

Алгоритм поиска паттернов взаиморасположения зданий с использованием геоинформационных технологий

А.В. Игнатьев, М.А. Куликов, Д.Н. Цапиев

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В статье предложен алгоритм поиска паттернов взаиморасположения зданий, используемых при анализе рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере города. Проанализировано влияние конфигурации застройки на рассеяние загрязняющих веществ в городской среде. Определены паттерны взаиморасположения зданий. Проведен анализ методов и алгоритмов распознавания зданий. Рассмотрены результаты определения паттернов взаиморасположения зданий с использованием предложенного алгоритма.

Ключевые слова: паттерны взаиморасположения зданий, геоинформационные технологии, ГИС, геоинформационные системы, атмосферный воздух.

Введение

Качество атмосферного воздуха — это одна из самых важных проблем, с которой сталкивается человечество в наше время. Воздух, которым мы дышим, влияет на наше здоровье и благополучие [1, 2]. В связи с этим, вопрос о его качестве становится все более актуальным на сегодняшний день.

Одной из задач, обозначенных в Указе Президента РФ от 02.07.2021 N 400 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации", является развитие системы государственного экологического контроля и надзора, государственного мониторинга окружающей среды, а также повышение эффективности прогнозирования опасных явлений и процессов в жизнедеятельности человека.

В материалах ВОЗ по мониторингу атмосферного воздуха говорится о том, что для оценки загрязнения атмосферного воздуха и степени его влияния на здоровье населения необходимо реализовывать более гибкий подход, который основывается на управлении факторами, определяющими степень воздействия загрязненного воздуха на жителей города. Для реализации такого подхода необходимо более детальное знание о

пространственно-временном распределении концентраций вредных примесей. Это, в свою очередь, обуславливает важность локальной оценки качества атмосферного воздуха. Для локальной оценки динамики изменения качества атмосферного воздуха может использоваться сеть малобюджетных сенсоров [3, 4].

Доказано, что конфигурация застройки существенно влияет на рассеяние загрязняющих веществ в городской среде. В работе [7] рассматривается влияние плотности застройки на рассеивание примесей в атмосфере города, в работе [8] - влияние застройки на ветровой режим и запыленность городских территорий, а в работах [2, 5, 6] рассматривается влияние застройки на распространение загрязненного воздуха вследствие выбросов автотранспорта.

При расстановке сенсоров, входящих в состав сети для мониторинга оценки динамики изменения качества атмосферного воздуха, следует учитывать паттерны взаимного расположения зданий, являющиеся по своей сути фрагментами основных типов жилой застройки, и влияющие на рассеивание загрязняющих веществ, а следовательно, и их концентрацию, внутри жилой застройки. Данный подход позволяет измерить количество загрязняющих веществ более точно за счет более эффективной расстановки сенсоров во время замеров.

В работе [9] впервые определены характерные сочетания типов застроек, влияющих на распределение концентраций оксида углерода внутри жилой застройки. Эти сочетания были приняты в качестве основных паттернов взаимного расположения зданий, используемых в дальнейших исследованиях. Этими паттернами являются: строчно-перпендикулярный, когда жилые здания располагаются торцом к автомобильным магистралям и улицам (рис. 1, *а*); строчно-угловой – торцы жилых зданий располагаются под углом к автомобильным магистралям и улицам (рис. 1, *б*); фронтальный

– здания расположены фасадом к автомобильным магистралям и улицам (рис. 1, а); периметральный (замкнутый), для которого характерно образование в группе домов полностью замкнутого или частично раскрытого дворового пространства (рис. 1, б, в, г).

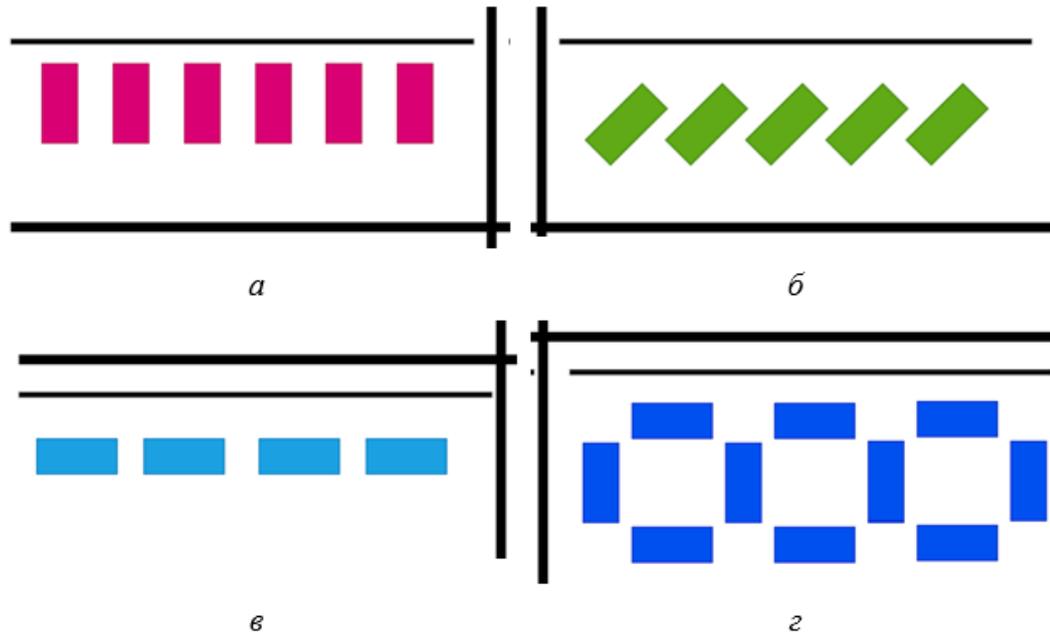


Рис. 1. Основные паттерны совместного расположения зданий

Анализ этих паттернов может помочь определить наилучшие места для установки сенсоров, что обеспечит максимальную эффективность мониторинга динамики изменения качества атмосферного воздуха.

Например, строчно-угловое расположение зданий может свидетельствовать о более открытой площади, где циркуляция воздуха может быть лучше, что могло бы быть стратегически важным при организации мониторинга динамики изменения качества атмосферного воздуха. С другой стороны, периметральное расположение зданий может указывать на область с ограниченной циркуляцией воздуха, что также важно для установки сенсоров с целью более точного мониторинга.

Анализ методов и алгоритмов распознавания зданий

Нами был выполнен анализ работ, посвященных распознаванию зданий на спутниковых фотографиях, а также растровых и векторных картах.

В работе [10] для распознавания используются нейросети с дополнительными алгоритмами. Данный алгоритм позволяет распознавать здания с высокой точностью, без учета их типа и взаимного расположения, что лишь частично решает нашу задачу.

В работе [11] нейросети используются для распознавания морфотипов: коттеджные поселки; историческая квартальная застройка до начала 20-го века; квартальная районная застройка отдельно стоящими жилыми домами; микрорайонная застройка секционными жилыми домами; современная микрорайонной/квартальной застройка; промышленные и общественные территории, природные и смешанные территории. Данный метод позволяет довольно точно распознать морфотип, однако не позволяет определить тип застройки по морфотипу, хоть и может облегчить процедуру распознавания зданий.

В работе [12] для распознавания паттернов застройки используются нейросети, что дает возможность адаптироваться под различные входные данные (в виде изображений). При этом в данной работе выделяют 4-е основные паттерны застройки, практически совпадающие с теми, которые используются в нашем исследовании: строчный; угловой; фронтальный и замкнутый.

Такой подход безусловно позволяет определить паттерны застройки, однако требует довольно мощного оборудования из-за использования нейросетей. Кроме того, следует отметить необходимость создавать скриншот для каждого из анализируемых участков, что существенно неудобно при большом количестве анализируемых участков.

Наиболее целесообразным для решения данной задачи является использование геоинформационных технологий, в частности, ГИС-систем, которые позволяют получить информацию о расположении зданий и сооружений [13, 14].

Алгоритм поиска паттернов взаимного расположения зданий

В основе предлагаемого нами алгоритма поиска паттернов взаимного расположения зданий лежит непосредственный анализ взаимного расположения точек этого здания.

Его основными шагами являются:

1. Анализ расстояний между точками сторон для каждой стороны здания.
2. Поиск большей пары сторон здания и соответственно нахождение меньшей.
3. Оценка расстояния до дороги для каждой точки здания для каждой из 4-х сторон (вниз, вверх, влево, вправо).
4. Выбор приоритетной дороги для анализа здания на основе информации о расстоянии до дорог для каждой точки здания.
5. Поиск стороны здания, которая максимально близка к дороге.
6. Анализ разности расстояний до дороги от точек стороны, которая максимальна близка к дороге (если разность меньше 6 м., то тип застройки строчно-перпендикулярный или фронтальный для здания, если больше, то строчно-угловой).

Строчно-перпендикулярный и фронтальный тип зависят от типа стороны здания, которая максимальна близка к дороге на момент анализа разницы расстояний.

Реализация алгоритма и анализ результатов

Для реализации положенного выше алгоритма поиска паттернов взаимного расположения зданий было разработано расширение (плагин) для геоинформационной системы QGIS, написанное на языке Python. В расширении, на основе данных, предоставляемых сервисом OpenStreetMap, определяется расположение зданий и дорог, что позволяет определить расположение зданий относительно дорог. На следующем этапе выполняется анализ полученной информации, который позволяет предоставить пользователю сведения о характере застройки рассматриваемой территории, представленной в виде паттернов взаимного расположения зданий.

Ниже приведены результаты поиска паттернов взаимного расположения зданий, полученные с использованием предлагаемого алгоритма.

На рисунке 1 изображен пример определения размеров сторон здания. Разработанный плагин успешно определяет размеры больших и меньших сторон.



Рис. 1. – Пример распознавания больших и меньших сторон здания.

На рисунке 2 изображена улица с плотной застройкой вдоль дороги. Предложенный алгоритм способен выделить все здания, расположенные вдоль дороги с учетом их ориентации и формы.

На рисунке 3 показаны здания с фронтальным расположением, найденные с использованием разработанного алгоритма.

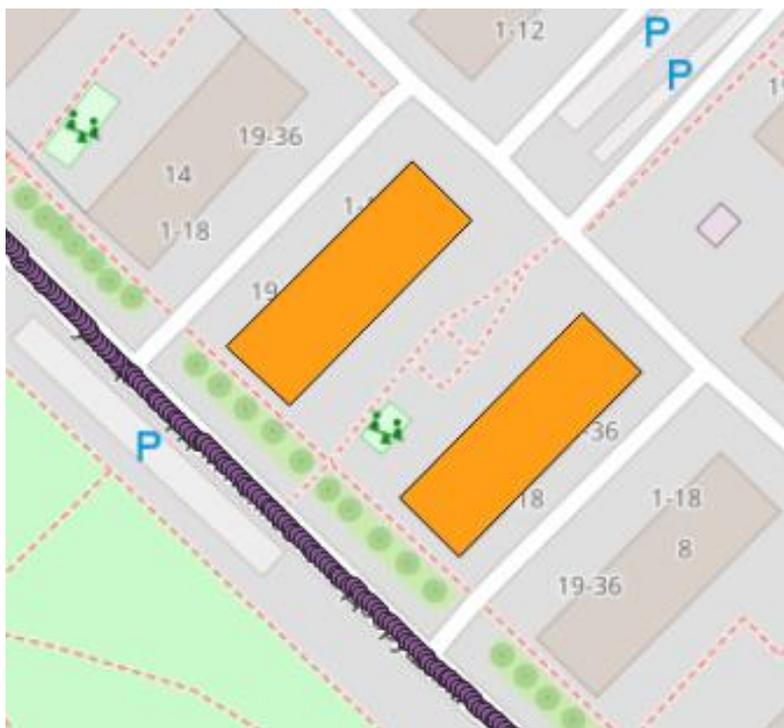


Рис. 2. – Найденный паттерн строчно-перпендикулярной застройки

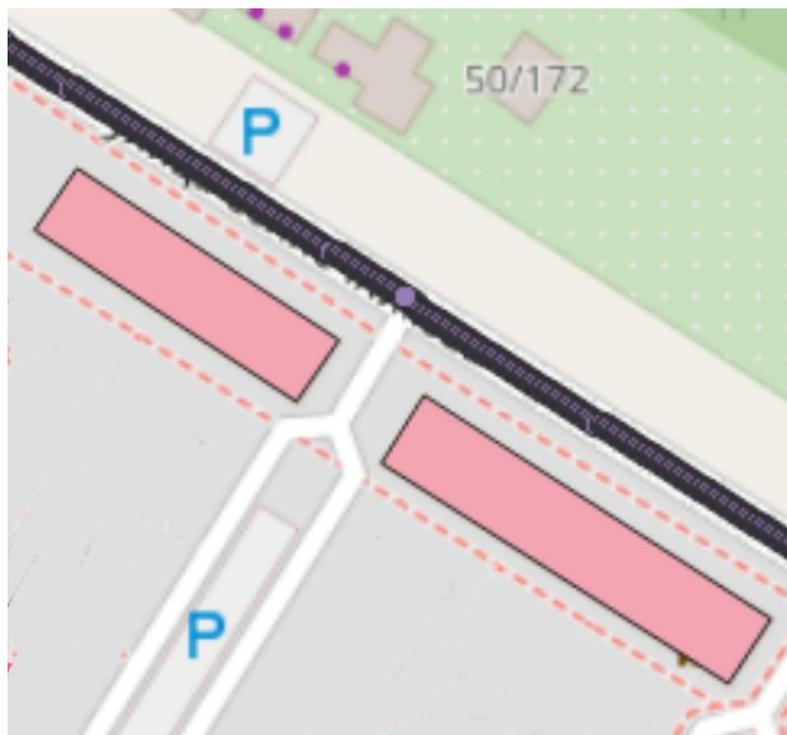


Рис. 3. – Найденный паттерн фронтальной застройки

Также на рисунке 4 показано здание, расположенное под углом к дороге. Алгоритм успешно находит паттерн строчно-угловой застройки, определяя углы здания и расстояния от них до дороги.

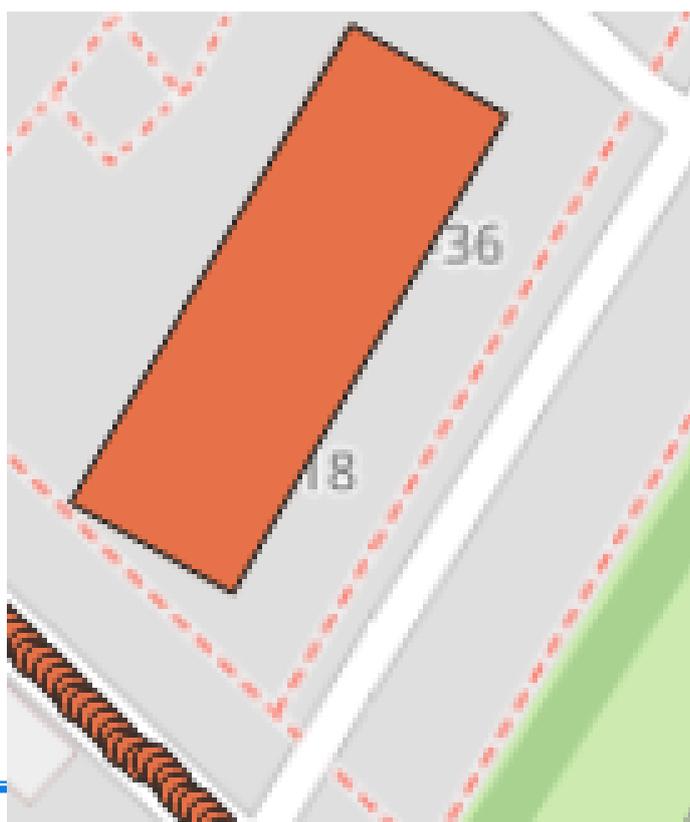


Рис. 4. – Найденный паттерн строчно-угловой застройки

Заключение

Предложенный в статье алгоритм поиска паттернов взаимного расположения зданий на основе анализа взаимного расположения точек зданий позволяет успешно находить все используемые в наших исследованиях предлагаемые паттерны, что подтверждено результатами, полученными с помощью разработанного нами плагина для геоинформационной системы QGIS.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области № 22-11-20024, <https://rscf.ru/project/22-11-20024/>.

Литература

1. Блинов Л. Н., Перфилова И. Л., Юмашева Л. В., Соколова Т. В. Экологические проблемы мегаполисов // Здоровье – основа человеческого потенциала. 2013. №2. С. 837-845.
2. Сидоренко В. Ф., Игнатьев А. В., Аброськин А. А. Формирование системы экологического мониторинга атмосферного воздуха с учетом градостроительного развития населенных мест. Волгоград: ВолгГТУ, 2020. 132 с.
3. Meiling G., Junji C., Edmund S. A distributed network of low-cost continuous reading sensors to measure spatiotemporal variations of PM_{2.5} in Xi'an // Environmental Pollution. 2015. Vol. 199. pp. 56-65.
4. Mead M.I. et al. The use of electrochemical sensors for monitoring urban air quality in low-cost, high-density networks // Atmospheric Environment. Vol. 70. pp. 186–203.

5. В.Н. Азаров, Ю.П. Иванова, Е.В. Соколова, А.А. Сахарова, О.О. Иванова, Л.М. Арзамаскова, О.В. Коновалов. Особенности мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в линейных и компактных городах на примере Волгограда и Ставрополя // Инженерный вестник Дона. 2023. №8 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2023/8644

6. Дубровский А. В. Влияние городской застройки на экологическое состояние атмосферы мегаполиса // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2023. Т. 3. С. 254–260.

7. Мензелинцева Н. В., Карапузова Н. Ю., Богомоллов С. А., Лактюшин В. А. Влияние плотности застройки на рассеивание примесей в атмосфере города // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы VI Всероссийской конф. с международным участием. 2019. С. 270–272.

8. Шукуров И. С., Ахмед Эламин М. А., Зебилина М. Х., Микири К. И. Влияние застройки прибрежной территории Нила на ветровой режим и запыленности Хартума // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 8. С. 86-90.

9. Сидоренко В.Ф. Теоретические и методологические основы экологического строительства // Волгоград: ВолГАСА. 2000. 200 с.

10. Соколова Н. О Распознавание контуров зданий на спутниковых изображениях высокого пространственного разрешения // Вестник Херсонского национального технического университета. 2015. №3. С. 610-614.

11. CityClass project-анализ типов городской застройки при помощи технологии глубокого машинного обучения – нейросети. URL: schemo.ru/slides/schemo09-cityclass.pdf

12. Игнатьев, А. В., Гилка В. В., Матыцына Д. А. Автоматическое распознавание типа застройки для системы экологического мониторинга //

Инженерный вестник Дона. 2020. – № 1(61). URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2020/6266

13. Ignatyev A., Kulikov M., Parygin D. Assessing City Green Spaces by Voluntary Geographic Information // In Proceedings of the 1st International Conference on Methods. MMTGE, SciTePress, Vol. 1. pp. 103-108.

14. Игнатъев, А.В., Юрасов Н.А., Куликов М.А. Использование ГИС-технологий при планировании размещения организаций дошкольного и общего образования // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. №. 3/4 (92). С. 245-251.

References

1. Blinov L. N., Perfilova I. L., Jumasheva L. V., Sokolova T. V. Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potenciala. 2013. №2. pp. 837-845.

2. Sidorenko V. F., Ignat'ev A. V., Abros'kin A. A. Formirovanie sistemy jekologicheskogo monitoringa atmosfernogo vozduha s uchetom gradostroitel'nogo razvitija naseleennyh mest. Volgograd: VolgGTU, 2020. 132 p.

3. Meiling G., Junji C., Edmund S. A. Environmental Pollution. 2015. Vol. 199. pp. 56-65.

4. Mead M.I. et al. Atomspheric Environment. Vol. 70. pp. 186–203.

5. V.N. Azarov, Ju.P. Ivanova, E.V. Sokolova, A.A. Saharova, O.O. Ivanova, L.M. Arzamaskova, O.V. Konovalov. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. №8 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2023/8644

6. Dubrovskij A. V. Interjekspo Geo-Sibir'. 2023. T. 3. pp. 254–260.

7. Menzelineva N. V., Karapuzova N. Ju., Bogomolov S. A., materialy VI Vserossijskoj konf. s mezhdunarodnym uchastiem. 2019. pp. 270–272.

8. Shukurov I. S., Ahmed Jelamin M. A., Zebilila M. H., Mikiri K. I. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. 2016. № 8. pp. 86-90.



9. Sidorenko V.F. Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy jekologicheskogo stroitel'stva [Theoretical and methodological foundations of ecological construction]. Volgograd: VolgGASA. 2000. 200 p.
10. Sokolova N. O. Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehničeskogo universiteta. 2015. №3. pp. 610-614.
11. CityClass project analiz tipov gorodskoj zastrojki pri pomoshhi tehnologii glubokogo mashinnogo obuchenija – nejroseti [CityClass project-analysis of types of urban development using deep machine learning technology - neural network]. URL: schemo.ru/slides/schemo09-cityclass.pdf
12. Ignat'ev, A. V., Gilka V. V., Matycyna D. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2020/6266
13. Ignatyev A., Kulikov M., Parygin D. In Proceedings of the 1st International Conference on Methods. MMTGE, SciTePress, Vol. 1. pp. 103-108.
14. Ignat'ev, A.V., Jurasov N.A., Kulikov M.A. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2023. №. 3/4 (92). pp. 245-251.

Дата поступления: 2.04.2024

Дата публикации: 27.05.2024