

МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Хуан Синьди¹, Н.Ю. Юдина¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»

Загрязнение воздуха – самая серьезная экологическая проблема, стоящая перед большинством промышленных городов мира и Китая. Всемирная организация здравоохранения измерила концентрацию диоксида серы, диоксида азота и общего количества взвешенных твердых частиц в атмосфере в 272 городах 53 стран мира, перечислив десять самых серьезно загрязненных городов мира. Пространственно-временное распределение загрязняющих веществ воздуха зависит от различных факторов, таких как метеорологическое поле, источник выбросов, сложная нижняя поверхность площадки, взаимосвязь физических и химических процессов, и имеет сильные нелинейные характеристики [5]. Прогнозирование качества воздуха обычно используется в области статистических методов прогнозирования, согласно многолетним данным мониторинга, создание статистической модели прогнозирования, модель проста, легка в управлении бизнесом, но отсутствие твердого физического фундамента, а также другая численная модель прогнозирования, основанная на физике атмосферы и модели переноса материала, хотя физический фундамент является твердым, всесторонние результаты прогноза, но результаты прогноза не являются надежными. Поэтому точность моделирования и применимые условия трудно справляются с потребностями крупномасштабных сложных метеорологических условий моделей качества воздуха.

Ключевые слова: экология, загрязнители, модели, индекс загрязненности, окружающая среда.

MODELS DESCRIBING THE ENVIRONMENTAL EFFECTS OF POLLUTANT EMISSIONS BY ROAD TRANSPORT

Huang Xindi¹, N.Yu. Yudina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Air pollution is the most serious environmental problem facing most industrial cities in the world and in China. The World Health Organization measured the concentration of sulfur dioxide, nitrogen dioxide and total suspended particulate matter in 272 cities in 53 countries around the world, listing the ten most severely polluted cities in the world. The spatial and temporal distribution of air pollutants depends on various factors such as the meteorological field, the source of emissions, the complex bottom surface of the site, the interplay of physical and chemical processes, and has strong non-linear characteristics [5]. Air quality forecasting is commonly used in the field of statistical forecasting methods, according to long-term monitoring data, the creation of a statistical forecasting model, the model is simple, easy to operate business, but no solid physical foundation, and another numerical forecasting model based on atmospheric physics and material transfer model although the physical foundation is solid, comprehensive forecast results, but the forecast results are not reliable. Already in the 1950s, the system of meteorology of air pollution was gradually formed, the box model, the Gaussian model, the Lagrange model, the Euler model, the dense gas model and other five types of models appeared. The first Gaussian model allows one to obtain a diffusion model of a local small-scale space and make predictions, then, based on the Gaussian model of the study, a modified model is obtained for other reliefs and weather conditions. Therefore, the modeling accuracy and applicable conditions are difficult to cope with the needs of large-scale complex meteorological conditions of air quality models.

Keywords: ecology, pollutants, models, pollution index, environment.

В последние десятилетия бурное экономическое развитие Китая, большое потребление минеральной энергии (особенно угля и нефти) и отсутствие разумных мер по охране окружающей среды на ранних стадиях развития привели к серьезному загрязнению окружающей среды воздухом и водой во многих частях Китая. В 2006 году концентрации диоксида серы, диоксида азота и общего количества взвешенных твердых частиц в атмосфере в 272 городах 53 стран мира, перечислив десять самых серьезно загрязненных городов мира, включая китайские Гуйян, Тайюань, Чунцин, Ланьчжоу, Цзыбо, Пекин, Гуанчжоу, Цзинань и другие 8 городов.

Согласно бюллетеню китайского правительства о состоянии окружающей среды в Китае в 2009 году был опубликован доклад в журнале *Journal of the state of the environment in China*. В 2009 году в 612 городах Китая был проведен мониторинг качества атмосферного воздуха. Результаты показывают, что качество воздуха в 113 из 612 городов, участвующих в мониторинге, улучшилось, а доля городов, отвечающих трехуровневым стандартам качества воздуха Китая, увеличилась на 10 процентных пунктов по сравнению с 2008 годом. Чтобы справиться с экологическими проблемами, Китай постепенно провел прогнозирование качества воздуха в 110 ключевых городах для охраны окружающей

среды. В настоящее время прогноз качества воздуха Китая все еще находится в стадии разработки, каждый город исходит из своей реальной ситуации, независимой разработки определенного уровня системы прогнозирования, использования разнообразных методов и отсутствия единых стандартов.

Система городского окружающего воздуха – это сложная система. Пространственно-временное распределение загрязняющих веществ воздуха зависит от различных факторов, таких как метеорологическое поле, источник выбросов, сложная нижняя поверхность площадки, взаимосвязь физических и химических процессов, и имеет сильные нелинейные характеристики [1, 2]. Прогнозирование качества воздуха обычно используется в области статистических методов прогнозирования, согласно многолетним данным мониторинга, создание статистической модели прогнозирования, модель проста, легка в управлении бизнесом, но отсутствие твердого физического фундамента, а также другая численная модель прогнозирования, основанная на физике атмосферы и модели переноса материала, хотя физический фундамент является твердым, всесторонние результаты прогноза, но результаты прогноза не являются надежными.

Изучение загрязнения воздуха тесно связано с метеорологией, химией атмосферы и другими дисциплинами, образуя новую дисциплину – метеорологию загрязнения воздуха. Уже в 1950–е годы постепенно сформировалась система метеорологии загрязнения воздуха, появились боксовая модель, гауссовская модель, модель Лагранжа, модель Эйлера, модель плотного газа и другие пять типов моделей [3]. Первая гауссовская модель позволяет получить диффузионную модель локального мелкомасштабного пространства и сделать прогнозы, затем на основе гауссовой модели исследования получается модифицированная модель для других рельефов и погодных условий [4]. До сих пор гауссовская модель по-прежнему является основой большинства практических моделей, но ее создание основано на "концентрации загрязняющих веществ в соответствии с гауссовским распределением" при предпосылке предположения, что установление, поэтому точность моделирования и применимые условия трудно справляются с потребностями крупномасштабных сложных метеорологических условий модели качества воздуха. С развитием компьютеров исследование и разработка диффузионной модели загрязнения воздуха в основном осуществляются путем численного решения.

Значение интенсивности движения рассчитывается по формуле:

$$G_n = G_n - 1 + I \quad (1)$$

где G_n – коэффициент интенсивности для суммы текущих типов транспорта;

n – количественный номер типа транспорта;

I – интенсивность текущего типа транспорта.

Затем рассчитываем массу выбрасываемых загрязнителей с учетом окружающей местности, для этого используются коэффициенты окружающей местности.

$$m = 0,0046 * k_z * k_a * k_y * k_w * k_v * k_z * \sum_{n=1}^i k_{v(i)} * G_n \quad (2)$$

где, n – количество исследуемых типов транспорта, i – порядковый номер исследуемого типа транспорта; $k_{v(i)}$ – среднее количество выбросов для текущего вещества по текущему типу транспорту; G_n – коэффициент интенсивности полученный из первой формулы; k_z – коэффициент зависимости величины выбросов от скорости движения транспорта; k_a – коэффициент аэрации местности; k_y – коэффициент уклона поверхности; k_w – коэффициент зависимости от скорости ветра; k_v – коэффициент относительной влажности воздуха; k_p – коэффициент степени заостренности местности.

Для каждого загрязнителя, входящего в состав атмосферного воздуха, рассчитывается концентрация веществ по формуле

$$C = \frac{2M}{225 * Q * W * h * \sqrt{2\pi}} \quad (3)$$

где C = концентрация выбросов загрязняющего вещества г/м³

Q – коэффициент рассеивания для вещества (коэффициент Гаусса)

W – скорость ветра

h – высота источников выбросов

M – масса загрязняющего вещества, полученная из формулы (1).

На заключительном этапе считается In - индекс загрязненности атмосферы (ИЗА):

$$In = \sum_{n=1}^i \left(\frac{C_i}{ПДК_i} * C_i^d \right) \quad (4)$$

где C_i^d – коэффициент класса опасности; ПДК_{*i*} – Предельно допустимая концентрация вещества.

Индекс загрязненности атмосферы позволяет определить количественную величину качественной характеристике и подвести общий вывод загрязненности атмосферы.

После определения модели расчета данных эксперимента, нужно спланировать сам эксперимент. Если использовать полный факторный план в этом случае согласно правилам проведения эксперимента, учитывая сочетания всех

факторов, необходимо как минимум 256 опытов. Число опытов считается согласно формуле (5)

$$N = 2^k, \quad (5)$$

где N – число опытов, k - число факторов (в данном случае это количество загрязнителей).

Поэтому с целью экономии времени и уменьшения объема результатов принято решение минимизировать число опытов с помощью основных положений дробного факторного плана, а именно объединение параметров эксперимента (загрязняющих веществ) по их классу опасности представленном на рисунке 1.

Опасность	Зависимые переменные				Уменьшение числа опытов производилось на основании однородного класса опасности вещества				
	Факторы	Коэффициенты							
3	1 СН	x1	СН	x1	СН*PM*SO	x1,5,6	СН*PM*SO	x1x5x6	=> 16 опытов для оптимального исследования
4	2 CO2	x2	CO2	x2	CO2	x2	CO2	x2	
2	3 NO	x3	NO	x3	NO	x3	NO*Ф	x3x8	
1	4 Рb	x4	Рb*Б	x4,7	Рb*Б	x4,7	Рb*Б	x4x7	
3	5 PM	x5	PM	x5	Ф	x8			
3	6 SO	x6	SO	x6					
1	7 Б	x7	Ф	X8					
2	8 Ф	x8							
	однородный класс опасности								

Рисунок 1 – Уменьшение числа опытов путем объединения параметров

После объединения параметров их число было уменьшено до 4х, отсюда согласно (5) получаются 16 опытов. После этого были выбраны статические данные эксперимента: коэффициенты местности, средняя скорость потока, тип местности и другие, полный список приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Внешние условия эксперимента

Средняя скорость потока (км/ч)	50
Тип местности	Городские улицы и дороги
Угол продольного наклона (в градусах)	2
Скорость ветра (м/с)	4
Влажность воздуха	70
Тип пересечения	Пересечение со светофорами обычное
Удаление от дороги	около 20м
Время суток	День (облачно)
Коэффициент рассеивания загрязнителя	2
Высота источника выбросов (выхлопная труба)	0,3м

Используя метод мультипликативной свертки с учетом условий:

1) Задача многокритериальная, однако, решение и поиск общего критерия состояния загрязненности воздуха, сводится к линейным ограничениям – это следует из алгоритма расчета общей концентрации загрязненности (указан выше)

2) Для каждого типа загрязнителя можно сделать свертку по концентрации загрязнителя и получаем

$$F(x_i) = \frac{\prod_{i=1}^8 f_i^{\alpha_i} (c_1 * x_2^i * x_3^i * x_4^i * c_2)}{\prod_{i=m+1}^8 f_i^{\alpha_i} (2x_1^i)}$$

где, c_1 и c_2 константные величины равные 225 и $\sqrt{2\pi}$, а $x_1^i, x_2^i, x_3^i, x_4^i$ переменные коэффициентов местности и массы выбросов, по факту пересчета по каждому загрязнителю в сумме получится общий объем выхлопа АТС, что требуется найти. Обратная пропорция используется с целью минимизации массы выбросов для каждого вида загрязняющего вещества, что является методом решения поставленной цели работы.

1. После применения метода можно свести решения задачи к однокритериальной, где суперкритерием будет являться переменная, обозначающая общий выхлоп для конкретного транспортного средства.

2. Если во время использования этот метод не даст адекватных результатов решения, то можно с помощью него задача как минимум сведется к однокритериальной.

Следуя указанным предпосылкам, можно сделать вывод, что предварительный выбор метода мультипликативной свертки критериев является наиболее подходящим.

Список литературы

1. Звягинцева, А.В. Информационно-аналитический расчет и построение карт рассеивания загрязняющих веществ при стоянках железнодорожных цистерн с нефтепродуктами / А.В. Звягинцева, А.С. Самофалова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 2. – С. 22-32.

2. Звягинцева, А.В. Моделирование неорганизованных выбросов пыли и газов в атмосферу при взрывных работах на карьерах горно-обогатительных комбинатов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. – 2019. – Т. 12, № 2. – С. 17-25.

3. Юдина, Н.Ю. Анализ современного программного обеспечения по анализу и оценке результатов наблюдений при прогнозировании и выдаче управ-

ляющих решений загрязнения окружающей среды / Н.Ю. Юдина, Н.В. Хальзев // Моделирование систем и процессов. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 58-61

4. Определение концентрации пыли и ее дисперсности в выбросах на асфальтобетонных заводах при решении задачи обеспечения безопасности труда / В.Я. Манохин, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, М.В. Манохин // Моделирование систем и процессов. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 26-32.

5. Звягинцева, А.В. Расчет образования ртутьсодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. – 2019. – Т. 12, № 4. – С. 30-36.