

Мониторинг качества воздуха для построения экологически чистых маршрутов

М.А. Смирнов, А.Д. Чикин, А.В. Ясенецкий, Д.С. Парыгин, К.Р. Назаров

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: Множество источников загрязнения окружающей среды влияет на здоровье человека. Концентрация вредных веществ постоянно изменяется в течение дня при смене погодных условий на различных участках территории. При перемещении по городу жители могут многократно попадать в зоны повышенного загрязнения и выходить из них, не замечая этого органами чувств. Авторами проводится анализ существующих источников загрязнения и их распространения в воздухе, а также их взаимодействие с погодными условиями. На основе этого предлагается метод организации мониторинга за вредными веществами в атмосфере с применением программно-аппаратного комплекса. Разработанный метод применен при создании специализированного веб-приложения. Реализованное решение позволяет отслеживать состояние окружающей среды при помощи датчиков и строить маршруты обхода зон с высокой концентрацией вредных веществ.

Ключевые слова: окружающая среда, качество воздуха, загрязнение воздуха, экология, мониторинг, веб-приложение, экомаршрут, пространственные данные, построение маршрутов, картографическая визуализация.

Введение

Загрязнение окружающей среды множеством антропогенных и природных источников ведет к физическому или биологическому изменению атмосферы, что негативно влияет на состояние населения [1]. Наиболее важными факторами формирования устойчивого загрязнения воздуха являются метеорологические факторы, такие, как температурная инверсия или отсутствие ветра [2].

Химические заводы, топливно-энергетический комплекс, сельское хозяйство и автомобили – являются основными загрязнителями воздуха антропогенного происхождения [3]. Органы чувств человека не всегда могут своевременно уловить вредные вещества, поэтому важно совершенствовать методы мониторинга и актуализации сведения о качестве воздуха. Таким образом, необходимо разработать подход к получению и использованию информации о текущем состоянии воздуха для предупреждения жителей и

формирования маршрутов обхода зон повышенной концентрации вредных веществ [4].

Анализ существующих решений для мониторинга качества атмосферного воздуха

На данный момент существует ряд решений, реализованных для экологической отрасли, которые отражают состояние воздуха в атмосфере. Ряд популярных программных продуктов приведен в таблице №1, у каждого из них есть свои преимущества и недостатки.

Таблица №1

Сравнение информационных систем мониторинга воздуха в атмосфере

Название	IQAir AirVisual	Air- Matters	Plume Labs	Check Air Quality
Мониторинг превышения загрязняющих веществ в воздухе	+	+	+	+
Поиск предполагаемого источника загрязнения	+	+	-	-
Прогнозирование распространения загрязнения на основании сведений о параметрах химических элементов	-	-	+	-
Анализ и прогнозирования экологической обстановки на основании ретроспективных данных	+	+	+	-
Построение экологически чистого маршрута	-	-	-	-

Проведенный анализ показал, что существующие программные решения («AirMatters», «Check Air Quality» и т.п.) предоставляют информацию обо всех основных веществах, загрязняющих воздух, а также рекомендации по персональному реагированию для предотвращения

негативного воздействия. При этом данные программные продукты не предоставляют пользователю возможность построить маршрут с учётом экологических различий конкретных участков городской территории.

Подготовка данных о наличии вредных веществ на примере города Волгоград

Сбор данных для последующего анализа выбросов производился на основе известных объектов городской инфраструктуры, таких, как котельные, печи, технологические установки, оборудованные системами очистки газа и пыли оборудование, работающее на открытых площадках, а также информации от мобильных служб по мониторингу состава воздуха [5]. В некоторых зонах проводились собственные измерения качества воздуха, эти измерения проводились днем, преимущественно, в безветренную погоду после полудня. Для данных измерений концентрации веществ на различных уровнях приземного слоя атмосферы использовался беспилотный летательный аппарат на радиоуправлении [6]. Эти измерения позволили более точно определять неблагоприятные зоны с точки зрения качества воздуха [7].

Измерения и последующий анализ проводился по веществам NO, CO₂, CO, NO₂, PM_{2.5}. По показаниям с датчиков рассчитывалось общее отклонение относительно предельно допустимых показателей и с помощью лингвистических переменных (таблица №2) обозначалось качество воздуха [8].

Таблица №2

Значения оценок качества воздуха по загрязнителям

Оценка	CO	CO ₂	NO	NO ₂	PM _{2.5}
Плохой	20-10	>600-450	5-3	<30	25-15
Средний	10-5	450-330	3-1	12-30	15-5
Хороший	<5	<330	<1	<12	<5

В ходе исследования были собраны данные об атмосферном воздухе на улицах г. Волгоград и составлена таблица качества среды на данных участках местности (таблица №3).

Таблица №3

Качество воздуха на обследованных улицах города Волгограда

Адрес	Качество
ул. Прямая	Хорошее
ул. Довженко	Плохое
Инструментальная улица	Плохое
Кубанская улица	Хорошее
Ангарская улица	Среднее
ул. Покрышкина	Среднее
ул. Салутина	Хорошее

По первичному анализу можно заметить, что неблагоприятная концентрация вредных веществ в основном находится рядом с автомагистралями и промышленными предприятиями (рис. 1).

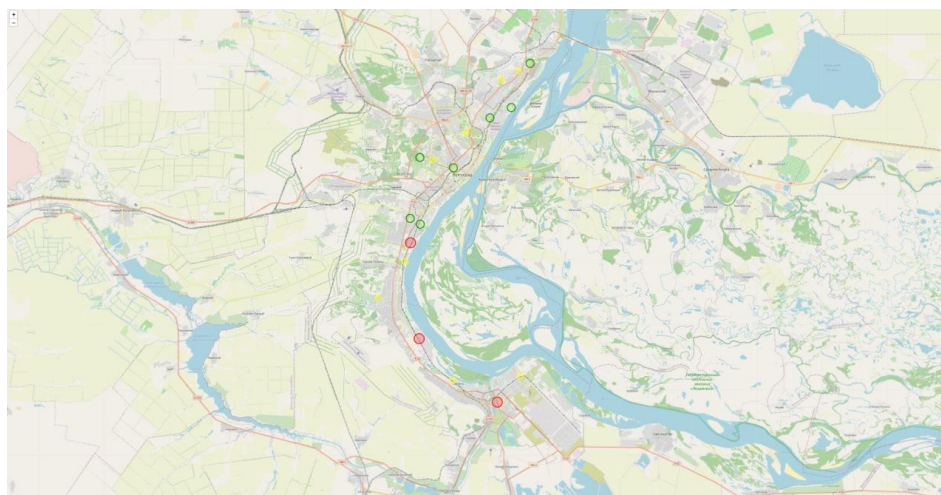


Рис. 1. – Участки обследования качества воздуха на улицах г. Волгоград

И, наоборот, в отсутствии улиц с плотным автомобильным трафиком ситуация на автодорогах будет лучше и концентрация веществ будет благоприятна для продолжительного пребывания человека. Также можно заметить, что в местах малой застройки и местах, отдаленных от

промышленных и автомобильных дорог, наблюдается благоприятная ситуация с качеством окружающей среды [9].

Реализация программного решение для построения маршрутов с учётом качества воздуха

Фронтенд - часть приложения реализована с использованием языка гипертекстовой разметки HTML, каскадных стилей CSS и языка программирования JavaScript. С помощью HTML был построен «каркас» веб-приложения, определена разметка и положение элементов на странице, выполнено вложение различных объектов страницы в иерархические структуры, что позволило сделать модульность вебсайта. CSS в приложении отвечает за установку классов объектам, выполненным HTML, их точное положение на странице, выбор цвета и шрифтов для различных элементов, что многократно повышает привлекательность интерфейса, делает его более удобным и приятным глазу.

На языке JavaScript написана основная логика работы страниц веб-приложения, а именно, настройка видимости и активности виджетов приложения, обработка взаимодействия с ними. С помощью библиотеки JQuery реализована возможность обмена данными между клиентом и сервером. Отрисовка карты с размещением на ней маркеров датчиков анализа атмосферного воздуха с областями загрязнения и размещение маршрута их обход выполнены с помощью библиотеки Leaflet [10]. Post- и Get-запросы позволяют отправлять на бэкенд данные от пользователя (например, нажатие на ключевые элементы страницы или запросы на загрузку подробной информации, см. рис. 2), или запрашивать их (данные от датчиков, распределение загрязнений и уровень опасности и т.д.).

Бэкенд - сторона представлена веб-серверным приложением на языке JavaScript с использованием библиотеки Node.js и Leaflet. Приложение на вход получает набор данных о загрязнениях воздуха в виде CSV-файла или

напрямую в реальном времени и отправляет подготовленную информацию для отрисовки зон покрытия датчиков анализа атмосферы.

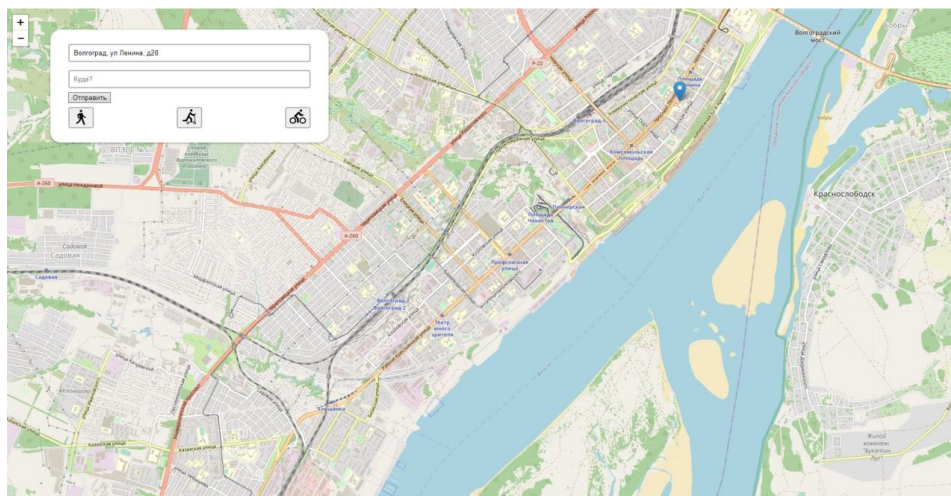


Рис. 2. – Выбор маршрута

После того, как пользователь выбирает начальную и конечные точки маршрута и отправляет эти данные с клиентской стороны посредством специальной клавиши на экране, серверное приложение получает на вход координаты крайних точек, проводит расчёт пути, основываясь на среднем уровне загрязненности участков (или прогнозирует их уровень, если датчики не покрывают какие-либо участки карты) и/или концентрации определенных веществ в воздухе, учитывая пожелания пользователя, прокладывает маршрут и отправляет данные о нем на клиентскую часть для отображения на интерфейсе веб-приложения (рис. 3). При изменении начальной, конечной или добавлении точек между ними, алгоритм работы сервера повторяется и маршрут перестраивается.

Заключение

Предлагаемое решение позволит усовершенствовать построение маршрутов пеших и велосипедных прогулок с учётом обхода зон с повышенной концентрацией вредных веществ в воздухе для улучшения общего самочувствия и уменьшения вреда для здоровья человека. Кроме

того, формируется дополнительный источник данных для оценки экологической обстановки и предотвращения негативных последствий неблагоприятной обстановки.

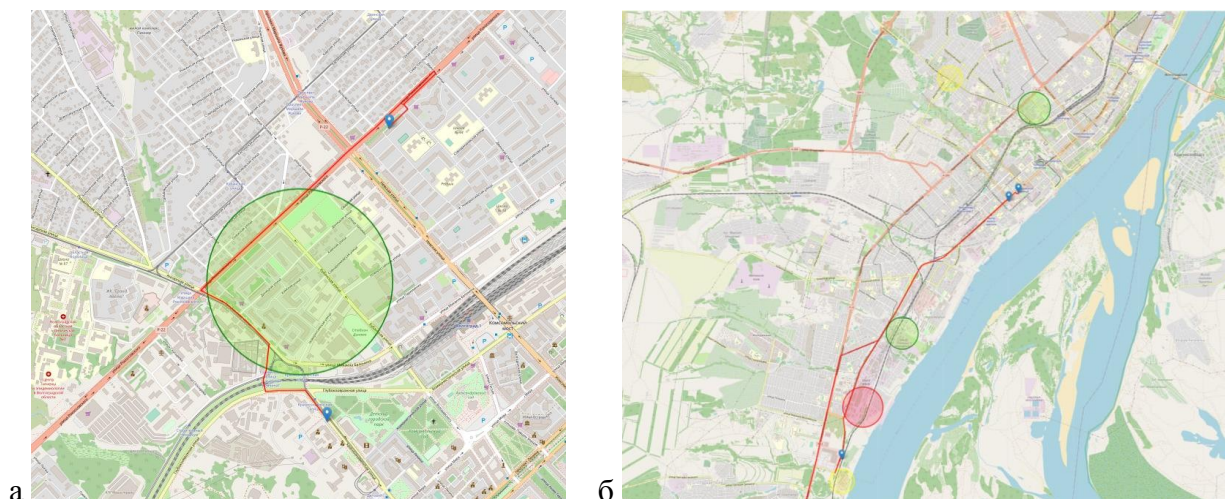


Рис. 3. – Построение маршрута:

а) через «зеленую» зону; б) чрез «красную» зону

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области № 22-11-20024, rscf.ru/project/22-11-20024/. Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» ИАиС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

Литература

1. Harkonen J., Valkonen E., Kukkonen J., Rantakrans E., Lahtinen K., Karppinen A., Jalkanen L. A model for the dispersion of pollution from a road network. Helsinki: Finnish Meteorological Institute, 1996. 34 p.

2. Бауыржанова А.Б. The main sources of air pollution and potential of dispersion of the atmosphere in the Temirtau city // Молодой ученый. 2020. №46 (336). С. 66-68.

3. Шагидуллин А.Р., Шагидуллина Р.А., Тунакова Ю.А., Шагидуллин Р.Р. Определение нормативов воздействия для источников загрязнения

атмосферы на основе сводных расчетов загрязнения воздуха города // XV Всероссийская конференция «Химия и инженерная экология» с международным участием. Казань: Изд-во "Отечество", 2015. С. 69-72.

4. Графкина М.В., Кузин П.А. Расчет локального загрязнения атмосферы мегаполисов автотранспортом // Международная конференция «Проблемы и перспективы технических наук». Уфа: ООО «Аэтерна», 2015. С. 45-47.

5. Рябыкина И.А. Причины загрязнения атмосферы // Всероссийская научно-практическая конференция «Здоровье человека и экологически чистые продукты питания-2014». Орел, 2014. С. 452-454.

6. Маврин Г.В., Сулейманов И.Ф., Харлямов Д.А. Применение расчетного мониторинга для оценки загрязнения атмосферы городской среды // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. №2. С. 107-111.

7. Бельская Е.Н., Тасейко О.В., Сугак Е.В. Оптимизация сети наблюдений состояния загрязнения атмосферного воздуха на городской территории // Решетневские чтения. 2015. Т. 2. №19. С. 308-309.

8. Емельяненко С.А., Парыгин Д.С., Анохин А.О., Зеленский И.С., Ярцев В.С. Исследование одного аспекта городской экологии (на примере экологического следа новогодней ели) // Социология города. 2022. №3. С. 83-100.

9. Ustugova S., Parygin D., Sadovnikova N., Finogeev A., Kizim A. Monitoring of social reactions to support decision making on issues of urban territory management // Procedia Computer Science. 2016. Vol. 101. P. 243-252.

10. Парыгин Д.С., Садовникова Н.П., Голубев А.В., Недоступов А.О., Финогеев А.Г. Подходы к визуализации экологической информации на карте города // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». 2018. №5(215). С. 60-64.

References

1. Harkonen J., Valkonen E., Kukkonen J., Rantakrans E., Lahtinen K., Karppinen A., Jalkanen L. A model for the dispersion of pollution from a road network. Helsinki: Finnish Meteorological Institute, 1996. 34 p.
2. Bauyrzhanova A.B. Molodoi uchenyi. 2020. №46 (336). pp. 66-68.
3. Shagidullin A.R., Shagidullina R.A., Tunakova IU.A., Shagidullin R.R. XV Vserossiiskaya konferentsiya “Khimii i inzhenernaia ekologiia” s mezhdunarodnym uchastiem: sbornik dokladov. Kazan', 2015, pp. 69-72.
4. Grafkina M.V., Kuzin P.A. Mezhdunarodnaya konferentsiya “Problemy i perspektivy tekhnicheskikh nauk”: sbornik statei. Ufa, 2015, pp. 45-47.
5. Riabykina I.A. Vserossiiskaya nauchno-prakticheskoi konferentsii “Zdorov'e cheloveka i ekologicheski chistye produkty pitaniia-2014”: materialy. Orel, 2014, pp. 452-454.
6. Mavrin G.V., Suleimanov I.F., Kharliamov D.A. Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ia. 2011. №2. pp. 107-111.
7. Bel'skaya Ye.N. Taseyko O.V., Sugak Ye.V. Reshetnevskiye chteniya. 2015. Vol. 2. №19. pp. 308-309.
8. Emel'ianenko S.A., Parygin D.S., Anokhin A.O., Zelenskii I.S., Iartsev V.S. Sotsiologiya goroda. 2022. №3. pp. 83-100.
9. Ustugova S., Parygin D., Sadovnikova N., Finogeev A., Kizim A. Procedia Computer Science. 2016. Vol. 101. pp. 243-252.
10. Parygin D.S., Sadovnikova N.P., Golubev A.V., Nedostupov A.O., Finogeev A.G. Izvestiia Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya “Aktual'nye problemy upravleniia, vychislitel'noi tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh”. 2018. №5 (215). pp. 60-64.