

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ КАНЬОНОВ ГОРОДА МИНСКА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ГИС И PYTHON

П. А. Силков

кафедра почвоведения и ГИС факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, г.Минск

А. О. Сычевский

кафедра общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, г.Минск,
petsilkov674@gmail.com

Т. В. Шлендер

кафедра общего землеведения и метеорологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, г.Минск; НИИЦ мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета, г.Минск

И. И. Бручковский

кандидат физико-математических наук НИИЦ мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета, г.Минск, timajaya@mail.ru

Классификация городских каньонов играет важную роль в анализе влияния геометрии городских каньонов на городскую морфологию, качество воздуха, микроклимат и комфортность населения. Существующие методы обнаружения и классификации уличных каньонов часто являются трудоемкими и требуют много времени. В данной работе впервые для г. Минска разработан метод классификации и обнаружения уличных каньонов с учетом различной этажности зданий с помощью библиотек Python по данным Open Street Map. Сделан вывод о детальном отображении каньонов г. Минска, где наибольшая их частота наблюдается в спальных районах – Юго-запад, Малиновка, Каменная Горка и др. Внедрение полученных результатов в численные атмосферные и климатические модели может создать более детальный прогноз микроклимата конкретных районов г. Минска.

Ключевые слова: городской каньон; городская застройка; Python; ГИС; скорость ветра.

С ускорением урбанизации устойчивое развитие городской среды сталкивается со многими проблемами, такими как эффект городского острова тепла, ухудшение качества воздуха и проектирование городских зеленых насаждений [1]. Многие из этих проблем тесно связаны с преобладающей многоэтажной жилой и коммерческой застройкой с высокой плотностью населения в центральных районах, что сделало городские каньоны (также называемые уличными каньонами) растущей проблемой за последнее десятилетие [2], так как в этих зонах наблюдается либо застой воздуха, либо сильная скорость ветра, что отражается на комфортности населения.

Городской каньон, представляет собой упрощенную объемную форму в виде улицы с двумя стенками по обе стороны. Основные критерии такой фигуры – отношение высоты стенок к ширине полога и ориентация азимута улицы [3].

Классификация уличных каньонов по их геометрическим особенностям стала важной основой для исследований микроклимата в районах с высокой плотностью населения. Существующие показатели классификации геометрии городских каньонов часто зависят от ряда факторов, таких как соотношение сторон, фактор обзора неба и ориентация каньона (например, север-юг, восток-запад) [4,5]. Среди них соотношение сторон представляет собой отношение высоты каньона к его ширине, что отражает геометрию города. Например, в работах [6,7] использовали данное соотношение для классификации уличных каньонов на три основные категории - каньоны авеню, обычные каньоны и глубокие каньоны.

Другой показатель классификации уличных каньонов основан на симметрии уличных каньонов, то есть на том, одинакова ли высота зданий по обеим сторонам улицы. Данная классификация была предложена в работе [8], где симметрия уличных каньонов оказывает важное влияние на тепловой комфорт в городских уличных каньонах. А в работе [9] наоборот, утверждали, что асимметричные улицы лучше, чем низкие симметричные улицы, с точки зрения усиления потока ветра и блокировки солнечного излучения, особенно когда высокие здания противостоят направлению ветра или высоте солнца.

Однако большинство существующих классификаций в значительной степени опираются на полевые исследования, что занимает много времени. Или присутствует субъективные ошибки определения уличных каньонов. Кроме того, эти данные часто не находятся в открытом доступе, что ограничивает исследования влияния геометрии уличных каньонов на окружающую среду. Благодаря быстрому развитию вычислительных технологий сейчас есть доступ к большим общедоступным данным. Например, изображения Яндекс панорамы либо Google Street View широко используются в количественных исследованиях застроенной среды и городских ландшафтов. Автоматические системы определения уличных каньонов помогут устранить субъективные ошибки определения соотношения сторон улиц, высоту зданий и значительно ускорят процесс получения конечного результата. Помимо вышперечисленного проблема продуваемости города актуальна и для обычного населения, а именно качества атмосферного воздуха и комфорта микроклимата.

Целью этого исследования является разработка метода классификации и обнаружения уличных каньонов в городской застройке г. Минска на основе Python и ГИС.

Методы и данные. Вначале были скачаны данные городской застройке Минска из OpenStreetMap с помощью Python-библиотеки `osmnx` (с предварительной подготовкой окружения этой библиотеки). Дальнейший процесс фильтрации

и создания скриптов производился с помощью Python-библиотеки `geopandas`, где можно фильтровать и обрабатывать импортированные данные. Сильные и слабые стороны полученных данных из `OpenStreetMap`:

Преимущества:

- открытый бесплатный доступ и относительная простота в импорте;
- векторный формат позволяет легко работать с ГИС-инструментами;

Недостатки:

- многие объекты не обладают необходимой атрибутивной информацией (высота, этажность, название улицы, номер здания);
- редакция в `OpenStreetMap` может осуществляться любым пользователем, информация может быть в некоторой степени недостоверна.

Результаты. Таким образом, работа производилась в несколько этапов:

- 1) Импорт данных по городской застройке г. Минска из базы `OpenStreetMap`;
- 2) Фильтрация зданий по критериям
 - 2.1) имеющие высоту или этажность (не ниже 3 этажей);
 - 2.2) имеющие адрес и номер здания;
 - 2.3) разделение зданий, имеющие четный и нечетный номер (чтобы задать рабочий атрибут при фильтрации);
 - 2.4) удаление зданий не имеющих каких-либо атрибутов.
- 3) Замена системы координат с `WGS-84` на `WGS-84 zone 35N`.

В итоге получился слой застройки, где отсутствует частный сектор, промышленные территории, гаражные кооперативы, пригородные поселки, входящие в черту города, например, такие как Сокол и др. (рисунок 1). К сожалению, так же отфильтровались и многоэтажные здания, не имеющие нужной нам информации, но которые могли образовать уличные каньоны (несовершенство данных `OpenStreetMap` на территории Беларуси).



Рис. 1. Схема городской застройки г. Минска после этапов фильтрации

Подготовленная карта застройки далее использовалась для нахождения зон застройки, где есть уличные каньоны, с помощью атрибута четные/нечетные номера задний. Для этого создавались фильтры, где указывался алгоритм нахождения зданий (рисунок 2):

- 1) здания расположены друг к другу на расстоянии не более 50 метров на одной стороне улицы и не менее 3 штук;
- 2) здания расположены напротив друг друга с двух сторон улицы и расстояние между ними не более 175 метров;
- 3) если оба условия выполняется, то зона каньона
- 4) классификация застройки г. Минска по этажности (3-5 этажей, 6-9 этажей, более 9 этажей)



Рис. 2. Схема уличных каньонов г. Минска с учетом классификации этажности зданий

Итоговая карта уличных каньонов г. Минска, полученная в Python, показала, что наибольшая частота каньонов более 9 этажей (красный цвет) соответствует спальным районам города – Юго-запад, Малиновка, Каменная Горка, район улицы Богдановича, Серебрянка, Аэродромная. Каньоны 3-5 этажей (желтый цвет) также чаще встречаются в центре города, района Партизанского проспекта и жилые районы пл. Победы, пл. Якуба Коласа, Академии наук. Фильтр на 6-9

этажей (оранжевый цвет) наблюдается в меньшей степени, скорее всего из-за каких-то ошибок в коде или данных OpenStreetMap. В тоже время, если визуально посмотреть те улицы, где точно есть высотные здания с обеих сторон, то алгоритм не выделил их. Скорее всего также из-за несоответствия атрибутов или прописанного фильтра.

В целом, алгоритм не плохо работает, но требует совершенствования. Преимуществом данного метода является его детальность, скорость получения результата, внедрение в численные атмосферные и климатические модели, так как эта карта каньонов может создать более детальный прогноз микроклимата конкретных районов г. Минска. Полученные результаты являются пилотными и экспериментальными для г. Минска. В дальнейшем будут устранены ошибки алгоритма, вычислены азимуты направлений уличных каньонов для учета направления ветра и применены новые классификации каньонов с учетом соотношения сторон каньона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Oke T.R. The energetic basis of the urban heat island. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 108, 1982, P. 1–24.
2. Alexandri E., Jones P. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Build. Environ.* 43, 2008, P. 480–493.
3. Nunez M., Oke T.R. The energy balance of an urban canyon. *J. Appl. Meteor.* 1977, V. 16. P. 11-19.
4. Ali-Toudert F., Mayer H. Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Build. Environ.* 41, 2006, P. 94–108.
5. Zeng L., Lu J., Li W., Li Y. A fast approach for large-scale sky view factor estimation using street view images. *Build. Environ.* 135, 2018, P.74–84.
6. Jackson M., Hood C., Johnson C., Johnson K. Calculation of urban morphology parameterisations for London for use with the ADMS-urban dispersion model. *Int. J. Adv. Remote Sens. GIS* 5, 2016, P. 1678–1687.
7. Oke T.R. Street design and urban canopy layer climate, *Energy Build.* 11, 1988, P. 103–113.
8. Ali-Toudert F., Mayer H. Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Sol. Energy* 81, 2007, P. 742–754.
9. Qaid A., Ossen D.R. Effect of asymmetrical street aspect ratios on microclimates in hot, humid regions. *Int. J. Biometeorol.* 59, 2015, P. 657–677.