

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Фатеева Ю.Г., Легович Ю.С., Ефремов А.Ю., Гончаренко В.И.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

jfateeva@ipu.ru, legov@ipu.ru, andre@ipu.ru, vladimirgonch@mail.ru

Аннотация: Доклад посвящен анализу существующих методов сбора данных и оценке перспективных тенденций создания геоинформационных карт загрязнения атмосферного воздуха. Предложен метод поиска источника загрязнения атмосферного воздуха с помощью разработанного мобильного приложения на основе гео-ориентированной социальной сети и беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: экологический мониторинг, обнаружение источника загрязнения, карты загрязнения воздуха, беспроводная сенсорная сеть, общественная сенсорная сеть, краудсорсинг, мобильное приложение, беспилотные летательные аппараты.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха сегодня является серьезной проблемой во многих развивающихся странах. Загрязнение воздуха было признано девятым по величине фактором риска для здоровья живых организмов во всем мире [1].

По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) в 2016 году загрязнение атмосферного воздуха в городах и сельских районах привело к 4,2 миллионам случаев преждевременной смерти в мире [2].

Для осуществления осведомленности городских жителей о состоянии окружающего воздуха необходимо создать условия для непрерывного сбора и анализа данных с высоким временным и пространственным разрешением. На основе получаемых данных необходимо строить карты и модели прогнозирования загрязнения, которые удобно интегрировать с алгоритмами поиска источников загрязнения воздуха с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Данное исследование посвящено поиску эффективного метода мониторинга динамических изменений качества воздуха в крупных городах путем анализа пространственно-временных тенденций в гео-ориентированных сообщениях на разработанной платформе мобильного приложения CheckAir и его интеграцию с существующими алгоритмами поиска источников загрязнения воздуха с помощью беспилотных летательных аппаратов.

1 Существующие методы сбора данных о загрязнении атмосферного воздуха

1.1 Станции экологического мониторинга

Для непрерывного анализа состояния атмосферного воздуха в городах обычно используются широкие сети автоматических стационарных и мобильных станций контроля загрязнения атмосферного воздуха, передвижные лаборатории и лабораторные базы. Именно от них в основном и поступают данные о чрезвычайных происшествиях и случаях аварийных выбросов загрязняющих атмосферу веществ.

Основными же недостатками таких контрольных станций являются их габариты, вес, дороговизна самого оборудования и его обслуживания. Так же традиционные стационарные станции системы мониторинга не всегда способны обнаружить повышенную концентрацию опасных веществ из-за недостаточной плотности своего размещения и сложности масштабируемости.

1.2 Беспроводные сенсорные сети

В то же время с каждым годом растет число портативных недорогих датчиков измерения загрязнения окружающего воздуха. Они обладают небольшими размерами, быстрым временем отклика (от нескольких секунд до минуты) и невысокой стоимостью. Их повсеместное использование позволяет увеличить пространственно-временное разрешение получаемых данных о состоянии окружающей среды. И на основе получаемых данных строить точные гео-информационные карты и модели загрязнения воздуха. Поэтому исследователи в последние годы активно развивают Систему мониторинга загрязнения воздуха следующего поколения (TNGAPMS), объединяя недорогие портативные измерительные датчики в беспроводную сенсорную сеть (WSN). TNGAPMS помогает исследователям более эффективно и точно исследовать распределение уровня загрязнения воздуха, строить модели оценки качества воздуха и прогнозирования [3].

Существующие беспроводные сенсорные сети (WSN) можно разделить на три категории по типу несущих сенсорных узлов: сеть статических датчиков (SSN), общественная сенсорная сеть (CSN) и сеть датчиков на транспортных средствах (VSN) [4]. Каждая из сенсорных сетей обладает рядом преимуществ и недостатков.

2 Применение гео-ориентированных социальных сетей для экологического мониторинга

2.1 Тенденции использования социальных сетей для экологического мониторинга

В последнее время все большую популярность набирают аналитические системы социальных сетей для анализа данных и прогнозирования различных ситуаций, в том числе это касается и экологической обстановки в окружающем нас мире.

Как показывают исследования [5], проведенные в 2015 году в КНР, мониторинг загрязнения окружающего воздуха возможно осуществлять, анализируя реакцию жителей городов в социальных сетях. Каждый владелец мобильного телефона в этом случае выступает «социальным датчиком», который улавливает любые ощутимые изменения в окружающем его пространстве и делится этой информацией в своих социальных сетях. Коэффициент корреляции Пирсона между AQI и сообщениями из мобильных приложений о загрязнении воздуха в течении 12 месяцев был выше 0,6. Когда AQI увеличивался, частота сообщений о загрязнении через мобильные приложения также увеличивалась. Таким образом, сообщения приложений о загрязнении, как индикатор общественного восприятия загрязнения воздуха, были тесно связаны с AQI и могли отражать динамику AQI.

2.2 Созданная мобильная платформа данных о загрязнении окружающего воздуха

Если говорить о мобильных приложениях, то в последнее время все большую популярность среди жителей городов набирают приложения, которые показывают агрегированные данные, получаемые со стационарных станций экологического мониторинга, сети портативных датчиков, а также спутников. Такие приложения не только агрегируют и предоставляют данные о состоянии загрязнения в режиме реального времени, но и используют алгоритмы прогнозирования изменения ситуации. Существенным недостатком таких приложений является то, что они используют данные с тех же станций, которые зачастую не фиксируют наличие превышения предельно допустимых концентраций химических веществ.

Разработанное нами мобильное приложение CheckAir позволяет жителям городов не только получать данные о локальной экологической ситуации, но и самим выступить в роли сети датчиков и добавлять данных о превышении концентрации химических веществ в воздухе на интерактивную карту мобильного приложения.

В ходе экспериментов, неоднократно было установлено, что данные, полученные от стационарных станций экологического мониторинга и данные, поступающие на мобильную платформу от людей о загрязнении окружающего воздуха, кардинально отличаются, что служит сигналом для поиска источника загрязнения и более внимательного изучения районов загрязнения органами природоохраны.

Таким образом, CheckAir – это геоинформационная карта с высоким пространственно-временным разрешением проблемных зон. Используя данные такой «народной» карты загрязнения легко вычисляется источник загрязнения вблизи явно проблемных зон - либо с помощью наземных мобильных станций экологического мониторинга, либо БПЛА, оснащенных газоанализаторами.

3 Поиск источника загрязнения воздуха градиентным методом

Обнаружение источника загрязнения воздуха до сих пор остаётся трудоемкой и длительной во времени задачей. Для обнаружения источника загрязнения воздуха последние годы всё чаще используются БПЛА с полезной нагрузкой в виде бортовых автоматических газоаналитических систем для непрерывного определения концентрации вредных примесей.

Градиентные методы поиска оптимальных решений обладают множеством преимуществ перед методами ненаправленного поиска, главное из которых заключается в резком сокращении количества вычислений для достижения экстремума.

Ввиду того, что эффект распространения загрязнения воздуха в вертикальном направлении намного слабее, чем в горизонтальном [6], допустим переход от трехмерного поиска к двумерному. Благодаря чему достигается упрощение вычислений и эффективное уменьшение площади поиска.

Интерес представляет работа [7], в которой рассматривается комбинированный подход обнаружения источника загрязнения на основе градиентного поиска и вероятностного метода. БПЛА использует метод на основе градиента для отслеживания концентрации загрязняющего вещества, который дополняется поиском положения источника на основе вероятностной модели, представленной в [8], в которой используется байесовский метод для построения и обновления карты вероятностей местоположения источника загрязняющего вещества, с каждой новой доступной сенсорной информацией, пока БПЛА перемещается в окружающей среде.

Далее градиентный цикл обработки вычисляет позиции для перемещения БПЛА между точками на маршруте p_k . Для получения информации об изменении концентрации загрязнения воздуха между точками p_{k-1} и p_k , используется историческая информация $\psi_k = \{\psi(t): p(t) \in (p_{k-1}, p_k)\}$.

Эксперименты, представленные в работе [7], показывают достаточно точные результаты в поиске источника загрязнения представленным выше методом.

Проблему выявления точки отсчета для дальнейшего поиска локального максимума загрязнения воздуха, можно решить с помощью интеграции данных, получаемых из мобильного приложения CheckAir.

Заключение

В данной работе был проведен обзор существующих способов сбора данных о загрязнении окружающего воздуха. Развивающаяся сеть беспроводных датчиков начинает играть важную роль в составлении геоинформационных карт загрязнения воздуха и служит весомым дополнением к высоконадежным и дорогим стационарным станциям экологического мониторинга. Также был предложен способ сбора данных об окружающем воздухе с помощью разработанного мобильного приложения CheckAir, которое позволяет собирать данные напрямую от пользователей мобильного приложения и дополнять геоинформационную карту, получаемую с помощью обработки данных из открытых интерфейсов прикладного программирования (API). Кроме того, была рассмотрена задача поиска источника загрязнения градиентным методом при помощи БПЛА. Отметим, что для многих алгоритмов очень важно определить начальную точку поиска, выбор которой как раз и может быть сделан с помощью данных, собираемых мобильным приложением CheckAir.

Литература

1. Lim S.S., Vos T., Flaxman A.D., Danaei G., Shibuya K., Adair-Rohani H., AlMazroa M.A., Amann M., Anderson H.R., Andrews K.G., et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010. *Lancet*. 2012
2. World Health Organization Ambient (Outdoor) Air Quality and Health. [(accessed on 20 August 2015)]. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>
3. Bravo M.A., Fuentes M., Zhang Y., Burr M.J., Bell M.L. Comparison of exposure estimation methods for air pollutants: Ambient monitoring data and regional air quality simulation. *Environ. Res.* 2012;116:1–10.

4. *Wei Ying Yi, Kin Ming Lo, Terrence Mak, Kwong Sak Leung*, A Survey of Wireless Sensor Network Based Air Pollution Monitoring Systems, *Sensors*, 2015
5. *Wei Jiang, Yandong Wang, Ming-Hsiang Tsou, Xiaokang Fu* Using Social Media to Detect Outdoor Air Pollution and Monitor Air Quality Index (AQI): A Geo-Targeted Spatiotemporal Analysis Framework with Sina Weibo (Chinese Twitter), 2015, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141185>
6. *A. Daly and P. Zannetti*, "Air pollution modeling– An overview," *Ambient air pollution*, pp. 15–28, 2007, <http://envirocomp.org/books/chapters/2aap.pdf>; (accessed 12.04.2018).
7. *Noé Marcelo Yungaicela, Youmin Zhang, Luis E. Garza-Castañón, Ismael Minchala* UAV-based Air Pollutant Source Localization Using Gradient and Probabilistic Methods, 2018 International Conference on UAS (ICUAS), Dallas, TX, USA, June 12-15, 2018
8. *S.Pang and J.A.Farrell*, "Chemical plume source localization," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, vol. 36, no. 5, pp. 1068–1080, 2006.