

УДК 505.55.003.572

Е.С.Андасбаев, М.С.Уразова  
Жетысуский государственный университет им. Жансугурова, Казахстан  
д.т.н.; магистр образования  
E.S.Andasbaev, M.S.Urazova  
Zhetysu State University. Zhansugurov, Kazakhstan  
d.t.s.; Master of education

### ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОПРЕДЕЛЕННОМ ВРЕМЕННОМ ИНТЕРВАЛЕ

*В данной работе основное внимание уделяется именно вопросам прогнозирования изменения состояния окружающей среды на определенном временном интервале, с учетом того, что поле концентрации загрязняющих веществ является нестационарным и неоднородным и зависит как от внешних факторов, так и от предыстории развития процесса.*

*Ключевые слова: прогнозирование окружающей среды, определенное время, загрязнение, атмосфера.*

### FORECASTING ENVIRONMENTAL CHANGES AT A CERTAIN TIME INTERVAL

*In this paper we focus on precisely predict environmental changes at a certain time interval, taking into account the fact that the concentration of polluting substances field is non-stationary and non-uniform and depends on external factors, and the previous history of the development process.*

*Keywords: forecasting the environment, the specific time, contamination of the atmosphere.*

Проблемы охраны и управления качеством окружающей среды порождает широкий класс задач, связанных с поиском оптимальных решений при подготовке народнохозяйственных проектов, осуществление которых сопряжено с воздействием на природную среду, а так же при планировании природоохранных мероприятий, требующих управление выбросами действующих промышленных объектов с учетом особенностей гидрометеорологического режима и ограничений санитарного и социально-экономического характера.

В связи с этим в практике хозяйствования особое значение приобретают методы улучшения качества окружающей среды. Выбор управлений, наиболее эффективных с точки зрения природоохранных и производственных критериев, является непростой задачей, решение которой вряд ли возможно без применения метода экономико-эколого-математического моделирования на ЭВМ [1].

Одним из вариантов построения математической модели поля загрязнения атмосферы города с использованием принципа адаптации является метод группового учета аргументов (МГУА). Пример использования МГУА для решения задачи моделирования загрязнения воздушного бассейна рассмотрен в [2], однако возможность прогнозирования изменения концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) во времени здесь не рассматривалась.

Разработанная для этих целей методика построения модели включает несколько шагов.

Сначала строится алгебраическая интерполяционная модель. При этом не накладывается никаких ограничений на количественный и качественный состав предикторов

учитываемых пользователем в модели, т.е. он может самостоятельно решать какие метеопараметра или предикторы иного вида будут использоваться в модели. Более того, пользователю предоставляется возможность формировать новые предикторы на основе имеющихся. Пользователь может так же выбрать вид модели на первом этапе: линейная, степенная, показательная.

Пусть значения концентрации ЗВ  $q$  определяется некоторой функцией  $f(\bar{x}, \bar{p})$ , зависящей от  $\bar{x}$  - вектора пространственных координат и  $\bar{p}$  - вектора метеопараметров, тогда модель линейного вида определяется как:

$$q(\bar{x}, \bar{p}) = a_0 + \sum_{i=1}^3 a_i \cdot x_i + \sum_{j=1}^m a_j \cdot p_j \quad (1)$$

где:  $m$  - количество учитываемых метеопараметров,  $a_i$  и  $a_j$  - коэффициенты модели,  $a_0$  - свободный член;

показательная модель:

$$q(\bar{x}, \bar{p}) = a_0 \cdot \prod_{i=1}^3 a_i^{x_i} \cdot \prod_{j=1}^m a_j^{p_j} \quad (2)$$

и степенная модель:

$$q(\bar{x}, \bar{p}) = a_0 \cdot \prod_{i=1}^3 x_i^{a_i} \cdot \prod_{j=1}^m p_j^{a_j} \quad (3)$$

Таким образом, строится алгебраическая интерполяционная модель, которая служит основой для построения конечно-разностной модели на втором этапе.

При этом район прогнозирования покрывается равномерной прямоугольной сеткой, число узлов которой или шаг по соответствующим координатным осям, задаются пользователем.

При построении, так называемой «точной» конечно-разностной модели, применяется шаблон, определяемый следующим образом:

$$q(t_{+1}, x_0, y_0) = c_0 + c_1 \cdot q(t_0, x_0, y_0) + c_2 \cdot q(t_{-1}, x_0, y_0) + c_3 \cdot q(t_{-2}, x_0, y_0) + \\ + c_4 \cdot q(t_0, x_{-1}, y_0) + c_5 \cdot q(t_0, x_{+1}, y_0) + c_6 \cdot q(t_0, x_0, y_{-1}) + c_7 \cdot q(t_0, x_0, y_{+1})$$

где:  $q(t_i, x_j, y_k)$  – значения концентраций примеси в точке с координатами  $x_j, y_k$ , определяемыми следующим образом:  $x_j = x_0 + j \cdot \Delta x$ ,  $y_k = y_0 + k \cdot \Delta y$ ,  $t_i = t_0 + i \cdot \Delta t$  ( $j, k = -1, 0, +1$ ), ( $i = -2, -1, 0, +1$ ).

Следующим этапом является обработка статистической информации. В качестве внешних критериев селекции могут применяться по выбору пользователя следующие:

$$CS = \frac{\sum_{i=1}^{N_A} (q_{w_i} - \hat{q}_{w/a_i})^2 + (q_{w_i} - \hat{q}_{w/b_i})^2}{\sum_{i=1}^{N_U} q_{w_i}^2} \text{ критерий регулярности на экзамене; (4)}$$

$$RS = \frac{\sum_{i=1}^{N_C} (q_{c_i} - \hat{q}_{c/w_i})^2}{\sum_{i=1}^{N_C} q_{c_i}^2} \text{ - критерий несмещенности; (5)}$$

$$SNS = \frac{\sum_{i=1}^{N_B} (q_{w/b_i} - \hat{q}_{w/b_i})^2}{\sum_{i=1}^{N_B} q_{w_i}^2} \text{ - критерий устойчивости прогноза; (6)}$$

$$i = \frac{\sum_{i=1}^{N_B} (q_{b_i} - \hat{q}_{b/w_i})^2}{\sum_{i=1}^{N_b} q_{b_i}^2} - \text{и два комбинированных критерия. (7)}$$

1. несмещенность + регулярность:  $\sqrt{SNS + RS}$  (8)

2. несмещенность + устойчивость:  $\sqrt{SNS + i}$  (9)

Здесь используются следующие обозначения:

$N_C$  - число точек в подмножестве экзаменационных точек  $C$ ;  $N_B$  - число точек в подмножестве проверочных точек  $B$ ;  $N_A$  - число точек в подмножестве обучающих точек  $A$ ; при этом выполняется равенство  $N = N_A + N_B + N_C$ ,  $N$  - число точек исходного множества наблюдений  $F$ ,  $F = A \cup B \cup C$ ; объединение подмножеств  $A \cup B$  составляет выборку ( $W$ ) объемом  $NW = NA + NB$ ;  $q_{wi}$  - значение концентрации ЗВ полученное в результате наблюдения,  $q_{wi} \subset W$ ,  $i = 1..NW$ ;  $q_{ai}$  - значение концентрации ЗВ полученное в результате наблюдения,  $q_{ai} \subset A$ ,  $i = 1..NA$ ;  $q_{bi}$  - значение концентрации ЗВ полученное в результате наблюдения,  $q_{bi} \subset B$ ,  $i = 1..NB$ ;  $q_{ci}$  - значение концентрации ЗВ полученное в результате наблюдения;  $q_{ai} \subset C$ ,  $i = 1..NC$   $\hat{q}_{w/a_i}$  - значение концентрации ЗВ рассчитанное для точек выборки  $W$  по модели коэффициенты которой определялись по точкам выборки  $A$ ;  $\hat{q}_{w/b_i}$  - значение концентрации ЗВ рассчитанное для точек выборки  $W$  по модели коэффициенты которой определялись по точкам выборки  $B$ ;  $\hat{q}_{c/w_i}$  - значение концентрации ЗВ рассчитанное для точек выборки  $C$  по модели коэффициенты которой определялись по точкам выборки  $W$ .

В процессе работы алгоритма МГУА осуществляется селекция частных описаний, состоящих из всех возможных комбинаций предикторов и отбор лучшего частного описания относительно критерия отбора выбранного пользователем (4)- (9).

Алгоритм селекции можно представить следующим образом:

- 1) формирование частного описания как комбинации предикторов;
- 2) оценка коэффициентов частного описания по МНК;
- 3) определение значения критерия селекции;
- 4).если значения критерия селекции меньше, чем для предыдущего частного описания, то данное частное описание становится оптимальным по данному критерию, иначе оптимальным считается предыдущее частное описание;
- 5) если перебор всех частных описаний закончен, то завершение работы алгоритма, иначе переход к шагу (1).

Таким образом, у пользователя имеется возможность влиять на процесс построения модели на всех этапах.

Изложенная методика реализована в виде прикладной программы, позволяющей произвести построение прогностической модели поля загрязнения атмосферы.

В результате работы программы была построена алгебраическая интерполяционная модель следующего вида:

$$q(x', y', v) = 2,8337 \cdot 1,0135^{-(x')^2} \cdot (7 - y')^{2,037} \cdot -0,3^v \cdot e^{0,997 \cdot (7 - y')}$$

на основе, которой были получены две оптимальные по симметричному критерию стабильности конечно-разностные модели:

1) значение критерия: 0,006477

значение СКО: 0,0512

$$q(t_{+1}, x_0, y_0) = -0,2322 + 21,54 \cdot q(t_0, x_0, y_0) + 0,425 \cdot q(t_{-1}, x_0, y_0) - 0,172 \cdot q(t_{-2}, x_0, y_0) - 2) - 1,044 \cdot q(t_0, x_{-1}, y_0) - 0,657 \cdot q(t_0, x_{+1}, y_0) - 9,66 \cdot q(t_0, x_0, y_{-1}) - 9,457 \cdot q(t_0, x_0, y_{+1})$$

значение критерия: 0,006708

значение СКО: 0,0526

$$q(t_{+1}, x_0, y_0) = -0,631 + 0,87 \cdot q(t_0, x_0, y_0) + 0,434 \cdot q(t_{-1}, x_0, y_0) - 0,139 \cdot q(t_{-2}, x_0, y_0) - \\ - 0,227 \cdot q(t_0, x_{-1}, y_0) + 0,106 \cdot q(t_0, x_{+1}, y_0) - 0,007 \cdot q(t_0, x_0, y_{-1})$$

В заключении следует отметить, что предлагаемая методика и реализованный на ее основе программный модуль позволяют произвести построение прогностической модели поля загрязнения атмосферы. Применение алгоритмов МГУА делает возможным гибкий, оптимальный по указанному пользователем критерию выбор структуры модели и входящих в нее предикторов. Программа, реализующая эти две методики, может быть легко приспособлена для построения моделей подобного класса и для других сред (например: вода и почва), что является предпосылкой для создания единой унифицированной системы построения прогностических моделей загрязнения окружающей среды.

### Литература:

- 1 Ивахненко А.Г., Коппа Ю.В., Грошков А.Н. Синтез комбинированной модели поля загрязнения атмосферы города по экспериментальным данным. - М.: Автоматика, 1984. ©б. -С.21-29.
- 2 Палюх Б.В., Ветров А.Н. Использование методов математического моделирования в системе мониторинга безопасности городского хозяйства // Научная конференция, посвященная 70-летию со дня рождения академика В.А. Мельникова, Москва 19-22 февр. - 1999 г.: Сборник докладов. - М.: Научный Фонд «Первая Исследовательская Лаборатория имени академика В.А. Мельникова», 1999. - С. 203-204.