

Васильев А.Н., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Нейросетевая модель загрязнения атмосферного воздуха Санкт-Петербурга по данным мониторинга. Мезоуровень. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2015. – С. 100-105.

УДК 004.032.26+519.63

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА. МЕЗОУРОВЕНЬ

А.Н. Васильев, Д.А. Тархов, Т.А. Шемякина

NEURAL NETWORK MODEL FOR AIR POLLUTION IN ST-PETERSBURG REGIONBASED ON MONITORING DATA. MESO-LEVEL

A.N. Vasilyev, D.A. Tarkhov, T.A. Shemyakina

Аннотация. Нейросетевой подход используется для построения многоуровневых моделей загрязнения воздуха в мегаполисах. Данные модели могут быть использованы для оценки и минимизации воздействия транспортных потоков на окружающую среду в больших городах. Построена нейросетевая модель мезоуровня загрязнённости атмосферного воздуха Санкт-Петербурга на основании данных, полученных от автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха. Рассчитаны диаграммы распределения загрязнения по районам города, отмечены самые загрязненные части города и выявлены основные источники загрязнений, учтена зависимость уровня загрязнения разных районов как функции от направления и скорости ветра.

Ключевые слова: экологический мониторинг, иерархическая система, атмосферный воздух, загрязнение, вредные вещества, транспортный поток, прогнозирование, концентрация, диаграмма, искусственная нейронная сеть (ИНС), настройка ИНС, глобальная оптимизация.

Abstract. A neural network approach is used to build multi-level models of air pollution in megacities. These models can be used to evaluate and minimize the traffic flow impact on the environment in large cities. The neural network model of meso-level for atmospheric air pollution in St. Petersburg is built on the basis of data received from the automated atmospheric air monitoring system. We calculated distribution diagrams of city districts, marked the most polluted parts of the city, identified the main sources of pollution, and took into account the dependence of the contamination level for different areas as a function of wind direction and speed.

Keywords: environmental monitoring, hierarchical system, atmospheric air, pollution, harmful substances, traffic flow, forecasting, concentration, diagram, artificial neural network (ANN), ANN training, global optimization.

Проведены оценка состояния атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге и исследование влияния скорости и направления ветра на распределение загрязнения в атмосферном воздухе по городу Санкт-Петербургу на основании данных, полученных от 21 станции автоматизированной системы мониторинга атмосферного воздуха Санкт-Петербурга. Для этого использованы показания скорости и направления ветра с 1 по 31 июля 2014 года, а также общий уровень загрязнения атмосферы по данным мониторинга.

В Санкт-Петербурге основную часть загрязнений воздушной среды дает автотранспорт, поэтому особенно сильно загрязнен воздух вблизи магистралей с интенсивным движением автомашин.

Перенос выброса в атмосферном воздухе, как правило, относится к гауссову типу переноса. Согласно гауссовой модели изменение концентрации примеси в атмосфере подчиняется нормальному закону распределения. Используя принцип суперпозиции и заменяя интеграл кубатурной формулой, приходим к выражению

$$q_n(t, V_x, V_y) = \sum_{i=0}^n C_i \frac{Q \exp \left\{ - \left[\frac{(x_i - x_0 - V_x t)^2}{2(\sigma_x)^2 t} + \frac{(y_i - y_0 - V_y t)^2}{2(\sigma_y)^2 t} + \frac{(z_i - z_0)^2}{2(\sigma_z)^2 t} \right] \right\}}{(\sqrt{2\pi t})^3 \sigma_x \sigma_y \sigma_z},$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты источника примеси; Q – мощность источника; $(V_x, V_y, 0)$ – компоненты вектора скорости ветра; $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – средние квадратичные отклонения частиц примеси в момент времени t соответственно вдоль координатных осей OX, OY, OZ ; C_i – числовой коэффициент; $x_i, y_i, z_i, i=0,1,\dots,n$ – узлы интегрирования.

Очевидно, что эта модель соответствует нейронным сетям с радиальными базисными функциями в случае использования в качестве базисной функции гауссиана [1, 2].

На основе данных мониторинга были построены нейронные сети [1, 2] с разным количеством нейронов: $n=5; n=10; n=15; n=20$, – с применением метода RProp и комбинации метода облака из 3 частиц ($n_1=3$) и метода RProp.

Получены диаграммы, отражающие зависимость уровня загрязнения в разных районах города от векторного параметра – скорости и направления ветра. Наилучшие результаты получились в случае применения комбинации методов при $n=5$ и $n_1=3$.

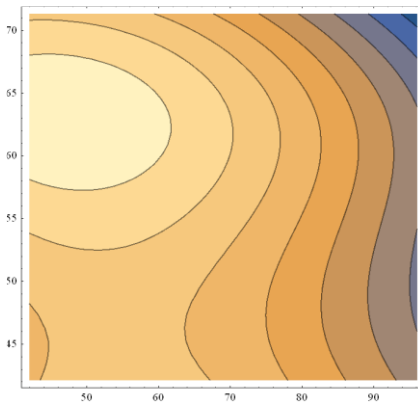


Диаграмма 1

Диаграмма 1 показывает уровень загрязнения атмосферы в разных районах Санкт-Петербурга в безветренную погоду. Из диаграммы можно сделать вывод, что наиболее загрязненным является атмосферный воздух над Финским заливом. Это объясняется диффузией загрязнения в атмосферном воздухе с других районов города.

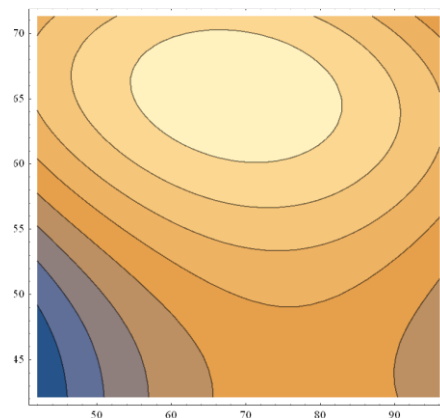


Диаграмма 2

На диаграмме 2 представлено распределение загрязнения атмосферы по городу Санкт-Петербургу при южном ветре со скоростью 2 м/с ($v_x = 0, v_y = 2$). Общий уровень загрязнения перенесен с Финского залива в северную часть города – Приморский район.

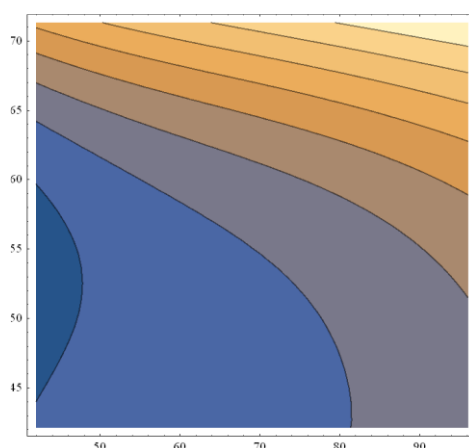


Диаграмма 3

По диаграмме 3 заметно, что загрязнение атмосферного воздуха переместилось из центра на северо-восточную часть Санкт-Петербурга при скорости ветра 2 м/с и западном направлении ($v_x = 2, v_y = 0$). Наивысший уровень загрязнения наблюдается в Выборгском районе.

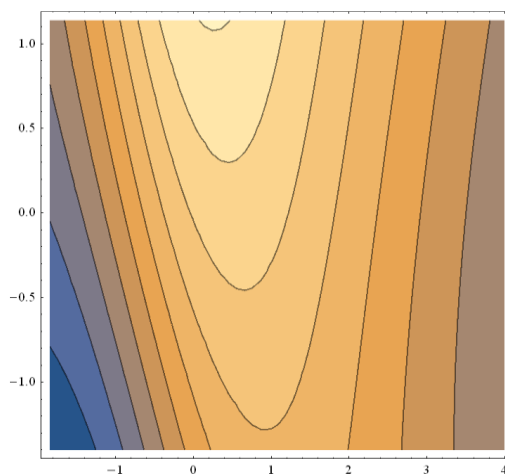


Диаграмма 4

На диаграмме 4 представлена зависимость уровня загрязнения атмосферного воздуха в центре города Санкт-Петербурга от компонент скорости ветра V_x и V_y . При северо-восточном ветре концентрация загрязняющих веществ в центре минимальна, так как на северо-востоке мало заводов и других источников загрязнения. При западном и юго-восточном ветре эта тенденция есть, но менее выражена. При ветре южных направлений картина более сложная, всё, видимо, зависит от того, приносит ли ветер загрязнения с ижорских заводов. Северный ветер приводит только к возрастанию загрязнений, что свидетельствует о больших загрязнениях к северу от центра. Это можно объяснить тем, что в Выборгском районе находятся промышленные предприятия.

На основании полученных в ходе исследования результатов можно сделать вывод, что распределение загрязнения атмосферного воздуха в городе Санкт-Петербурге напрямую зависит от скорости и направления ветра. В безветренную погоду наибольший уровень загрязнения в районе Финского залива, а с появлением ветра это загрязнение вместе с воздушными массами переносится по городу в зависимости от направления ветра.

Работа поддержана грантами РФФИ №14-01-00660А и 14-01-00733А

Библиографический список

1. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528 с.
2. Тархов Д.А. Нейросетевые модели и алгоритмы. – М.: Радиотехника, 2014. – 348 с.

Васильев Александр Николаевич
Санкт-Петербургский
государственный политехнический
университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: a.n.vasilyev@gmail.com

Vasilyev A.N.
Peter the Great Saint-Petersburg
Politechnical University,
Saint-Petersburg, Russia

Тархов Дмитрий Альбертович
Санкт-Петербургский
государственный политехнический
университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: dtarkhov@mail.com

Tarkhov D.A.
Peter the Great Saint-Petersburg
Politechnical University,
Saint-Petersburg, Russia

Шемякина Татьяна Алексеевна
Санкт-Петербургский
государственный политехнический
университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: sh_tat@mail.ru

Shemyakina T.A.
Peter the Great Saint-Petersburg
Politechnical University,
Saint-Petersburg, Russia