



Д.Е. Прокудин, Г.С. Левит

**Применение методов визуализации
геоданных, полученных из
неструктурированных цифровых
данных, в науковедческих
исследованиях (на примере научного
наследия Г.Ф. Гаузе)**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Прокудин Д.Е., Левит Г.С. Применение методов визуализации геоданных, полученных из неструктурированных цифровых данных, в науковедческих исследованиях (на примере научного наследия Г.Ф. Гаузе) // Научный сервис в сети Интернет: труды XXI Всероссийской научной конференции (23-28 сентября 2019 г., г. Новороссийск). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2019. — С. 580-592. — URL: <http://keldysh.ru/abrau/2019/theses/23.pdf>
doi:[10.20948/abrau-2019-23](https://doi.org/10.20948/abrau-2019-23)

Размещена также [презентация к докладу](#)

Применение методов визуализации геоданных, полученных из неструктурированных цифровых данных, в науковедческих исследованиях (на примере научного наследия Г.Ф. Гаузе)

Д.Е. Прокудин^{1,2}, Г.С. Левит³

¹ Санкт-Петербургский государственный университет

² Университет ИТМО

³ Йенский университет имени Фридриха Шиллера

Аннотация. Целью настоящего исследования является изучение применения методов визуализации геоданных, извлечённых из метаданных научных публикаций для применения в науковедческих исследованиях. Как фактический материал выбрано научное наследие Г.Ф. Гаузе. Предлагаемое исследование основано на результатах проведённых тематических исследований по оценке возможностей применения цифровых информационных ресурсов в науковедческих исследованиях, извлечения метаданных из цифровых электронных ресурсов и применению методов последующей количественной их обработки. В исследовании были изучены методы извлечения метаданных из цифровых информационных систем, которые не обладают инструментами экспорта. Также рассмотрены и применены доступные методы и технологии извлечения геоданных с их последующей визуализацией. При этом предлагается придерживаться общепринятого подхода к решению задачи визуализации различных геоданных, основывающегося на последовательном решении стандартных задач. Также исследованы и предложены доступные методы и средства для динамической кластеризации пространственных объектов при изменении масштаба карты, что позволяет более наглядно представлять и интерпретировать полученные результаты. Оценена возможность использования извлечённых метаданных в системах научной визуализации, поддерживающих стандартные форматы. При выборе методов и соответствующих им технологий был применён принцип доступности, который позволяет использовать предлагаемый подход в гуманитарных исследованиях без привлечения специалистов в области информационно-коммуникационных технологий.

Ключевые слова: научная информация, цифровые информационные ресурсы, извлечение метаданных, извлечение геоданных, визуализация геоданных, динамическая кластеризация, цифровое научное наследие, Георгий Фёдорович Гаузе

Methods of GEODATA Visualization Extracted from Unstructured Digital Data in Scientific Research

D.E. Prokudin^{1,2}, G.S. Levit^{3,4}

¹ *St. Petersburg State University, Russia*

² *ITMO University, Russia*

³ *Jena University, Germany*

⁴ *Kassel University, Germany*

Abstract. The aim of the research is to study the use of methods of geodata visualization extracted from the metadata of scientific publications for use in scientific research on the example of the scientific heritage of Georgy Gause. It is based on the results of case studies to assess the possibilities of digital information resources, metadata extraction from digital resources and the use of methods for their quantitative processing. We have studied methods of extracting metadata from digital information systems that do not have export tools. Our concentration is on methods and technologies of geodata extraction and their subsequent visualization are considered. There are considered and applied the methods of a dynamic clustering of geodata markers. Based on the visualization of the geodata, we made interpretation of the results. The possibility of using extracted metadata in scientific visualization systems that support standard formats is evaluated.

Keywords: Scientific information, Digital Information Resources, Metadata Extraction, Geodata Extraction, Geodata Visualization, Dynamic Clasterization, Digital Scientific Heritage, Georgy F. Gause

1. Введение

В современных исследованиях в разных предметных областях используются методы и технологии визуализации. Одним из основных направлений применения методов и технологий визуализации является визуализация геоданных [2, 3, 17, 24, 26]. Особенно это актуально для больших данных (big data) [9, 16]. Различные методы обработки больших данных всё чаще используются в гуманитарных исследованиях и являются частью цифровой гуманитаристики (Digital Humanities).

Цель данного исследования – изучение методов визуализации геоданных, извлечённых из метаданных научных публикаций для применения в науковедческих исследованиях. Оно основано на результатах проведённых тематических исследований по оценке возможностей применения цифровых информационных ресурсов в науковедческих исследованиях [21], извлечения метаданных из цифровых электронных ресурсов и применения методов последующей количественной их обработки [20].

В рамках исследования решались следующие основные задачи:

- выбор доступных любому исследователю средств подготовки геоданных и их визуализации (как не требующих финансовых вложений, так и не

требующих специальных знаний в области информационно-коммуникационных технологий);

- извлечение данных об организациях из метаданных научных публикаций;

- подготовка геоданных из полученной информации об организациях авторов научных публикаций;

- визуализация геоданных с динамической кластеризацией маркеров.

2. Методы и подходы

В качестве основного был выбран подход к решению задачи визуализации различных геоданных, при котором последовательно решаются следующие задачи [25]:

- сбор данных об объектах визуализации;

- пространственная локализация данных;

- создание дизайна карты;

- выбор и реализация технологии визуализации.

В рамках реализации данного подхода были исследованы и отобраны для применения следующие методы:

- извлечение метаданных из цифровых информационных систем, не обладающих средствами экспорта;

- пространственная идентификация объектов визуализации;

- нанесение объектов пространственной визуализации на карту.

Помимо этого, для решения поставленной задачи были исследованы и применены методы и соответствующие им технологии динамической кластеризации пространственных объектов при изменении масштаба карты.

В основу выбора технологий для решения поставленных задач был положен принцип их доступности любому исследователю вне зависимости от степени владения им знаниями и умениями в области информационно-коммуникационных технологий. Это позволяет использовать предлагаемый подход в гуманитарных исследованиях без привлечения соответствующих специалистов. При этом упор был сделан на выборе свободно распространяемых технологических решений.

3. Извлечение информации из метаданных научных публикаций

Для проведения данного тематического исследования была выбрана Научная электронная библиотека (НЭБ, <http://elibrary.ru>), являющаяся самой крупнейшей русскоязычной информационной системой научной информации, на которой представлено подавляющее большинство российских научных журналов по всем отраслям научного знания, а также статьи из сборников и материалов конференций. Кроме того, в этой информационной системе представлены как полные тексты научных публикаций, так и подробные метаданные, включающие в себя аннотации и списки ключевых слов. К тому

же полные тексты научных публикаций в своём большинстве находятся в открытом доступе, что позволяет использовать НЭБ в науковедческих исследованиях.

Поисковый механизм НЭБ обладает мощными возможностями. Применение многочисленных фильтров позволяет решать достаточно сложные задачи отбора научных публикаций по заданным критериям. Помимо этого, по результатам поиска можно получать различную наукометрическую статистику, например, распределение публикаций по тематике, распределение публикаций по ключевым словам, распределение публикаций по организациям, распределение публикаций по авторам и т.п. Однако, статистика может быть представлена только в отдельном модальном окне Интернет-браузера, а средства визуализации ограничиваются столбчатой диаграммой (рис. 1).



Рис. 1. Статистический отчёт по подборке публикаций, представленный средствами НЭБ

К недостаткам НЭБ можно отнести отсутствие инструментов экспорта как метаданных публикаций, так и результатов статистических отчётов. Это накладывает ограничение на использование отобранных публикаций и статистических результатов для дальнейшей автоматизированной обработки в целях научных исследований. В связи с этим на первом этапе исследования была поставлена задача извлечения данных из статистических отчётов.

Для отбора публикаций был использован поисковый запрос «Гаузе & (принцип конкурентного исключения)». По этому запросу было получено 190 публикаций. Для получения данных по организациям авторов публикаций был использован статистический отчёт «Распределение по организациям» (рис. 1).

Для последующей обработки полученные данные были выделены стандартными средствами интерфейса операционной системы и при помощи технологии «copy-past» были размещены на лист электронных таблиц MS Excel.

4. Исследование механизмов пространственной локализации геоданных и их визуальной кластеризации

Следующий этап включал в себя исследование возможностей пространственной локализации геоданных аффилированных с авторами организаций для дальнейшей их визуализации. При этом использовался принцип доступности и простоты использования соответствующих методов и технологических решений.

Сервисы Google для разработчиков предлагают использование Maps JavaScript API (<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/tutorial>). Maps JavaScript API позволяет настраивать карты с собственным контентом и изображениями для отображения на веб-страницах и мобильных устройствах. В том числе Maps JavaScript API позволяет использовать маркерные кластеры для отображения большого количества маркеров на карте. Также можно использовать библиотеку MarkerClusterer в сочетании с Maps JavaScript API для объединения маркеров непосредственной близости в кластеры и упрощения отображения маркеров на карте.

Такой подход требует знаний и навыков разработки сайтов, использования JavaScript. Также неудобством этого метода является необходимость представления геолокаций в массиве переменной (например, рис. 2), так как для больших наборов данных геолокаций это связано с большой кропотливой ручной работой.

```
var locations = [
  {lat: -31.563910, lng: 147.154312},
  {lat: -33.718234, lng: 150.363181},
  {lat: -33.727111, lng: 150.371124},
```

Рис. 2. Структура переменной location с данными о геолокациях объектов (пример)

Другим мощным средством для обработки больших данных и построения кластеров на картах является сервис Splunk Cloud (https://www.splunk.com/en_us/software/splunk-cloud.html). Это достаточно сложное средство, так как требует наличия навыков программирования и знания соответствующих команд интерфейса [6]. Этот сервис является коммерческим. К тому же из российского сегмента сети Интернет он недоступен (наложено эмбарго).

Среди популярных решений, которые предназначены для обработки больших объёмов геоданных, являются PostGIS (<http://geoserver.org>) и GeoServer (<http://postgis.net>). Это свободно распространяемое программное обеспечение. Однако, для работы с этими решениями необходимы установка данного ПО на мощный компьютер и специализированные знания в области информационно-коммуникационных технологий [27].

Дальнейшее исследование выявило ещё несколько популярных некоммерческих программных решений с открытым кодом [10, 11, 13, 18]. На основе анализа этих решений был выбран сервис Mapbox tools [1, 14].

5. Пространственная локализация геоданных и создание набора данных (dataset)

Mapbox tool обрабатывает геоданные в формате GeoJSON [5]. Для создания набора данных выявленных организаций были использованы сервисы Google Maps (https://www.google.com/intl/ru_RU/maps/about/mymaps/) и Yandex Map Constructor (<https://yandex.ru/map-constructor>). Из таблицы на созданной карте в аккаунте Google Maps были позиционированы организации. Это происходило путём ввода в поисковой строке названия организации. При необходимости название уточнялось на сайте самой организации либо через другие открытые источники. На этом этапе была получена карта со статически нанесёнными маркерами соответствующих организаций. Затем был произведён экспорт карты в файл формата KML [12, 15, 19, 22]. В этом формате были сохранены пространственные координаты каждой организации (долгота и широта). В аккаунте Yandex Map Constructor был произведён импорт геоданных из полученного файла. При этом пришлось поменять местами долготу и широту, так как в этих двух сервисах разный порядок их представления. Для формирования набора данных был произведён импорт геоданных в файл формата GeoJSON.

6. Создание карты в Mapbox

Работать в сервисах Mapbox возможно только авторизованным пользователям. После авторизации создание карты происходит в пространстве Studio Mapbox. Сначала в инструменте Mapbox был выбран стиль Streets для отображения карты. Он является достаточно лаконичным и отображает страны и города.

Затем в инструменте Datasets был произведён импорт данных из файла формата GeoJSON. Для отображения маркеров на карте применялся инструмент Tilesets. Tileset представляет собой набор растровых или векторных данных, разбитых на однородной сетке квадратных листов с 22 заданными уровнями масштабирования. В созданный tileset были загружены данные из dataset. Для динамической кластеризации был выбран векторный тип отображения с уровнями масштабирования: z0 - z10 (данные будут видны и при

масштабировании меньше 10, но в упрощённом виде). Затем в редакторе стилей был создан новый слой с этим набором листов в качестве источника. На созданной карте оказались совмещены слой со стилем и слой с нанесёнными маркерами.

7. Создание динамической кластеризации

Для создания динамической кластеризации при изменении масштаба карты был использован встроенный в Mapbox метод GL JS' [8]. В код html в соответствующие места были размещены:

- маркер доступа API для настройки веб-служб Mapbox, таких как маршрутизация и геокодирование. Он был сгенерирован в аккаунте Mapbox;
- ссылка на созданный стиль отображения карты;
- ссылка на файл формата GeoJSON с набором данных.

Помимо этого, была произведена настройка кластеризации в соответствии с числом маркеров и размером карты, которая отображает всё географическое пространство России.

Для отображения полученной карты с динамической кластеризацией был использован пакет MAMP, который является бесплатной локальной серверной средой. Она проста в установке и предоставляет инструменты, необходимые для тестирования или разработки веб-приложений [4, 7, 23]. После его установки в корневой каталог были размещены файл с html-кодом и файл формата GeoJSON с набором данных. После запуска MAMP в браузере был открыт html-файл по адресу вида <http://localhost:8888/index.html>. При изменении масштаба карты маркеры объединялись в кластеры (рис. 4).

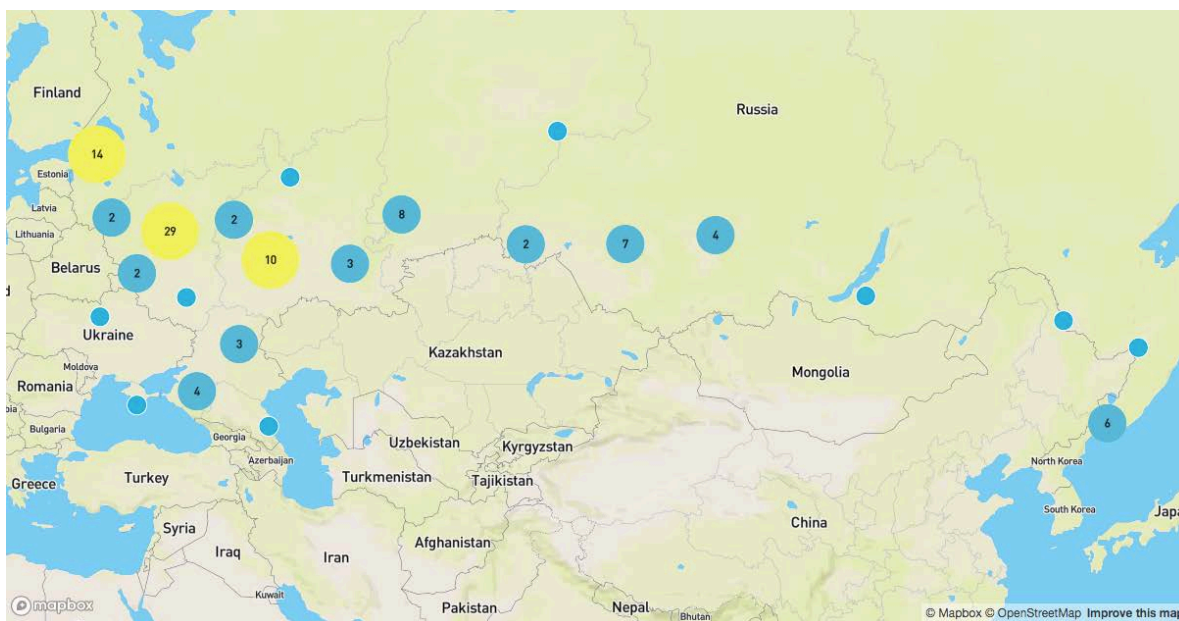


Рис. 4. Кластеризация маркеров организаций авторов научных публикаций

Такой же подход был использован и для кластеризации количества публикаций, приходящихся на каждую организацию (распределение публикаций по организациям). Для этого на основе созданного файла с геолокациями в формате GeoJSON был создан аналогичный файл, в котором геолокации организаций были продублированы по количеству публикаций в выборке из РИНЦ. После выполнения всех описанных ранее шагов была получена аналогичная карта (рис. 5).

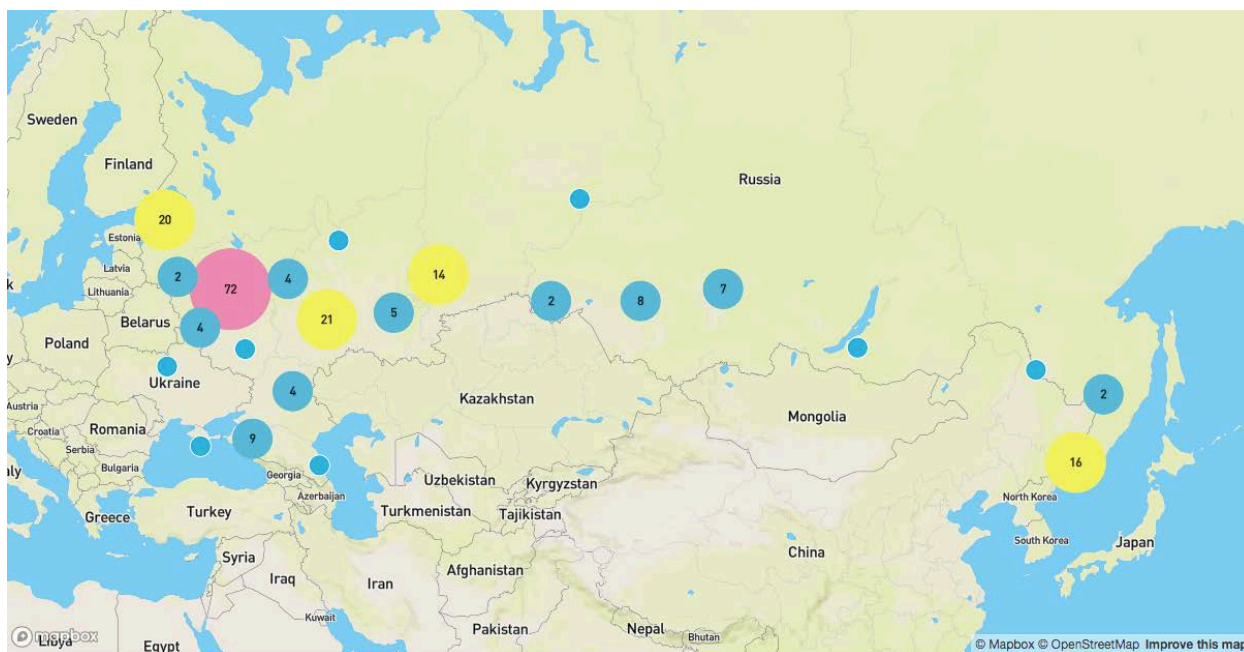


Рис. 5. Кластеризация маркеров публикаций, соответствующих организациям авторов научных публикаций

На основе полученной визуализации можно сделать следующие выводы:

- основные кластеры российских организаций, в которых проводятся исследования на основе научного наследия Г.Ф. Гаузе расположены в Москве, Санкт-Петербурге и на Урале. В меньшей степени, но достаточно равномерно распределены кластеры организаций на юге России, в южной Сибири и на Дальнем Востоке;

- выявленным кластерами организаций соответствует и публикационная активность: Москва, Санкт-Петербург и Урал (в равной степени), Дальний Восток и южная Сибирь.

8. Выводы

Проведённое исследование на данных, полученных из Научной электронной библиотеки (<http://elibrary.ru>) позволяет сделать следующие основные выводы:

- Elibrary обладает различными инструментами, позволяющими получить аналитическую информацию о представленных в ней публикациях;

- анализ полученных аналитических данных показал, что подавляющее число русскоязычных научных публикаций распределено по тематическим направлениям «биология», «экология» и смежных с ними, что полностью согласуется с основной тематикой научных исследований Г.Ф. Гаузе;

- применена техника извлечения метаданных из цифровых информационных систем, которые не обладают инструментами экспорта;

- на основе принципа доступности были применены методы и технологии, которые доступны для использования любому исследователю вне зависимости от степени владения им знаниями и умениями в области информационно-коммуникационных технологий. Это позволяет рекомендовать предлагаемый подход к использованию в гуманитарных исследованиях без привлечения соответствующих специалистов;

- изучены и применены методы и технологии создания набора данных на основе выявления пространственной локализации геоданных организаций;

- на основе использования доступных технологий созданы карты с динамической кластеризацией маркеров при изменении масштаба карты.

Дальнейшее развитие данного исследования предполагает изучение методов сравнительного анализа данных, извлечённых из различных цифровых информационных ресурсов. Последующий анализ полученных данных позволит сравнить вклад учёных в развитие мировой и отечественной науки.

Литература

1. Agafonkin V. Clustering millions of points on a map with Supercluster // Mapbox. 2016. — URL: <https://www.mapbox.com/blog/supercluster/>.
2. Amirkhanyan A., Meinel C. Visualization and analysis of public social geodata to provide situational awareness // Eighth International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI). — Chiang Mai, 2016. — P. 68-73. — doi: 10.1109/ICACI.2016.7449805.
3. Araujo M., Mejova Y., Aupetit M., Weber I. Visualizing Geo-Demographic Urban Data // Companion of the 2018 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing (CSCW '18). — ACM, New York, NY, USA, 2018. — P. 45-48. doi: [10.1145/3272973.3273001](https://doi.org/10.1145/3272973.3273001).
4. Barnett J. Other Ways to Install Drupal // Drupal 8 for Absolute Beginners. — Apress, Berkeley, CA, 2015. — P. 321-330. — doi: 10.1007/978-1-4302-6467-5_19.
5. Butler H., Daly M., Doyle A., Gillies S., Hagen S., Schaub T. The geojson format (No. RFC 7946), 2016.
6. Cluster maps. Dashboards and Visualizations. Splunk Cloud Manuals. Version 7.2.3. — Splunk, San Francisco, CA: Splunk, Inc., 2019. — URL: <https://docs.splunk.com/Documentation/SplunkCloud/7.2.3/Viz/MarkerMap>.
7. Crawford T., Hussain T. A Comparison of Server Side Scripting Technologies. // Proceedings of the 15th International Conference on Software Engineering

- Research and Practice. — Las Vegas, NV, 2017. — P. 69-76. — URL: <https://csce.ucmss.com/cr/books/2017/LFS/CSREA2017/SER3291.pdf>.
8. Create and style clusters. Mapbox GL JS. — URL: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/example/cluster/>
 9. Gao S., Li L., Li W., Janowicz K., Zhang Y. Constructing gazetteers from volunteered Big Geo-Data based on Hadoop // *Computers, Environment and Urban Systems*. — 2017, — vol. 61, — part B. — P. 172-186. — doi: [10.1016/j.compenvurbsys.2014.02.004](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.02.004).
 10. Hubert R.B., Maguitman A.G., Chesñevar C.I., Malamud M.A. CitymisVis: a Tool for the Visual Analysis and Exploration of Citizen Requests and Complaints // *Proceedings of the 10th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (ICEGOV '17)*, Baguma, R., De', R., Janowski, T. (Eds.). — ACM, New York, NY, USA, 2017. — P. 22-25. — doi: [10.1145/3047273.3047320](https://doi.org/10.1145/3047273.3047320).
 11. Kim D., Seo D., Yoo B., Ko H. Points of Interest Density Based Zooming Interface for Map Exploration on Smart Glass // *Human Interface and the Management of Information: Information, Knowledge and Interaction Design*. Yamamoto S. (eds). HIMI 2017. *Lecture Notes in Computer Science*, — 2017, — vol. 10273, — P. 208-216. — doi: [10.1007/978-3-319-58521-5_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58521-5_16).
 12. Kormann M., Katsonopoulou D., Katsarou S., Lock G. Creating interactive 3D visualizations of archaeological data: a case study of the Early Bronze Age Helike Corridor House // *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, — 2017, — vol. 3, — no. 2. — P. 478-489. — doi: [10.1080/20548923.2017.1372934](https://doi.org/10.1080/20548923.2017.1372934).
 13. Li X., Anselin L., Koschinsky J. GeoDa web: enhancing web-based mapping with spatial analytics // *Proceedings of the 23rd SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (SIGSPATIAL '15)*, Article 94. — ACM, New York, NY, USA, 2015. — doi: [10.1145/2820783.2820792](https://doi.org/10.1145/2820783.2820792).
 14. Mapbox Developers Tools. — URL: <https://www.mapbox.com/developers/>
 15. Mohammadi H., Delavar M. R., Sharifi M. A., Pirooz M. D. Spatiotemporal Visualization of Tsunami Waves Using KML on Google Earth // *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, — 2017, — XLII-2/W7. — P. 1291-1299. — doi: [10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-1291-2017](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-1291-2017).
 16. Moosavi V. Contextual mapping: Visualization of high-dimensional spatial patterns in a single geo-map // *Computers, Environment and Urban Systems*, 2017, no. 61. — P. 1-12. — doi: [10.1016/j.compenvurbsys.2016.08.005](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.08.005).
 17. Murray S. *Interactive Data Visualization for the Web: An Introduction to Designing with*. 2nd edn. — O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, 2017.
 18. Nikora M.T.H., Hunt T.D., Ryan G. CacophonyViz: Visualisation of birdsong derived ecological health indicators // *Journal of Applied Computing and Information Technology*, — 2018, — vol. 22, — iss. 1. — URL: http://citrenz.ac.nz/JACIT/JACIT2201/2018Nikora_CacophonyViz.html

19. Pons X., Masó J. A comprehensive open package format for preservation and distribution of geospatial data and metadata // *Computers & Geosciences*. — 2016, — vol. 97. — P. 89-97. — doi: 10.1016/j.cageo.2016.09.001.
20. Prokudin D., Levit G., Hossfeld U. Selection Methods for Quantitative Processing of Digital Data for Scientific Heritage Studies // Alexandrov D., Boukhanovsky A., Chugunov A., Kabanov Y., Koltsova O. (eds). *Digital Transformation and Global Society. DTGS 2018. Communications in Computer and Information Science*, 2018, vol. 859. P. 134-145. — doi: 10.1007/978-3-030-02846-6_11.
21. Prokudin D., Levit G., Hossfeld U. Selection Methods of Digital Information Resources for Scientific Heritage Studies: A Case Study of Georgy F. Gause // *Internet and Modern Society: Proceedings of the International Conference IMS-2017 (St. Petersburg; Russian Federation, 21-24 June 2017)*. Radomir V. Bolgov, Nikolai V. Borisov, Leonid V. Smorgunov, Irina I. Tolstikova, Victor P. Zakharov (eds). — *ACM International Conference Proceeding Series*, ACM Press, N.Y., 2017. — P. 69-74. — doi: 10.1145/3143699.3143739.
22. Thakkar R. C., Heffernan I. D. U.S. Patent No. 9,703,807. — Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 2017.
23. West A.W., Prettyman S. Create and Test a Database and Table // *Practical PHP 7, MySQL 8, and MariaDB Website Databases*. — Apress, Berkeley, CA, 2018. — P. 1-31. — doi: 10.1007/978-1-4842-3843-1_1.
24. Вицентий А.В. Адаптивная визуализация геоданных в социальных медиа // *Интернет-журнал Науковедение*. — 2016, — №4(35). — С. 1-15. — URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN416.pdf>.
25. Кармацкий А. Визуализируй это // *Habr*. 2015. — URL: <https://habr.com/ru/post/251755>.
26. Красноперов Р. И., Соловьев А. А., Николов Б. П., Жарких Ю. И., Груднев А. А. Интерактивное веб-приложение для комплексного изучения пространственной информации по наукам о Земле с использованием базы геоданных ГЦ РАН // *Geoinf. Res. Papers*, — 2016, — 4, — BS4015, — doi:10.2205/2016BS039.
27. Скороход М. Кластеризация маркеров в Geoserver. 2017. — URL: <https://maks.live/articles/python/klasterizatsiia-markerov-v-geoserver>.

References

1. Agafonkin V. Clustering millions of points on a map with Supercluster // *Mapbox*. 2016. — URL: <https://www.mapbox.com/blog/supercluster/>.
2. Amirkhanyan A., Meinel C. Visualization and analysis of public social geodata to provide situational awareness // *Eighth International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)*. — Chiang Mai, 2016. — P. 68-73. — doi: 10.1109/ICACI.2016.7449805.
3. Araujo M., Mejova Y., Aupetit M., Weber I. Visualizing Geo-Demographic Urban Data // *Companion of the 2018 ACM Conference on Computer Supported*

- Cooperative Work and Social Computing (CSCW '18). — ACM, New York, NY, USA, 2018. — P. 45-48. doi: 10.1145/3272973.3273001.
4. Barnett J. Other Ways to Install Drupal // *Drupal 8 for Absolute Beginners*. — Apress, Berkeley, CA, 2015. — P. 321-330. — doi: 10.1007/978-1-4302-6467-5_19.
 5. Butler H., Daly M., Doyle A., Gillies S., Hagen S., Schaub T. The geojson format (No. RFC 7946), 2016.
 6. Cluster maps. Dashboards and Visualizations. *Splunk Cloud Manuals*. Version 7.2.3. — Splunk, San Francisco, CA: Splunk, Inc., 2019. — URL: <https://docs.splunk.com/Documentation/SplunkCloud/7.2.3/Viz/MarkerMap>.
 7. Crawford T., Hussain T. A Comparison of Server Side Scripting Technologies. // *Proceedings of the 15th International Conference on Software Engineering Research and Practice*. — Las Vegas, NV, 2017. — P. 69-76. — URL: <https://csce.ucmss.com/cr/books/2017/LFS/CSREA2017/SER3291.pdf>.
 8. Create and style clusters. *Mapbox GL JS*. — URL: <https://docs.mapbox.com/mapbox-gl-js/example/cluster/>
 9. Gao S., Li L., Li W., Janowicz K., Zhang Y. Constructing gazetteers from volunteered Big Geo-Data based on Hadoop // *Computers, Environment and Urban Systems*. — 2017, — vol. 61, — part B. — P. 172-186. — doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2014.02.004.
 10. Hubert R.B., Maguitman A.G., Chesñevar C.I., Malamud M.A. CitymisVis: a Tool for the Visual Analysis and Exploration of Citizen Requests and Complaints // *Proceedings of the 10th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance (ICEGOV '17)*, Baguma, R., De, R., Janowski, T. (Eds.). — ACM, New York, NY, USA, 2017. — P. 22-25. — doi: 10.1145/3047273.3047320.
 11. Kim D., Seo D., Yoo B., Ko H. Points of Interest Density Based Zooming Interface for Map Exploration on Smart Glass // *Human Interface and the Management of Information: Information, Knowledge and Interaction Design*. Yamamoto S. (eds). HIMI 2017. *Lecture Notes in Computer Science*, — 2017, — vol. 10273, — P. 208-216. — doi: 10.1007/978-3-319-58521-5_16.
 12. Kormann M., Katsonopoulou D., Katsarou S., Lock G. Creating interactive 3D visualizations of archaeological data: a case study of the Early Bronze Age Helike Corridor House // *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, — 2017, — vol. 3, — no. 2. — P. 478-489. — doi: 10.1080/20548923.2017.1372934.
 13. Li X., Anselin L., Koschinsky J. GeoDa web: enhancing web-based mapping with spatial analytics // *Proceedings of the 23rd SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (SIGSPATIAL '15)*, Article 94. — ACM, New York, NY, USA, 2015. — doi: 10.1145/2820783.2820792.
 14. Mapbox Developers Tools. — URL: <https://www.mapbox.com/developers/>

15. Mohammadi H., Delavar M. R., Sharifi M. A., Pirooz M. D. Spatiotemporal Visualization of Tsunami Waves Using KML on Google Earth // *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, — 2017, — XLII-2/W7. — P. 1291-1299. — doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W7-1291-2017.
16. Moosavi V. Contextual mapping: Visualization of high-dimensional spatial patterns in a single geo-map // *Computers, Environment and Urban Systems*, 2017, no. 61. — P. 1-12. — doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2016.08.005.
17. Murray S. *Interactive Data Visualization for the Web: An Introduction to Designing with*. 2nd edn. — O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, 2017.
18. Nikora M.T.H., Hunt T.D., Ryan G. CacophonyViz: Visualisation of birdsong derived ecological health indicators // *Journal of Applied Computing and Information Technology*, — 2018, — vol. 22, — iss. 1. — URL: http://citrenz.ac.nz/JACIT/JACIT2201/2018Nikora_CacophonyViz.html
19. Pons X., Masó J. A comprehensive open package format for preservation and distribution of geospatial data and metadata // *Computers & Geosciences*. — 2016, — vol. 97. — P. 89-97. — doi: 10.1016/j.cageo.2016.09.001.
20. Prokudin D., Levit G., Hossfeld U. Selection Methods for Quantitative Processing of Digital Data for Scientific Heritage Studies // Alexandrov D., Boukhanovsky A., Chugunov A., Kabanov Y., Koltsova O. (eds). *Digital Transformation and Global Society. DTGS 2018. Communications in Computer and Information Science*, 2018, vol. 859. P. 134-145. — doi: 10.1007/978-3-030-02846-6_11.
21. Prokudin D., Levit G., Hossfeld U. Selection Methods of Digital Information Resources for Scientific Heritage Studies: A Case Study of Georgy F. Gause // *Internet and Modern Society: Proceedings of the International Conference IMS-2017 (St. Petersburg; Russian Federation, 21-24 June 2017)*. Radomir V. Bolgov, Nikolai V. Borisov, Leonid V. Smorgunov, Irina I. Tolstikova, Victor P. Zakharov (eds). — ACM International Conference Proceeding Series, ACM Press, N.Y., 2017. — P. 69-74. — doi: 10.1145/3143699.3143739.
22. Thakkar R. C., Heffernan I. D. U.S. Patent No. 9,703,807. — Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 2017.
23. West A.W., Prettyman S. *Create and Test a Database and Table // Practical PHP 7, MySQL 8, and MariaDB Website Databases*. — Apress, Berkeley, CA, 2018. — P. 1-31. — doi: 10.1007/978-1-4842-3843-1_1.
24. Vicentiy A.V. Adaptive visualization of geodata in social media // *Naukovedenie*. — 2016, — vol. 4, — no. 35. — P. 1-15. — URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN416.pdf>.
25. Karmatsky A. Visualize it. *Habr*. 2015. — URL: <https://habr.com/ru/post/251755>.
26. Krasnoperov R. I., Soloviev A. A., Nikolov B. P., Zharkikh J. I., Grudnev A. A. Interactive web-application for complex studying of spatial information on Earth sciences from the geodatabase of GC RAS // *Geoinf. Res. Papers*. — 2016, — vol. 4, — BS4015. — doi: 10.2205/2016BS039.
27. Skorohod, M.: Clustering markers in Geoserver. 2017. — URL: <https://maks.live/articles/python/klasterizatsiia-markerov-v-geoserver>.