

Васильев А.Н., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Многоуровневые модели городской транспортной системы и ее воздействие на окружающую среду в мегаполисах. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2015. – С. 84-87.

УДК 004.032.26+519.63

МНОГОУРОВНЕВЫЕ МОДЕЛИ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В МЕГАПОЛИСАХ

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

MULTILEVEL MODELS OF URBAN TRANSPORT SYSTEM AND RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT IN MEGA-CITIES

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

Аннотация. Рассматриваются подходы к построению многоуровневых моделей загрязнений воздуха. Данные модели могут быть использованы для оценки и минимизации воздействия транспортных потоков на окружающую среду в больших городах.

Ключевые слова: экологический мониторинг, иерархическая система, загрязнение, вредные вещества, прогнозирование, концентрация, искусственная нейронная сеть (ИНС), система дифференциальных уравнений, настройка ИНС, глобальная оптимизация, гибридный метод.

Abstract. Some approaches to the construction of multi-level models of air pollution are considered in the paper. These models can be used to evaluate and minimize the traffic impact on environment in mega-cities.

Keywords: environmental monitoring, hierarchical system, pollution, harmful substances, forecasting, concentration, artificial neural network (ANN), system of differential equations, ANN training, global optimization, hybrid method.

Математическое моделирование сложных природных явлений позволяет наблюдать, прогнозировать и находить оптимальные решения для поддержания окружающей среды в приемлемом состоянии, что особенно актуально для больших городов с их развитой промышленностью и интенсивными транспортными потоками. Исследуемые явления протекают (и должны быть промоделированы) на различных уровнях от локального в масштабах отдельного объекта до глобального, на котором происходит анализ суммарной информации и построение соответствующих прогнозов в масштабе регионов, страны, планеты. Возникает необходимость создания иерархической системы экологического мониторинга и прогнозирования на разных уровнях. Модели сложной системы разбиваются на подсистемы и уровни, каждому из которых соответствует свой набор математических моделей.

Предлагаемая иерархическая система мониторинга и прогнозирования окружающей среды должна решать следующие задачи:

- 1) более точный анализ и прогноз загрязнений окружающей среды с доступом к этим данным широких кругов населения;
- 2) прогноз возможных экологических катастроф, путей их предотвращения и минимизации их неблагоприятных последствий;

3) выработка оптимальных способов управления состоянием окружающей среды на разных пространственных (локальный, региональный, глобальный) и временных (часы, сутки, времена года, десятилетия) масштабах и различными субъектами такого управления. При этом субъекты более высокого уровня могут управлять экологическим состоянием не только непосредственно (природоохранные мероприятия) но и опосредованно (изменение законодательной базы, стимулирование субъектов нижнего уровня и др.);

4) прогноз и минимизация последствий чрезвычайных ситуаций, создание системы автоматического оповещения населения, которое может подвергнуться риску различного уровня, своевременная эвакуация населения, для которого эта мера является оптимальной;

5) объективная оценка ущерба окружающей среде и здоровью граждан и адекватное наказание виновников такого ущерба.

Наиболее важной экологической проблемой является распространение загрязнений в воздушной среде. Целью математического моделирования этих процессов является описание распределения воздушных потоков и примесей в них. Для построения таких моделей использовались, в частности, статистические модели распространения, основанные на функции распределения Гаусса. Такой подход оказался достаточно точным для ровной подстилающей поверхности. Учёт возможного повышения концентрации в застойных зонах вблизи зданий и сооружений проводился путем введения эмпирических коэффициентов.

Также проводилось моделирование течений в уличных «каньонах» на основе решения уравнений термической гидродинамики. Оно сопряжено с принципиальными трудностями – заданием параметров моделей, условий на границах и начальных значений. Методология [1–4] позволяет построить нейросетевую модель, в которой данная информация восстанавливается по результатам наблюдений.

Иерархическая система мониторинга должна быть построена на нескольких уровнях, каждому из которых соответствует свой набор математических моделей, описывающих распространение загрязнений и другие величины, важные для рассматриваемых задач, например, скорость ветра, температура воздуха и т.д. Данные модели обычно имеют вид или уравнений в частных производных с граничными и начальными условиями, или таблиц (баз данных) с результатами наблюдений (измерения интересующих параметров). Авторами разработан обобщенный подход к построению иерархии нейросетевых моделей для каждого из случаев: «уравнения» или «наборы данных» – и в смешанной гетерогенной ситуации: «уравнения+данные».

Результаты численного и физического моделирования отдельных подсистем могут быть использованы в других подсистемах в виде параметрических нейросетевых моделей [1–4]. При классическом подходе для того, чтобы учесть воздействие от соседних областей, а также от внешних условий, нужно пересылать большой массив информации. При изменении каких-либо внешних параметров придется формировать другой информационный массив, и так до бесконечности. Мы предлагаем пересылать от информационной системы, соответствующей одной области, в информационную систему, соответствующую другой области или другому уровню иерархии, вместо большого массива чисел

упомянутую выше готовую параметризованную нейросетевую модель, в которой уже заложены зависимости от возможного изменения внешних условий.

В Институте математического моделирования создан программный комплекс для моделирования распространения примесей в турбулентной атмосфере над местностью, имеющей сложный рельеф, и в условиях городской застройки. Важное место в создании программного комплекса занимает физическая модель атмосферы, которая влияет на построение поля ветра и на описание адекватных процессов. Построение транспортно-диффузионной модели и создание на ее основе программного комплекса «TIMES» обеспечивает решение системы уравнений, описывающей процесс распространения загрязняющих веществ в ветровом поле и его графическое отображение.

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. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевые методы и алгоритмы математического моделирования. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 582 с.
3. Тархов Д.А. Нейросетевые модели и алгоритмы. – М.: Радиотехника, 2014. – 348 с.
4. Васильев А.Н., Идрисова Д.И., Романова А. Г., Тархов Д.А. Применение параметрических нейросетевых моделей к построению системы мониторинга загрязнений атмосферы промышленными выбросами и условий труда в строительстве // Материалы IX Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ'2012). – Алушта; М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2012. – С. 468–470.
5. Романова А.Г., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Нейросетевое моделирование в экологии Нейрокомпьютеры. Разработка. Применение. – М.: ЗАО изд-во «Радиотехника». – 2014. – №2. – С. 16–21.
6. Kainov N.U., Tarkhov D.A., Shemyakina T.A. Application of neural network modeling to identification and prediction problems in ecology data analysis for metallurgy and welding industry // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. vol. 17, no. 1. – P. 57–63 (2014).
7. Романова А.Г., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. О применении нейросетевых моделей в экологии // Современ. информац. технологии и ИТ-образование». – М.: ИНТУИТ.РУ, 2013. – Т.1. № 1(8). – С. 534–539.
8. Романова А.Г., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Нейросетевое моделирование в обратных задачах экологического мониторинга // Материалы XVIII Междунар. конф. по выч. механике и совр. приклад. програм. системам ВМСППС'2013). – Алушта; М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ. – 2013. – С. 228 –231.
9. 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
Polytechnical University,
Saint-Petersburg, Russia

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

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

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

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