ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЫ ГОМЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Е. А. Кисляков, А. С. Соколов

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, ул. Советская, 104, 246028, г. Гомель, Беларусь, j.kisliakou@gmail.com

Статья посвящена пространственному анализу велосипедной инфраструктуры Гомеля с помощью открытого программного обеспечения. Результат анализа показал, что велоинфраструктура города состоит из 18,16 км велодорожек, 16 веломагазинов, 4 станций самообслуживания, 665 велопарковок. Более развита велоинфраструктура в Центральном районе.

Ключевые слова: Гомель; велоинфраструктура; пространственный анализ; OpenStreetMap; PostgreSQL; PostGIS.

SPATIAL ANALYSIS CYCLING INFRASTRUCTURE IN GOMEL USING OPEN-SOURCE SOFTWARE

Y. A. Kisliakou, A. S. Sakalou

Francisk Skorina Gomel State University, Savieckaja St., 104, 246028, Gomel, Belarus, j.kisliakou@gmail.com

The research article is devoted to the geospatial analysis of Gomel cycling infrastructure using open-source software. The result of the analysis showed that the infrastructure of Gomel consists of 18.16 km of bikeways, 16 bicycle stores, 4 self-service bicycle repair stations, 665 bicycle stands. The infrastructure is more developed in the Central District.

Keywords: Gomel; cycling infrastructure; geospatial analysis; OpenStreetMap; PostgreSQL; PostGIS.

В настоящее время ГИС-технологии являются одним из инструментов исследования в естественных науках и, в частности, в науках о Земле. Кроме этого, применяются для решения разнообразных прикладных задач [1]. Одна из задач ГИС-технологий – пространственный анализ.

В данной работе проводится анализ велосипедной инфраструктуры Гомеля с использованием открытого и свободного программного обеспечения (Every Door, JOSM, система управления базами данных PostgreSQL, PostGIS, osmium, osm2pgsql, географическая информационная система QGIS).

Основная часть работы, пространственный анализ, проводилась в PostgreSQL с дополнением PostGIS, добавляющим возможность хранения, индексирования и работы с пространственными объектами [2].

Исследование велосипедной инфраструктуры проводилось в несколько этапов:

1. Начальным этапом является сбор и оцифровка данных. Точечные объекты (магазины, станции самообслуживания, велосипедные парковки) собирались на местности с помощью программы Every Door. Линейные объекты (велосипедные дорожки) оцифровывались с помощью программы JOSM.

Для хранения данных была выбрана база географических данных OpenStreetMap. OpenStreetMap (OSM) – бесплатная открытая база пространственных данных, которая поддерживается и обновляется сообществом пользователей на добровольной основе [3].

Преимущества хранения данных в OSM:

– данными могут пользоваться все пользователи;

– поддержка инфраструктуры базы данных и сопутствующих сервисов самим проектом;

– распределённое хранение, т. е. данные можно скачать не только с основного сервера, но и со множества «зеркал»;

– крупное сообщество пользователей, поддерживающее данные в актуальном состоянии;

– еженедельное резервное копирование [4].

Такой подход имеет и ряд минусов:

– любой зарегистрированный пользователь может изменить данные, и не всегда атрибутивная информация будет изменена корректно;

– возможен вандализм, в результате которого могут быть удалены исследуемые объекты. В тоже время, в структуру OSM входит рабочая группа Data working group, которая успешно борется с вандализмом [5].

2. Второй этап – формирование локальной базы пространственных данных, в которую выгружаются данные из OSM для последующей обработки и анализа.

СУБД PostgreSQL использовалась в качестве локального хранилища, экспорт данных в которое осуществлялся с помощью инструментов osmium и osm2pgsql. Структурная схема локальной БД в виде ER-диаграммы представлена на рисунке 1.

3. Третий этап – пространственный анализ данных, осуществляемый с помощью SQL-запросов и функций PostGIS.

4. Конечный этап, четвёртый, включает в себя визуализацию данных – построение карт, и заключительный анализ полученных данных. Визуализация осуществлялась в программе QGIS.

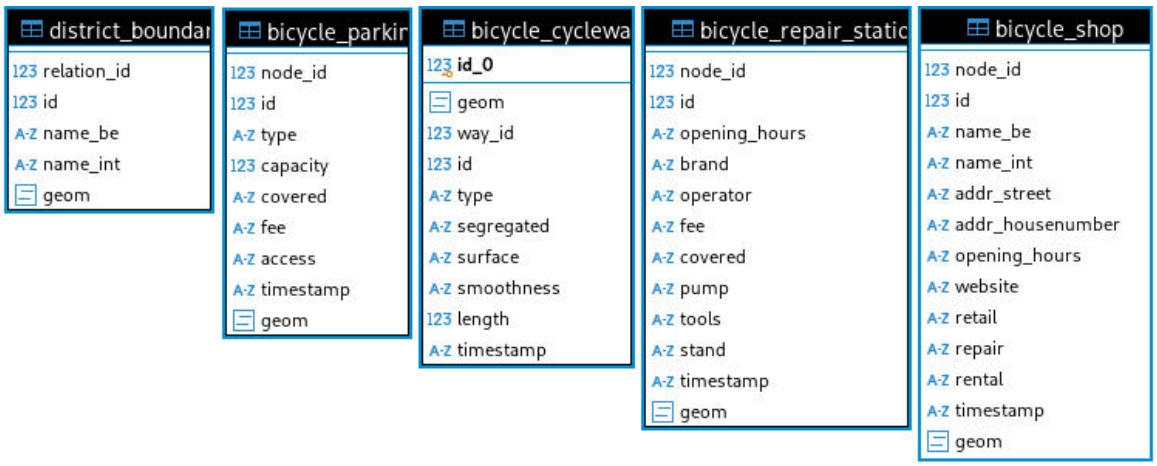

Рис. 1. Структурная схема локальной базы данных

Проведённый анализ показал, что велосипедная инфраструктура города (по состоянию на ноябрь 2024 г.) состоит из 18,16 км велодорожек, 16 веломагазинов, 4 станций самостоятельного обслуживания, 665 велопарковок (рис. 2).

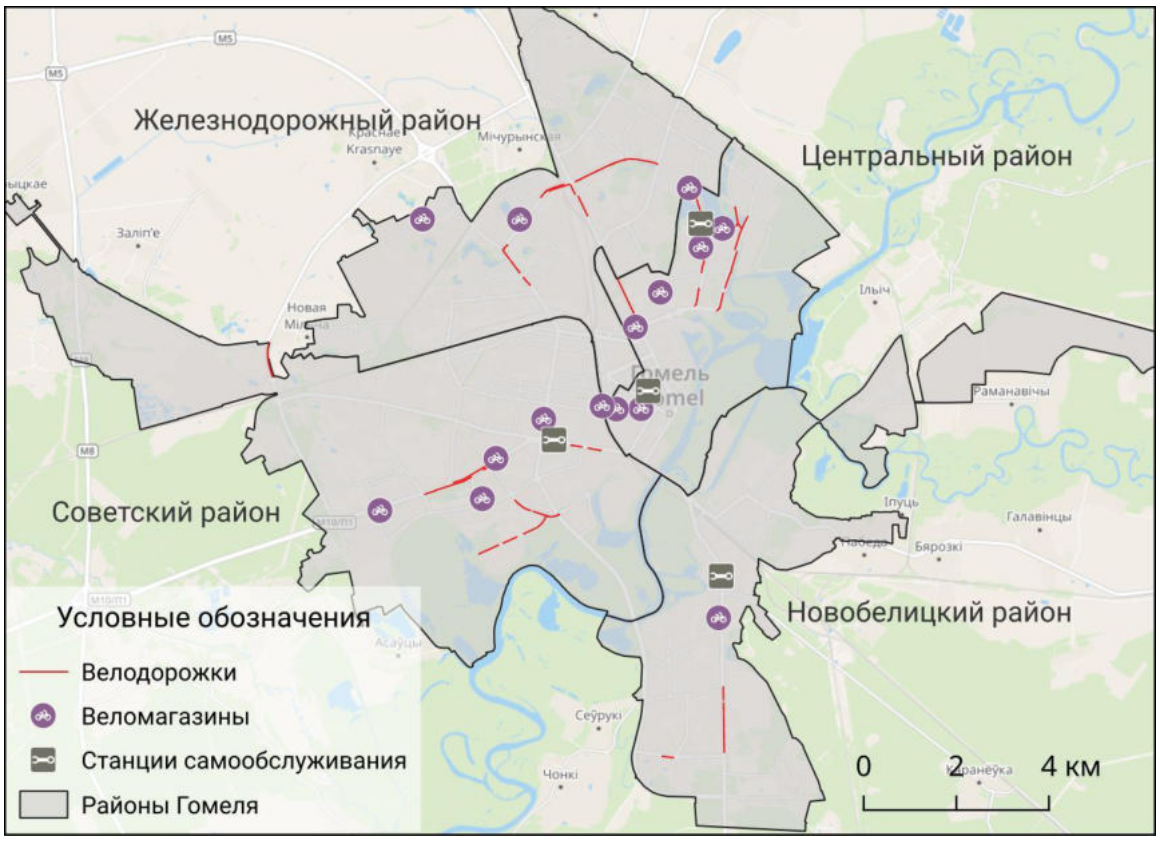

Рис. 2. Структурная схема локальной базы данных

При анализе инфраструктуры в разрезе административных районов используется функция PostGIS ST_Intersects, позволяющая определить

элементы инфраструктуры, ограниченные областью каждого района [6]. Полученные данные по районам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Общая статистика по велоинфраструктуре в разрезе районов

Район	Протяжённость велодорожек, м	Густота сети, км/км^2	Количество магазинов	Количество станций самообслуживания
Центральный	5650,48	0,28	7	2
Советский	5537,06	0,11	5	1
Железнодорожный	5432,26	0,15	3	0
Новобелицкий	1544,16	0,04	1	1

Центральный район лидирует как по протяжённости велодорожек (5,65 км), так и по густоте сети велодорожек (0,28 км/км^2). Также район лидирует по количеству веломагазинов и станций самообслуживания.

Следует отметить Новобелицкий район, который отстаёт по всем показателям от остальных административных единиц Гомеля.

Ещё один показатель инфраструктуры – состояние покрытия велодорожек – представлен в таблице 2.

Таблица 2

Состояние покрытия велодорожек в разрезе районов (%)

Состояние покрытия	Район			
	Центральный	Советский	Железнодорожный	Новобелицкий
Отличное	38,46	82,35	77,78	25
Хорошее	57,69	5,88	7,41	75
Среднее	-	2,94	14,81	-
Плохое	3,85	8,82	-	-

По данному показателю лидируют Советский и Железнодорожный районы, где доли велодорожек с отличным состоянием покрытия составляют 82,35 % и 77,78 %. Если говорить о состояние покрытия по Гомелю в целом, то на долю велодорожек с отличным состоянием покрытия приходится 65,93 %, на долю со средним и плохим состоянием приходится чуть менее 10 %. Следовательно, сеть велодорожек Гомеля находится в отличном состоянии (рис. 3).

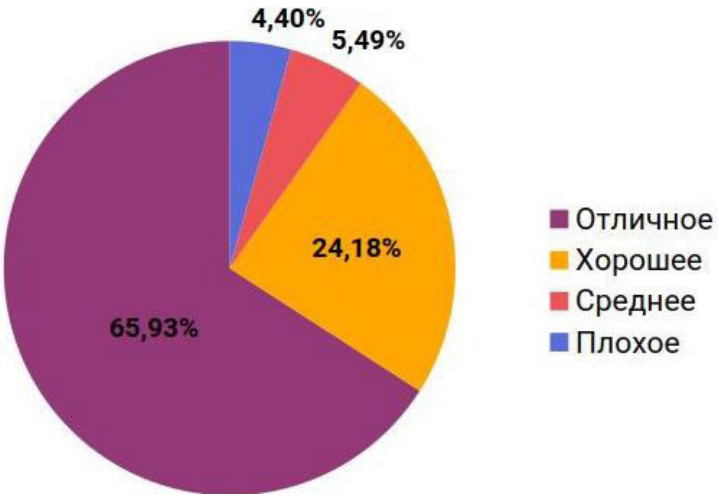

Рис. 3. Структура состояния покрытия велосипедных дорожек Гомеля

На основе имеющихся данных можно составить рейтинг районов по обеспеченности велосипедной инфраструктурой. При этом велосипедные парковки в рейтинге не учитываются из-за неполноты данных.

Методика составления рейтинга следующая. Каждому показателю начисляется от 0 до 4 баллов (0 баллов за наименьший показатель и т. д.), баллы суммируются и на основе этой суммы районы Гомеля ранжируются: район с наибольшим количеством баллов имеет более высокий рейтинг, чем район с меньшим количеством баллов. Результаты подсчёта рейтинга представлены в таблице 3.

Таблица 3

Рейтинг районов по обеспеченности велосипедной инфраструктурой (в баллах)

Название района	Протяжённость велодорожек	Густота сети	Состояние покрытия	Количество магазинов	Станции самостоятельного обслуживания	Сумма баллов	Рейтинг района
Центральный	4	4	3	4	2	17	1
Советский	4	2	4	3	1	14	2
Железнодорожный	4	3	4	2	0	13	2
Новобелицкий	1	1	2	1	1	6	3

Наиболее развита велосипедная инфраструктура в Центральном районе (сумма баллов – 17). Район лидирует по большей части показателей

(длина велодорожек, густота сети, наличие веломагазинов, количество станций самообслуживания), лишь уступая по состоянию покрытия.

За Центральным районом следуют Советский и Железнодорожный (сумма баллов – 14 и 13). Уступают Центральному району по большинству показателей, кроме состояния покрытия велодорожек. Если же сравнивать районы между собой, то почти по всем показателям они схожи, за исключение отсутствия станций самообслуживания в Железнодорожном районе.

Отдельно стоит отметить Новобелицкий район, который оказался в рейтинге на последней позиции (сумма баллов – 6). По всем показателям, кроме станций самостоятельного обслуживания велосипедов, Новобелица уступает остальным административным районам Гомеля. Следовательно, велоинфраструктура в данном районе наименее развита.

Библиографические ссылки

1. *Шихов А. Н., Черепанова Е. С., Пьянков С. В.* Геоинформационные системы: методы пространственного анализа. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2017. 88 с.
2. PostGIS PSC & OSGeo [Electronic resource]. URL: https://postgis.net (date of access: 03.11.2024).
3. *Мягков С. С., Карандаева Л. М.* Цифровая модель местности территории города Ташкента // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2023. № 3. С. 72–82.
4. Planet OSM [Electronic resource]. URL: https://planet.openstreetmap.org (date of access: 04.11.2024).
5. Data Working Group [Electronic resource] // OpenStreetMap Foundation. URL: https://osmfoundation.org/wiki/Data_Working_Group (date of access: 04.11.2024).
6. ST_Intersects [Electronic resource] // PostGIS PSC & OSGeo. URL: https://postgis.net/docs/ST_Intersects.html (date of access: 03.11.2024).