

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ПРОГНОЗ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА ПРИМЕСИ, ЗАГРЯЗНЯЮЩЕЙ АТМОСФЕРУ

М.В. Кузякина

Кубанский государственный университет

В настоящее время значительное число работ посвящено исследованию загрязнения атмосферы промышленными выбросами [1]. Эти исследования, как правило, основаны на анализе математических моделей рассеяния примесей в турбулентной атмосфере, в частности, полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии при заданных для его решения крайних условиях. В рамках этих исследований большое прикладное значение имеют исследования, посвященные анализу и решению обратных задач: определить основные параметры атмосферной диффузии по замерам концентрации примеси в атмосфере.

В частности, задача восстановления функции точечного источника для уравнения диффузии-конвекции в полубесконечном пространстве с граничными условиями третьего рода на подстилающей поверхности по данным многократных измерений концентрации примеси для различных моментов времени, решению которой (методами стохастической фильтрации) посвящена данная работа.

В работе представлены результаты исследований наиболее практически значимой задачи, которая является обратной в рамках математической модели, описывающей процесс рассеяния примеси в атмосфере [2]: определить мощность $Q(t)$ точечного источника непрерывного действия по экспериментально заданным значениям концентрации примеси $q(t, x, y, z)$, основным параметрам вышеупомянутой модели: U , W , K_x , K_y , K_z , и координатами источника $(0, 0, H)$. Предлагается методика численного решения этой задачи, основанная на использовании многошаговой фильтрации Калмана-Бьюси [3].

Решение рассматриваемой задачи об источнике примеси позволяет осуществить создание мобильных экологических станций, осуществляющих оперативный мониторинг окружающей среды. Чрезвычайно актуальной становится проблема создания подобных станций в условиях ЧС, при техногенных авариях и т.п.

Предлагается идея автоматического восстановления и прогнозирования мощности источника загрязнения в виде удобного программного продукта, в котором реализованы новые методы восстановления и прогноза мощности источника примеси, загрязняющей атмосферу.

На предприятиях, осуществляющих выбросы примесей в атмосферу, в большинстве случаев отсутствует учет фактических объемов выброса, либо они умышленно дают ложные (как правило, заниженные) показатели мощности источника выбросов вредных веществ в целях избежать штрафных санкций.

Значения мощности источника выбросов используются в существующих методиках оценки экономического ущерба, причиняемого воздушной среде и подстилающей поверхности выбросами примесей промышленными предприятиями, для оценки прогнозируемой величины предотвращенного ущерба и размеров платежей за выбросы в атмосферу примесей от стационарных источников различного типа [4]. Поэтому важно знать не только значения мощности источника выбросов, но и уметь спрогнозировать его будущие значения. Эти факты указывают на актуальность и практическую значимость результатов анализа указанной задачи.

При восстановлении мощности источника за счет ошибок измерения и ошибок вычисления (например, из-за дискретизации) появляется белый шум. Помехи являются случайными, а не детерминированными, поэтому метод регуляризации А.Н. Тихонова неприменим [5].

Задача восстановления мощности источника может быть решена методом регуляризации А.Н. Тихонова только в случае известного количества примеси на подстилающей поверхно-

сти [6]. К сожалению, использование известных методов не представляется возможным, когда ошибки измерения предполагаются случайными типа белого гауссова шума. Поэтому в данной работе предлагается другая методика численного решения этой задачи, основанная на использовании линейных фильтров Калмана-Бьюси.

Для вычисления значений восстановленной мощности источника $Q(t)$ с помощью ЭВМ разработанный алгоритм реализован в программном продукте «МФКВ» на языке программирования MATLAB C/C++ Math Library 2.2.

Для проверки адекватности алгоритма экспериментальные данные были взяты из отчетов Центра лабораторного анализа и технических измерений по Южному Федеральному округу (ЦЛАТИ по ЮФО), содержащие информацию о выбросах в атмосферу диоксида азота.

Основной недостаток заключается в том, что для определения матрицы ковариаций ошибок и начальных приближений многошаговый фильтр Калмана-Бьюси требует большого объема статистических данных.

Задача оптимальной экстраполяции (прогноза состояния системы) состоит в построении наилучшей в среднеквадратическом смысле оценки будущего состояния системы на отрезке времени $(s, T]$ по результатам наблюдений этой системы, проведенным на отрезке $[0, s]$. Задача была численно решена с помощью многошаговой стохастической фильтрации Калмана-Бьюси [7].

Проведенные многочисленные эксперименты показали, что экстраполяция дает качественный кратковременный прогноз, флуктуирующий вокруг экспериментально заданных значений.

В конце НИОКР планируется получить программный продукт, который прогнозирует мощность источника выброса загрязняющих веществ и визуализирует полученные результаты. Значение мощности источника используются в современных методиках расчета экономического ущерба, причиняемого воздушной среде и подстилающей поверхности выбросами примесей промышленными предприятиями, для оценки прогнозируемой величины предотвращенного ущерба и размеров платежей за выбросы в атмосферу примесей.

Потенциальными потребителями являются мобильные экологические станции; органы, контролирующие предотвращение чрезвычайных ситуаций, а также загрязнение атмосферы выбросами вредных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян А.Е. Моделирование динамики и кинетики газовых примесей и аэрозолей в атмосфере. - М.: Наука, 2008. – 415 с.
2. Семенчин Е.А. Аналитические решения краевых задач в математической модели атмосферной диффузии. Ставрополь: СКИУУ, 1993. – 141 с.
3. Сизиков В.С. Устойчивые методы обработки результатов измерений. Учебное пособие – СПб: СпецЛит, 1999. 240 с.
4. Семенчин Е.А., Кузякина М.В. Методика расчета экономического ущерба, причиняемого воздушной среде выбросами легкой примеси от промышленных предприятий. Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2009, 2(17). – С. 34– 39.
5. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 142 с.
6. Лоскутова Е. О. Прямые и обратные задачи расчета количества примеси, выпадающей на подстилающую поверхность: Дис. канд. физ.-мат. наук: 25.03.09 / Кубанский государственный университет. – Краснодар, 2009. 144 с.
7. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. М.: Высш. шк., 2003. 614 с.