

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ГОРОДА МОСКВЫ ПО ДАННЫМ ОТ СЕТИ МОБИЛЬНЫХ ГЕОСЕНСОРОВ*

А.А. Майоров (МИИГАиК)

В 1981 г. окончил факультет оптического приборостроения Московского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (МИИГАиК) по специальности «оптические приборы и спектроскопия». С 1979 г. работает в МИИГАиК, в настоящее время — заведующий кафедрой информационно-измерительных систем. Доктор технических наук, профессор.

А.В. Матерухин (МИИГАиК)

В 1994 г. окончил факультет вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по специальности «прикладная математика» с квалификацией «математик». В 1999–2004 гг. — глава российского представительства акционерной компании Transcity Trade Invest Limited, в 2005–2011 гг. — независимый разработчик программного обеспечения, в 2011–2014 гг. — старший специалист отдела исследований и разработок ООО «Декарт». С 2014 г. работает в Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК), в настоящее время — доцент кафедры информационно-измерительных систем. Кандидат технических наук.

И.Н. Бондарев (МИИГАиК)

Студент IV курса факультета оптико-информационных систем и технологий Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК).

А.М. Домнина (МИИГАиК)

Студентка IV курса факультета оптико-информационных систем и технологий Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК).

Различного рода пространственные модели давно используются в экологических исследованиях в качестве инструментов оценки и прогноза. Как правило, для создания подобных моделей применяется либо информация, получаемая от немногих и, обычно, довольно далеко расположенных друг от друга станций регулярного экологического мониторинга, либо, которая была

получена в результате дорогостоящих краткосрочных полевых исследований. Иными словами, информация, используемая для создания таких моделей, может быть охарактеризована как данные, имеющие либо низкое пространственное разрешение, либо существенно ограниченный временной охват. С другой стороны, за два последних десятилетия был достигнут беспрецедентный

прогресс в разработке мало-размерных сенсорных устройств с добавленными возможностями определения своего местоположения — геосенсоров. Пространственно-распределенные мобильные геосенсоры позволяют наблюдать за окружающей средой с нужной степенью пространственного и временного разрешения и автоматически передавать данные через сетевую

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и РГО в рамках научного проекта № 17-05-41156.



Рис. 1
Общий вид геосенсора для измерения уровня диоксида азота и монооксида углерода в атмосферном воздухе

инфраструктуру в системы обработки и анализа. Полезность такого источника информации увеличивается с увеличением количества используемых геосенсоров, поэтому имеет смысл говорить о технологиях сбора пространственно-временных данных не с помощью геосенсоров, а с помощью сетей геосенсоров. Сеть геосенсоров может быть определена как распределенная сенсорная сеть, предназначенная для получения данных о событиях, для которых пространственный аспект имеет существенное значение. Термин «распределенная сенсорная сеть» в настоящее время является уже вполне устоявшимся, обозначающим сеть из датчиков с поддержкой сетевых коммуникационных протоколов.

В настоящее время на кафедре информационно-измерительных систем Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК) ведется разработка геоинформационной технологии создания информационно-измерительных систем на базе распределенных сетей интеллектуальных геосенсоров [1, 2]. Такие информационно-измерительные системы, в частности, могут быть эффективно использованы для построения детализированной пространственной модели загрязнения воздуха в условиях крупного города. Чем большее количество геосенсоров используется информационно-измерительной системой и чем интенсивнее потоки данных, поступающих от каждого геосенсора, тем выше пространственно-временная детализация получаемых данных. Однако при увеличении объема и скорости поступления пространственно-временных данных возникает и приобретает все большее значение требование непрерывности их обработки, поскольку они используются для мониторинга непрерывных явлений в режиме реального времени. Под непрерывностью процессов обработки пространственно-временных данных в геоинформационных системах (ГИС) понимается такое общее свойство как возможность выдачи информации об изменениях пространственных отношений между объектами геосистемы сразу после

поступления пространственно-временных данных от системы сбора. В работе [3] показано, что современные требования к непрерывности обработки пространственно-временной информации высокой интенсивности в ГИС не могут быть удовлетворены в рамках традиционного подхода с использованием реляционных баз данных и модели «обработка после обязательного сохранения», что переводит потоки пространственно-временных данных выше определенной интенсивности в класс больших пространственных данных.

В статье [4] был описан разработанный коллективом кафедры прототип системы сбора данных о загрязнении воздуха на значительной по площади урбанизированной территории, включающий геосенсоры (рис. 1). Для создания геосенсора были использованы следующие устройства:

- калиброванные газовые сенсоры 9376-NA (high accuracy NO2) Libelium и 9371 (for high concentrations CO) Libelium;
- плата WGASPRO Libelium для интеграции сенсорных датчиков;
- плата WA-4G-EU/BR Libelium с приемником GPS и радиомодулем 4G Waspote 4G EU/BR;
- модуль Waspote LoRa SMA 4,5 dBi — 868 Libelium с разъемом SMA;
- шлюз Waspote Gateway LoRa SMA 868 Libelium с разъемом SMA;

```
1 2018-05-08-16-58-00.634219 ##g:1:2;L:2194;T:8591503,0,461,587,590,723,1203,2427,9267,64182,64204,64236;BAT:71;ACC:257,1636,429;4G:0,-81,3;GPS:
0,55,768284,37,647995,165,200000,4,2,7000,188,3,1,4000,080518,132042;TEMP:27,2831;CO:2,0427;NO2:0,0107
2 2018-05-08-16-58-04.269540 ##g:1:2;L:2195;T:8595316,0,461,586,589,722,1207,2425,2429,3768,3790,3813;BAT:66;ACC:-143,1169,166;4G:0,-69,3;GPS:
0,55,768284,37,647995,165,200000,4,2,7000,188,3,1,4000,080518,132042;TEMP:27,2240;CO:2,1438;NO2:0,0168
3 2018-05-08-16-58-06.868513 ##g:1:2;L:2196;T:8598160,0,462,586,590,723,1204,2421,2427,2798,2820,2844;BAT:75;ACC:35,833,277;4G:0,-69,3;GPS:
0,55,768284,37,647995,165,200000,4,2,7000,188,3,1,4000,080518,132042;TEMP:27,2240;CO:2,3258;NO2:0,0178
4 2018-05-08-16-58-09.359208 ##g:1:2;L:2197;T:8601011,0,463,587,591,724,1205,2420,2423,2793,2815,2851;BAT:73;ACC:55,819,190;4G:0,-69,3;GPS:
0,55,768284,37,647995,165,200000,4,2,7000,188,3,1,4000,080518,132042;TEMP:27,2240;CO:2,1236;NO2:0,0184
5 2018-05-08-16-58-12.251717 ##g:1:2;L:2198;T:8603848,0,463,588,592,725,1206,2423,2422,2792,2814,2837;BAT:77;ACC:256,860,-58;4G:0,-69,3;GPS:
0,55,768284,37,647995,165,200000,4,2,7000,188,3,1,4000,080518,132042;TEMP:27,2240;CO:2,2719;NO2:0,0162
```

Рис. 2
Исходные данные, поступающие от геосенсора

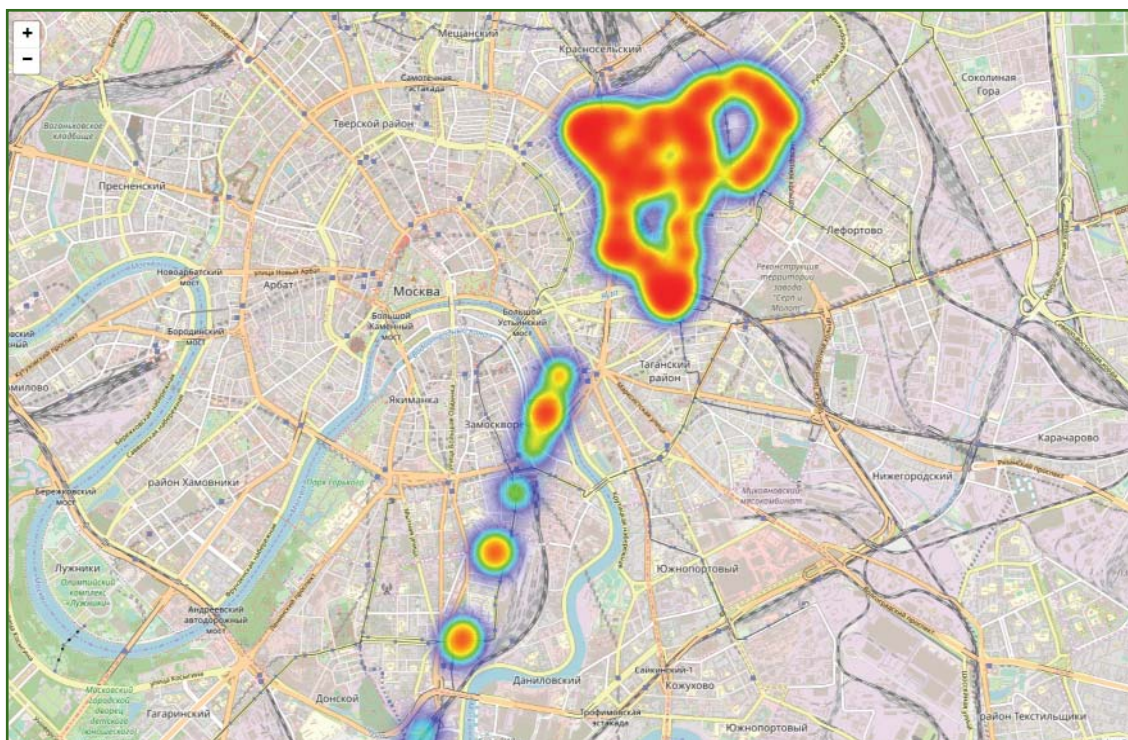


Рис. 3

«Мгновенный снимок» пространственного распределения уровня концентрации монооксида углерода в воздухе, рассчитанный на основании данных, получаемых от мобильных геосенсоров

— перезаряжаемая батарея емкостью 6600 мАч;

— защищенная солнечная панель Rigid solar panel 7,4V Libelium;

— плата расширения радиointерфейсов WEXP Expansion Radio Board Libelium.

Данные от мобильных геосенсоров поступают в централизованную систему обработки с периодом в несколько секунд в виде, показанном на рис. 2. Система содержит: дату и время проведения измерения, сведения об идентификаторе устройства ($g1$), номер выполняемого цикла (L), время с начала цикла (T), заряд аккумулятора (BAT), уровень сигнала сотовой связи 4G (ACC), данные от датчика определения местоположения с помощью глобальной навигационной спутниковой системы (GPS), показатели датчика температуры ($TEMP$), показатели датчика оксида углерода (CO) и показате-

тели датчика диоксида азота (NO_2).

Для проверки разработанной технологии с октября 2017 г. по октябрь 2018 г. проводились полевые испытания на территории города Москвы. Во время испытаний использовалось различное количество мобильных геосенсоров, но не больше пяти одновременно. Размер полученного финансирования, к сожалению, не позволил применить их большее количество. Мобильность сбора данных обеспечивалась двумя вариантами — перемещение геосенсоров осуществляли пешеходы и велосипедисты. В этом помогали студенты МИИГАиК, участвовавшие в тестировании.

Данные от каждого перемещающегося геосенсора с помощью радиомодуля 4G передавались в центральную систему обработки и анализа с периодичностью, примерно, один раз

в 2 секунды. Дополнительно проверялась возможность передачи данных с помощью протокола LoRa, но тесты показали неустойчивость такого способа.

Поступающая от геосенсоров информация непрерывно обрабатывалась в режиме реального времени в программной среде, разработанной в рамках научного проекта № 17-05-41156, поддержанного РФФИ и РФО. В результате определялось текущее пространственное распределение уровня концентрации загрязнения воздуха, которое может быть визуализировано в виде тепловой карты, как показано на рис. 3.

В ходе испытаний была обнаружена чрезвычайно высокая степень пространственной неоднородности уровня загрязнений воздуха в Москве — уровень содержания монооксида углерода в воздухе

мог отличаться в два раза при расположении мест измерения на расстоянии менее 100 м друг от друга. Таким образом, полученные результаты показали возможность получения данных о загрязнении воздуха в городе Москве с пространственным распределением, который ранее никогда не достигался (примерно 30–40 м). Такая детализация данных о распределении загрязнения воздуха в городе Москве дает возможность очень точной пространственной локализации источников выбросов вредных веществ в режиме реального времени.

В ближайших планах — разработка и тестирование методики мониторинга источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух в режиме реального времени с помощью сетей

мобильных геосенсоров для оценки соблюдения установленных нормативов предельно допустимых выбросов (в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 14.07.2017 г. № 841).

Мы надеемся, что как уже полученные, так и будущие результаты, будут способствовать формированию в России общества, активно использующего информацию, получаемую от электронных устройств, для создания и распространения новых знаний, в том числе и окружающей среде.

▼ Список литературы

1. Майоров А.А., Матерухин А.В. Геоинформационные аспекты разработки информационно-измерительных систем на базе распределенных сетей интеллектуальных геосенсоров // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2017. — № 6. — С. 106–109.

2. Майоров А.А., Матерухин А.В., Гвоздев О.Г. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка геоинформационной технологии создания информационно-измерительных систем на базе распределенных сетей интеллектуальных геосенсоров» по этапу «Разработка математической модели процессов обработки потоков пространственно-временных данных от распределенных сетей интеллектуальных геосенсоров — концептуальной модели информационно-измерительной системы на базе распределенных сетей интеллектуальных геосенсоров» (рег. номер АААА-Б18-218011990066-3 в ЕГИСУ НИОКТР).

3. Матерухин А.В. Проблематика создания ГИС на основе систем управления потоками данных // Геодезия и картография. — 2017. — № 4. — С. 44–47.

4. Савиных В.П., Майоров А.А., Матерухин А.В. Построение пространственной модели загрязнения воздуха на основе использования потоков данных от сетей геосенсоров // Геодезия и картография. — 2017. — № 12. — С. 39–43.



gisinfo.ru

 **КБ ПАНОРАМА**
Геоинформационные технологии

ГИС

**Разработка и внедрение
геоинформационных систем
и технологий**

АО КБ «Панорама»
Россия, г. Москва, Пыжевский пер., д.5, стр.3.
тел.: +7 (495) 739-0245, факс: +7 (495) 739-0244
panorama@gisinfo.ru