

База данных антропогенных источников на территории Дальнего Востока

Мандронов Антон Андреевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Представлены результаты разработки структуры и реализации специализированной пространственной базы данных для оценки антропогенной пожарной опасности на территории Дальнего Востока. Технологической основой работы выступила реляционная СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS для обработки географических объектов. В качестве исходных данных использована информация о населенных пунктах из проекта OpenStreetMap и национальных источников, прошедшая процедуры нормализации и верификации. В рамках исследования спроектирована и наполнена таблица Place, содержащая ключевые атрибуты для 12 847 точечных объектов. Реализована система концентрического зонирования, отраженная в таблице BufferPlace, которая создает для каждого населенного пункта четыре буферные зоны (0-3, 3-6, 6-9, 9-12 км). Спроектирована аналитическая таблица BufferPlaceData для агрегации показателей пожарной опасности на различных временных масштабах: ежедневном (pfday), пятидневном (pf5day), сезонном (pfseason) и годовом (pfyear), а также для пространственной дифференциации рисков (pfnear, pftotal). Разработанная база данных представляет собой инструмент для пространственно-временного анализа, обеспечивающий переход к превентивному управлению пожарными рисками, оперативное планирование и минимизацию последствий лесных пожаров в регионе.

Ключевые слова: пространственная база данных, пожарная опасность, антропогенные источники, Дальний Восток, PostGIS, концентрические буферные зоны, геоинформационные системы, мониторинг, населенные пункты.

Database of Anthropogenic Sources in the Far East Territory

Mandronov Anton Andreevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The results of developing the structure and implementing a specialized spatial database for assessing anthropogenic fire hazard in the Far East territory are presented. The technological basis of the work was the relational DBMS

PostgreSQL with the PostGIS extension for processing geographic objects. The initial data comprised information on settlements from the OpenStreetMap project and national sources, which underwent normalization and verification procedures. Within the framework of the study, the *Place* table was designed and populated, containing key attributes for 12,847 point features. A concentric zoning system was implemented, reflected in the *BufferPlace* table, which creates four buffer zones (0–3, 3–6, 6–9, 9–12 km) for each settlement. An analytical table, *BufferPlaceData*, was designed to aggregate fire hazard indicators across various temporal scales: daily (*pfday*), five-day (*pf5day*), seasonal (*pfseason*), and annual (*pfyear*), as well as for spatial risk differentiation (*pfnear*, *pftotal*). The developed database represents a tool for spatiotemporal analysis, facilitating a transition to proactive fire risk management, operational planning, and the minimization of wildfire impacts in the region.

Keywords: spatial database, fire hazard, anthropogenic sources, Far East, PostGIS, concentric buffer zones, geographic information systems, monitoring, settlements.

1 Введение

1.1 Актуальность

Актуальность данного исследования обусловлена критически высокой пожарной опасностью на территории Дальнего Востока, где антропогенный фактор является доминирующей причиной возгораний. Существующие системы мониторинга зачастую не обеспечивают детального пространственно-временного анализа рисков, непосредственно связанных с населёнными пунктами как источниками угрозы. Создание специализированной геоинформационной базы данных, интегрирующей статическую информацию о поселениях с динамическими показателями пожарной опасности в концентрических буферных зонах, является необходимым инструментом для перехода к превентивному управлению рисками, оперативного планирования сил МЧС и минимизации катастрофических последствий лесных пожаров.

1.2 Обзор исследований

В работе М. Г. Пукита рассматривается архитектура автономной геоинформационной системы для анализа пространственных данных в прикладных отраслях. Разрабатываемый подход к созданию специализированных рабочих инструментов демонстрирует общую методологию, применимую и для построения систем экологического мониторинга, таких как база данных антропогенных источников пожаров [1]. В исследовании В. Н. Коробкова и А. И. Овчарова анализируются фундаментальные принципы хранения и визуализации географических данных. Рассмотренные классические способы обеспечивают теоретическую основу для проектирования современных пространственных баз данных и выбора оптимальных структур для их реализации [2]. В труде Б. К. П. Мабеле приводится детальный анализ процесса построения геоинформационной базы данных для территорий с особым природоохранным статусом.

Описанная методология формирования структуры, атрибутивного наполнения и пространственной привязки служит практическим руководством для создания аналогичных отраслевых систем учета и мониторинга [3]. В работе А. П. Щербатюка рассматривается комплексное влияние природных и антропогенных факторов на состояние геосистем. Анализ взаимосвязей между различными компонентами ландшафта, включая последствия хозяйственной деятельности, является важной основой для моделирования рисков, таких как пожарная опасность [4]. В публикации А.А.Галеева и соавторов описываются технические решения по организации хранения массивов данных дистанционного зондирования, получаемых в ходе мониторинга лесных пожаров. Предлагаемые структуры и принципы актуальны для интеграции спутниковой информации в специализированные базы данных для оперативного анализа [5].

1.3 Цель исследования

Целью исследования является разработка структуры и описание реализации специализированной пространственной базы данных `firedanger` для Дальнего Востока, предназначенной для учета населенных пунктов как ключевых антропогенных источников пожарной опасности.

2 Материалы и методы

В основе работы лежит реляционная система управления базами данных PostgreSQL с расширением PostGIS, которое добавляет поддержку географических объектов и функций для выполнения пространственных запросов. Исходные векторные данные о населенных пунктах Дальневосточного федерального округа были импортированы из открытого проекта OpenStreetMap (OSM) и национальных источников, с последующей нормализацией, верификацией полноты и добавлением служебных атрибутов. Дизайн базы данных предполагает разделение статической пространственной информации (геометрия населенных пунктов и их буферов) и динамических расчетных показателей (ежедневная статистика пожаров внутри буферов).

3 Результаты и обсуждения

3.1 Структура и наполнение таблицы `Place` базы данных `firedanger`

База данных `firedanger` построена по принципу пространственной реляционной БД. Ее ключевой полностью заполненной и верифицированной таблицей является таблица `Place`.

Таблица `Place` (Населенные пункты и точечные объекты) (рис. 1)

Содержит точечные объекты, представляющие все населенные пункты Дальневосточного федерального округа.

- `regionId` (INTEGER): Идентификатор региона.
- `MAPINFO_ID` (INTEGER/UUID): Внутренний уникальный идентификатор.
- `osmId` (BIGINT): Идентификатор OSM.

- code (INTEGER), fclass (VARCHAR): Классификация (напр., 1001 - 'city').
- population (INTEGER): Численность населения.
- name (VARCHAR): Название места.
- lat, lon (DOUBLE PRECISION): Географические координаты в системе WGS 84.

id [PK] integer	osmid bigint	code integer	fclass text	rfclass text	population integer	name text	regionid integer	lat double precision	lon double precision	MAPINFO_ID integer
6104	191738860	1001	city	[null]	68536	Биробиджан	9999	0	0	[null]
6105	277060596	1002	town	[null]	12775	Вяземский	9999	0	0	[null]
6106	330823587	1002	town	[null]	7892	Переяславка	9999	0	0	[null]
6107	330823637	1002	town	[null]	9952	Хор	9999	0	0	[null]
6108	330825125	1003	village	[null]	1222	Дормидонтовка	9999	0	0	[null]
6109	441138708	1003	village	[null]	585	Нагорное	9999	0	0	[null]
6110	452086571	1003	village	[null]	1760	Биракан	9999	0	0	[null]
6111	452086572	1003	village	[null]	1355	Кульдур	9999	0	0	[null]
6112	452087251	1003	village	[null]	1107	Будукан	9999	0	0	[null]
6113	452087724	1002	town	[null]	2847	Бира	9999	0	0	[null]
6114	452094093	1003	village	[null]	1357	Известковый	9999	0	0	[null]
6115	452094094	1004	hamlet	[null]	62	Кимкан	9999	0	0	[null]
6116	452094096	1003	village	[null]	524	Ядрино	9999	0	0	[null]
6117	452097910	1003	village	[null]	3540	Теплоозёрск	9999	0	0	[null]
6118	452097911	1003	village	[null]	1031	Лондоко-завод	9999	0	0	[null]
6119	452097912	1004	hamlet	[null]	197	Лондоко	9999	0	0	[null]
6120	452099610	1003	village	[null]	1635	Биджан	9999	0	0	[null]
6121	452099679	1003	village	[null]	343	Преображеновка	9999	0	0	[null]
6122	452107907	1004	hamlet	[null]	158	Доброе	9999	0	0	[null]

Рис 1. Таблица Place

3.2 Реализация системы концентрических буферных зон

Таблица BufferPlace является ключевым компонентом пространственной аналитической системы, реализующим методику концентрического зонирования территорий вокруг населенных пунктов. Ее основное назначение — структурированное хранение геометрии буферных зон с четкой привязкой к дистанционным интервалам и исходным населенным пунктам.

Структура таблицы BufferPlace (рис. 2):

- id (INTEGER): Первичный ключ записи, уникальный идентификатор конкретной концентрической зоны.
- placeId (INTEGER): Внешний ключ, устанавливающий связь с записью о населенном пункте в таблице Place. Обеспечивает целостность данных и возможность навигации от зоны к ее центральному объекту.
- firstDistance (DOUBLE PRECISION): Начальное расстояние от населенного пункта, определяющее внутреннюю границу кольцевой зоны (в километрах).
- endDistance (DOUBLE PRECISION): Конечное расстояние от населенного пункта, определяющее внешнюю границу кольцевой зоны (в километрах).
- poly (TEXT): Текстовое представление геометрии полигона в формате Well-Known Text (WKT). Обеспечивает удобочитаемость данных и

совместимость с системами, не поддерживающими прямой доступ к геометрическому типу PostGIS.

- **polys (GEOMETRY):** Геометрический объект типа POLYGON, непосредственно представляющий концентрическое кольцо (буферную зону) в пространстве. Используется для выполнения пространственных запросов (ST_Intersects, ST_Distance и др.).

- **MAPINFO_ID (INTEGER):** Унаследованный идентификатор, обеспечивающий обратную совместимость с существующими системами и данными.

id [PK] integer	placeid integer	firstDistance double precision	endDistance double precision	poly text	polys geometry	MAPINFO_ID integer
2	[null]	0	3000	POLYGON((134.05221845852358 46.716328,134.05170063223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1125
3	[null]	0	3000	POLYGON((134.3698754585236 46.740063,134.369357632234...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1135
4	[null]	0	3000	POLYGON((134.26896945852357 46.795956,134.26845163223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1207
5	[null]	0	3000	POLYGON((134.28508145852356 46.818838,134.28456363223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	16
6	[null]	0	3000	POLYGON((134.47663445852356 46.860517,134.47611663223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1487
7	[null]	0	3000	POLYGON((134.2994714585236 46.905006,134.298953632234...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1732
8	[null]	0	3000	POLYGON((134.35310645852354 46.98172,134.352588632234...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1490
9	[null]	0	3000	POLYGON((134.4007444585236 47.132782,134.400226632234...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1733
10	[null]	0	3000	POLYGON((134.36739745852358 47.148738,134.36687963223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1213
11	[null]	0	3000	POLYGON((134.33786245852357 47.160278,134.33734463223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1734
12	[null]	0	3000	POLYGON((134.34987145852358 47.206364,134.34935363223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1493
13	[null]	0	3000	POLYGON((134.38259745852358 47.239984,134.38207963223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1496
14	[null]	0	3000	POLYGON((134.38920845852357 47.25753,134.388690632234...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1495
15	[null]	0	3000	POLYGON((134.40440645852354 47.27878199999999,134.403...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1497
16	[null]	0	3000	POLYGON((134.52704645852359 47.36116899999999,134.526...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1498
17	[null]	0	3000	POLYGON((134.5435204585236 47.35821899999999,134.5430...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1746
18	[null]	0	3000	POLYGON((134.52451345852361 47.43289599999999,134.523...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1494
19	[null]	0	3000	POLYGON((134.54448145852356 47.42104299999999,134.543...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1743
20	[null]	0	3000	POLYGON((134.59932145852358 47.416321,134.59880363223...	0106000020E6100000010000000103000000010000002100...	1044

Рис 2. Таблица BufferPlace

Визуализация буферных зон в QGIS (рис. 3)

Реализованная структура таблицы BufferPlace позволяет выполнять ее прямую визуализацию в среде QGIS (рис. 3). Для этого используется драйвер подключения к PostgreSQL/PostGIS, который интерпретирует поле polys как пространственный слой. Каждая концентрическая зона может быть стилизована индивидуально на основе значений полей firstDistance и endDistance, что обеспечивает наглядное представление пространственной структуры зон антропогенного влияния вокруг населенных пунктов.

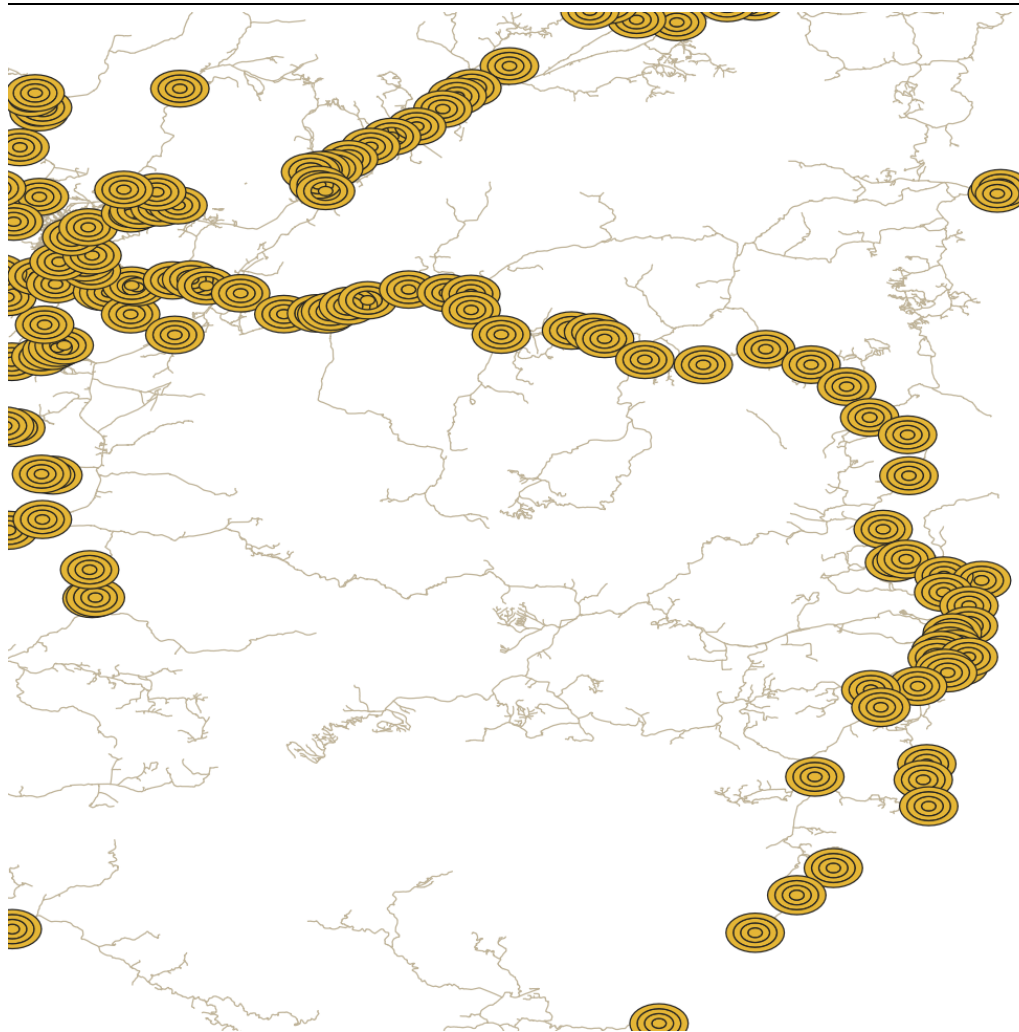


Рис 3. Визуализация буферных зон в QGIS

3.3 Структура и назначение таблицы BufferPlaceData

Таблица BufferPlaceData является центральным аналитическим компонентом системы, предназначенным для хранения расчетных показателей пожарной опасности с различной временной агрегацией. Разработанная структура поддерживает комплексный анализ рисков на разных временных масштабах.

Структура таблицы BufferPlaceData:

- id (INTEGER): Первичный ключ записи
- bufferPlaceId (INTEGER): Внешний ключ, связывающий запись с конкретной концентрической зоной в таблице BufferPlace
- idday (INTEGER): Идентификатор дня в году (1-365/366)
- source (TEXT): Источник данных или методики расчета
- pfday (INTEGER): Показатель пожарной опасности для текущего дня
- pf5day (INTEGER): Показатель пожарной опасности, агрегированный за 5 дней
- pfseason (INTEGER): Показатель пожарной опасности за текущий пожароопасный сезон
- pfyear (INTEGER): Показатель пожарной опасности за календарный год

- `pfnear` (DOUBLE PRECISION): Вероятность возникновения пожара в ближней зоне (0-3 км)
- `pftotal` (DOUBLE PRECISION): Интегральный показатель общей пожарной опасности для всей буферной зоны
- `yearcalculate` (INTEGER): Год, за который произведен расчет

3.4 Методологическая ценность разработанной структуры:

1. Многоуровневая временная агрегация:
 - `pfday` — оперативный показатель для ежедневного мониторинга
 - `pf5day` — среднесрочный показатель для планирования на ближайшую перспективу
 - `pfseason` — стратегический показатель для оценки эффективности сезонных мероприятий
 - `pfyear` — долгосрочный показатель для анализа межгодовой динамики
2. Пространственная дифференциация рисков:
 - `pfnear` — специализированный показатель для зоны максимального риска (0-3 км)
 - `pftotal` — интегральная оценка для всей буферной зоны (0-12 км)
3. Метаданные и отслеживаемость:
 - `source` — идентификация источника данных или алгоритма расчета
 - `yearcalculate` — четкая привязка к временному периоду
 - `idday` — стандартизированная идентификация дня года

Функциональное назначение таблицы BufferPlaceData:

1. Оперативный мониторинг: Показатель `pfday` позволяет службам МЧС и лесного хозяйства ежедневно оценивать текущую ситуацию вокруг каждого населенного пункта.
2. Среднесрочное планирование: Показатель `pf5day` используется для планирования профилактических мероприятий, расстановки сил и средств на ближайшую неделю.
3. Сезонный анализ: Показатель `pfseason` позволяет оценивать эффективность противопожарных мероприятий за весь пожароопасный сезон и проводить сравнительный анализ между сезонами.
4. Долгосрочное прогнозирование: Показатель `pfyear` и накопление данных за несколько лет создают основу для выявления климатических трендов и долгосрочного планирования.
5. Приоритизация мероприятий: Сочетание показателей `pfnear` и `pftotal` позволяет определять населенные пункты, требующие первоочередного внимания как по абсолютному уровню опасности, так и по концентрации рисков в непосредственной близости.

Интеграция BufferPlace и BufferPlaceData:

Связка таблиц `BufferPlace` (пространственная структура) и `BufferPlaceData` (временные показатели) создает мощную аналитическую систему:

- Каждой концентрической зоне в BufferPlace соответствует набор временных рядов показателей в BufferPlaceData
- Пространственные запросы к геометрии буферных зон дополняются анализом временной динамики показателей опасности
- Возможность корреляционного анализа между пространственным положением (удаленностью от населенного пункта) и временными характеристиками пожарной опасности

4 Выводы

1. Разработана и реализована архитектура специализированной пространственной базы данных firedanger для комплексной оценки антропогенной пожарной опасности на территории Дальнего Востока. Технологической основой выступил стек PostgreSQL/PostGIS, обеспечивающий надежное хранение и эффективную обработку пространственных данных.

2. Сформирована и наполнена нормализованная таблица Place, являющаяся смысловым ядром системы. Она содержит верифицированные данные о 12 847 населенных пунктах региона с ключевыми атрибутами для анализа (классификация, численность населения, географические координаты).

3. Построена и структурирована таблица BufferPlace, реализующая методику концентрического зонирования. Для каждого населенного пункта создано четыре стандартизированные буферные зоны (0-3, 3-6, 6-9, 9-12 км), что обеспечивает основу для детального пространственного анализа градиента пожарных рисков.

4. Спроектирована целевая таблица BufferPlaceData — ключевой аналитический компонент системы. Ее структура предназначена для хранения и агрегации показателей пожарной опасности на различных временных масштабах:

- Оперативный уровень (pfday): для ежедневного мониторинга.
- Тактический уровень (pf5day): для среднесрочного планирования.
- Стратегический уровень (pfseason, pfyear): для сезонной и годовой оценки.
- Введена дифференциация показателей для ближней зоны (pfnear) и всей буферной территории (pftotal), что позволяет проводить приоритизацию мероприятий.

5. Общая архитектура системы демонстрирует четкое разделение функций: Place хранит исходные объекты, BufferPlace — их статическое пространственное окружение, а BufferPlaceData — динамические расчетные метрики. Такое разделение оптимизирует производительность при обновлении данных и выполнении аналитических запросов, пример которых представлен в исследовании.

Библиографический список

1. Пукита М. Г. Автономная геоинформационная система для анализа пространственных данных в агропромышленности и малом бизнесе // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. №. 10 (160). URL: <https://research-journal.org/archive/10-160-2025-october/10.60797/IRJ.2025.160.77> (дата обращения: 22.03.2026).
2. Коробков В. Н., Овчаров А. И. Способы хранения и отображения географических данных //Геоинформационное картографирование в регионах России. 2012. С. 80-84. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25769974> (дата обращения: 22.03.2026).
3. Мабеле Б. К. П. Основы геоинформационной базы данных особо охраняемых природных территорий Республики Конго //Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2020. Т. 64. №. 5. С. 596-607. URL: https://www.researchgate.net/profile/Mabele-Creole-Passover/publication/344928818_Fundamentals_of_the_geographic_information_database_of_the_specially_protected_natural_areas_of_the_Republic_of_Congo/links/5f994efa458515b7cfa41a9d/Fundamentals-of-the-geographic-information-database-of-the-specially-protected-natural-areas-of-the-Republic-of-Congo.pdf (дата обращения: 22.03.2026).
4. Щербатюк А. П. Природные и антропогенные факторы геосистем России с котловинной территориальной организацией //Успехи современной науки. 2017. Т. 9. №. 3. С. 173-178. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29119313> (дата обращения: 22.03.2026).
5. Галеев А. А. и др. Организация хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Т. 2. №. 2. С. 367. URL: http://www.iki.rssi.ru/earth/articles/sec9_06.pdf (дата обращения: 22.03.2026).