысяч звезд на Github; по результатам Google Trends за последние 5 лет имеет меньше 1 балла в динамике запросов.
Функциональность	Библиотека обладает огромным функционалом API для визуализации и анализа данных	Базовый функционал для отображения данных, дополнительный функционал осуществляется многочисленным и плагинами.	Библиотека обладает большим функционалом API для визуализации данных с поддержкой векторных карт

Документация	Огромная обновляемая документация с подробными примерами.	Хорошо структурированная документация с базовыми примерами	Большая документация с базовыми примерами.
Лицензия	2-пунктовая BSD	2-пунктовая BSD	Проприетарная лицензия Mapbox
Поддержка форматов и стандартов	GeoJSON, WMS, WFS, WKT, KML, GML, GPX, TopoJSON, MapBox, TMS, XML, Google Maps, Яндекс карты	GeoJSON, WMS, TMS. С плагинами: CSV, KML, WKT, WMTS, 2GIS, TopoJSON	GeoJSON, TMS, TileJSON, CanvasSource, ImageSource, VideoSource
Поддержка браузерами	Браузеры с поддержкой html5 и ECMAScript 5	Chrome, Firefox, Safari 5+, Opera 12+, IE 7-11, Edge	Браузеры с поддержкой WebGL
Назначение	Разработка больших геоинформационных систем	Разработка небольших геоинформационных веб-приложений	Разработка геоинформационных веб-приложений с поддержкой трехмерного ландшафта

Сформированы следующие критерии выбора средств реализации веб-карт:

- простота использования – характеризует степень сложности применения и уровень необходимых знаний для применения инструментального средства,
- функциональность – обозначает базовые возможности при разработке веб-карты. Сюда можно включить: количество поддерживаемых форматов и стандартов данных, поддержка геолокации, возможность экспорта данных в форматах png, pdf, jpeg и других, поддержка встроенных различных элементов контроля картой, таких как масштабирование, полноэкранный режим, также наличие элементов работы с геоданными и т.п.;
- производительность – характеризует общую скорость работы, максимально возможное количество геоданных для отображения, а также плавность цифровой карты;
- поддержка браузерами - критерий, обозначающий возможность применения веб-карты на различных типах и версий браузеров;
- стоимость – обозначает количество необходимых финансовых средств для применения инструмента;

– документация – отражает качество и полноту предоставляемой документации к библиотеке, с учетом различных примеров;

– поддержка развития – показывает, насколько рассматриваемый инструментарий продолжает развиваться разработчиками и сообществом. Сюда также можно включить тенденцию развития популярности инструмента;

– расширяемость – критерий, характеризующий возможность использования или написания различных дополнительных расширений под библиотеку.

В ходе анализа отзывов разработчиков, использующих рассмотренные инструментальные средства, сформирована матрица парных сравнений критериев (Таблица 2).

Таблица 2 – Матрица сравнения критериев

Критерий	1	2	3	4	5	6	7	8	Приоритеты
1. Расширяемость	1	1/3	1/5	1/2	1/5	1/6	1/6	1/4	0,028
2. Документация	3	1	1/3	2	1/4	1/3	1/4	1/3	0,056
3. Поддержка развития	5	3	1	3	1/3	1/2	1/3	3	0,124
4. Поддержка браузерами	2	1/2	1/3	1	1/3	1/4	1/4	1/3	0,045
5. Производительность	5	4	3	3	1	1/2	1/3	3	0,169
6. Простота использования	6	3	2	4	2	1	1/2	3	0,205
7. Стоимость	6	4	3	4	3	2	1	4	0,290
8. Функциональность	4	3	1/3	3	1/3	1/3	1/4	1	0,084

В результате анализа рассматриваемых библиотек средством поддержки принятия решений «СППР Решение» выявлено, что Leaflet с небольшим отрывом от OpenLayers оказался наиболее приемлемым средством реализации веб-карт (Рисунок 2).

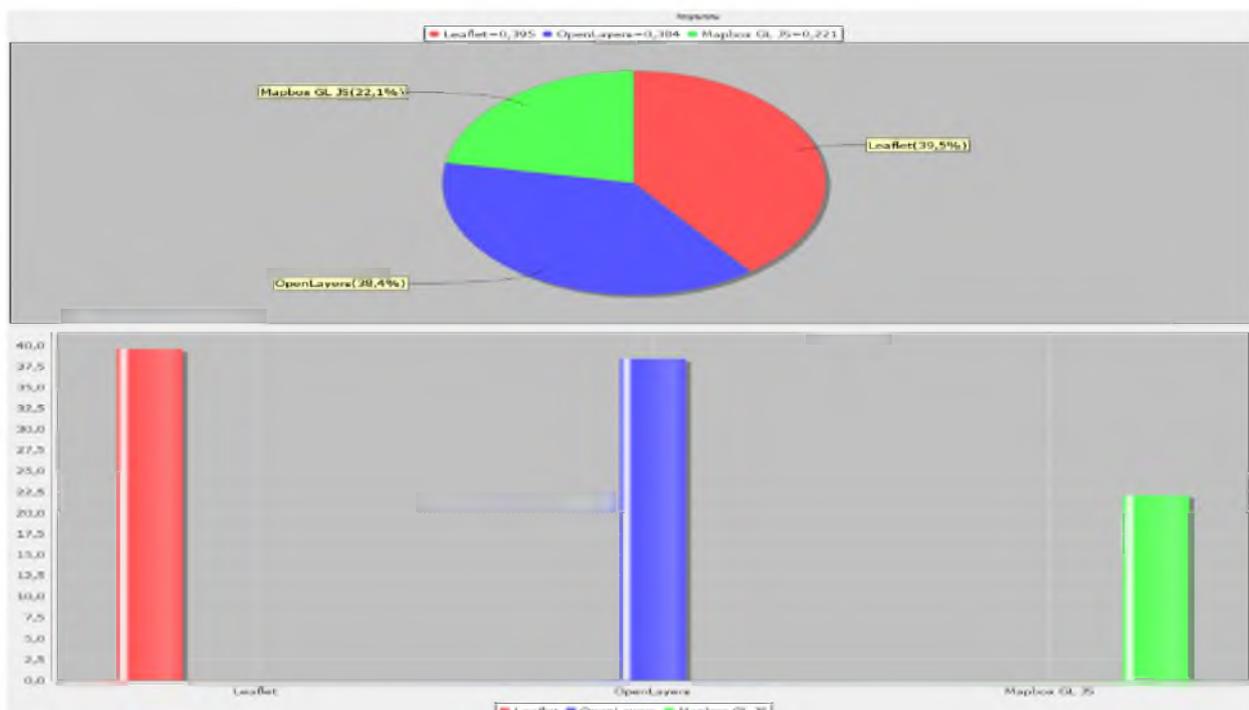


Рисунок 2 – Результаты проведенного анализа средством «СППР Решение»

В результате проведенного анализа средством поддержки принятия решений наиболее рациональным средством реализации веб-карт оказалась библиотека Leaflet. Сформированные критерии и рассмотренные альтернативы могут помочь разработчикам геоинформационным веб-приложений выбрать наиболее подходящий инструмент построения веб-карт.

Список использованных источников:

1. Вицентий А.В. Визуализация пространственных данных как подход к построению когнитивных интерфейсов мультипредметных информационных систем поддержки регионального управления [Электронный ресурс] // Интернет журн. «Наукоедение» Том 9, №5 2017. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/82TVN517.pdf> (дата обращения 28.05.2021)
2. Официальный сайт библиотеки OpenLayers [Электронный ресурс]. – URL: <https://openlayers.org/> (дата обращения 30.05.2021)
3. Официальный сайт библиотеки Leaflet [Электронный ресурс]. – URL: <https://leafletjs.com/> (дата обращения 30.05.2021)
4. Официальный сайт библиотеки Mapbox GL JS [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mapbox.com/mapbox-gljs/> (дата обращения 31.05.2021)

Галкин Валерий Борисович,
 профессор кафедры применения ракетного топлива и горючего
 Вольский военный институт материального обеспечения,
 к. т. н., профессор; (Вольск, Россия)
Абраменков Дмитрий Сергеевич,
 курсант