

РАНЖИРОВАНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ЗОН ТЕРРИТОРИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЕДИНИЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В.Л. Колесников¹, О.В. Герман², П.П. Урбанович¹

¹ – Кафедра информатики и вычислительной техники, Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова 13а, Минск, 220630, БЕЛАРУСЬ, тел. (37517)227-43-76, e-mail: kolesnikov@ivt.bstu.unibel.by

² – Кафедра информационных технологий автоматизированных систем, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, ул. П.Бровки,6, Минск, 220600, БЕЛАРУСЬ, тел. (37517)227-43-76, e-mail: ovgerman@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Предлагается методика идентификации и ранжирования степени виновности экологического нарушителя из совокупности подозреваемых объектов по результатам единичных замеров состояний воздушной среды промышленного региона.

1. ВВЕДЕНИЕ

Пусть на некоторой территории расположены источники промышленного загрязнения $I_1, I_2, \dots, I_n$, а в выделенной локальной зоне этой территории Z , произведены замеры концентрации загрязняющих веществ, представленных вектором $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$. Допускается, что некоторые или даже все результаты измерений окажутся выше ПДК. Требуется установить виновников загрязнения окружающей среды в выделенной зоне и степень их вины.

Задачу будем решать при следующих условиях:

- известны объемы и мощности газозагрязняющих выбросов каждого загрязняющего вещества из каждого источника загрязнения;
- имеется модель рассеивания вредных примесей в приземных слоях атмосферы;
- количество измерений должно быть не менее одного, причем, чем больше измерений, тем точнее будет осуществлена экологическая инспекция.

В результате будут вычислены некоторые оценки $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$, определяющие систему предпочтений в установлении виновника, при этом $\sum \beta_i = 1$ и если $\beta_p > \beta_s$, то объективно вина источника I_p оценивается выше, чем I_s .

2. ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЭТАПОВ ЕЕ РЕШЕНИЯ.

Допустим, что на территории города за счет функционирования промышленных предприятий может возникнуть n кластеров (доменов, зон) с различной степенью загрязнения, характеризующихся векторами концентраций $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$, создаваемыми $I_1, I_2, \dots, I_n$ источниками загрязнения. Пусть $P(\omega_i / x)$ - условная вероятность того, что наблюдаемый вектор x относится к домену ω_i . В силу теоремы Байеса получим:

$$P(\omega_i / x) = \frac{P(\omega_i) \cdot P(x | \omega_i)}{P(x)} \quad (1)$$

где $P(x)$ - вероятность фактического наблюдения вектора x с данными значениями концентраций загрязняющих веществ,

$P(\omega_i)$ - априорная вероятность того, что виновник загрязнения – домен ω_i ,

$P(x | \omega_i)$ - вероятность того, что домен ω_i мог привести к появлению вектора x ;

ω_i - идентификатор домена.

Рассматриваются следующие домены:

ω_0 – ни один из источников не является виновником;

ω_1 – 1-й источник виновен, остальные – нет;

.....

ω_m – m -й источник виновен, остальные – нет;

ω_{m+1} – 1-й и 2-й источники виновны, остальные нет;

.....

ω_n – все n источников виновны.

Введем штрафную оценку

$$r_j(x) = \sum_{i=0}^n L_{ij} \cdot P(\omega_i | x) \quad (2)$$

где L_{ij} – штраф, который следует заплатить за ошибочную классификацию виновника I_i вместо фактического I_j .

С учетом (1) перепишем (2) в виде

$$r_j = \frac{1}{P(x)} \sum_{i=0}^n L_{ij} \cdot P(\omega_i) \cdot P(x | \omega_i)$$

Теперь, приняв $L_{kk} = 0$ и $L_{ij} = L_{ji} = 1$ (для всех $i, j, i \neq j$), получим окончательно

$$r_j = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n P(\omega_i) \cdot P(x | \omega_i) \quad (3)$$

Формула (3) служит основой для принятия решений.

Введя соотношение

$$\beta_j = \frac{r_j}{\sum_{i=1}^n r_j} \quad (4)$$

можно утверждать, что наименьшему значению β_i будет соответствовать источник с наименьшим подозрением на виновность.

Применение формулы (3) потребует нескольких упрощающих допущений.

Во-первых, будем считать, что при условии соблюдения технологического регламента источником I_i измерение концентрации в зоне Z не может указать на нарушение экологических норм.

Во-вторых, предельные распределения значений концентраций газо-воздушных выбросов от каждого источника загрязнения должны подчиняться многомерному нормальному закону.

Априорную вероятность $P(\omega_i)$ того, что виновником загрязнения является источник I_i , можно определить на основе теории выбора многокритериальных решений с использованием функции полезности [6 - 11].

Для оценки вероятности $P(x | \omega_i)$ необходимо определить $P(x)$, вероятность фактического наблюдения вектора x , значимо не отличающегося от результатов расчета рассеивания вредных примесей в атмосфере, что повлечет за собой необходимость спланировать специальный вычислительный

эксперимент с построением информационной сети через проективные геометрии и поля Галуа [2 - 5].

Таким образом, расчет сводится к определению членов формулы (3). Для определения множителей $P(\omega_i)$ используется техника многокритериальной оценки на основе процедуры Саати [1], где в качестве альтернатив рассматриваются домены ω_i , а критериями являются факторы, обуславливающие априорные значения $P(\omega_i)$. Для оценки значений $P(x | \omega_i)$ проводится серия вычислительных экспериментов, целью которых является получение математического ожидания и среднеквадратического отклонения векторов загрязнений в домене ω_i .

3. ОЦЕНКА $P(\omega_i)$ АПРИОРНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ ТОГО, ЧТО ВИНОВНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ - ДОМЕН ω_1

Значение искомой вероятности можно получить путем математической обработки экспертных оценок специалистов с привлечением теории многокритериальных решений и функции полезности.

Значения d_{ij} частных функций полезности, присваиваемые экспертами каждому предприятию, могут располагаться в диапазоне [0, 1]. Чем d_{ij} ближе к единице, тем, по мнению эксперта, вероятнее соответствие факта нарушения j -го критерия i -му предприятию.

Для выявления возможного предприятия - нарушителя выбраны следующие критерии:

T_1 - степень устарелости технологии и оборудования на i -ом предприятии,

T_2 - склонность к экологическим нарушениям в прошлом на i -ом предприятии,

T_3 - соответствие характера экологического нарушения типу технологического процесса на i -ом предприятии,

T_4 - недостаточность административных мер для повышения ответственности за экологические нарушения на i -ом предприятии.

Для получения обобщенной, комплексной оценки вероятности по p критериям одновременно необходимо определить коэффициенты δ_j , характеризующие значимость, приоритеты (статистические веса) каждого критерия. Для этой цели используется алгоритм Саати, по которому строится матрица приоритетов Δ :

Для каждой строки находим

$$\Lambda_{si} = \prod_{j=1}^p \delta_{sj} \quad (5)$$

Откуда

$$\mu_s = \frac{\Lambda_s}{\sum_{i=1}^p \Lambda_s} \quad (6)$$

Найденные значения статистических весов считаются согласованными, если выполняется условие Саати [1]:

$$0 \leq \frac{(\lambda_{\max} - p)/(n-1)}{x} \leq 0,2 \quad (7)$$

$$\text{где } \lambda_{\max} = \sum_{j=1}^p \mu_j \cdot \sum_{i=1}^p \delta_{ij}$$

Размер матрицы	1	2	3
x	0	0	0,58
Размер матрицы	4	5	6
x	0,90	1,12	1,24
Размер матрицы	8	9	10
x	1,41	1,45	1,49

Обобщенную оценку вероятности виновности источника I_i можно вычислить по формуле:

$$q(I_i) = \left(\prod_{j=1}^p d_{ij}^{\mu_j} \right)^{1/\sum_{j=1}^p \mu_j} \quad (8)$$

где p - количество обобщаемых признаков;

d_{ij} - частные функции полезности i -го объекта по j -му критерию;

μ_j - статистический вес (важность) j -го критерия ($0 \leq \mu_j \leq 1$).

Величины $q(\dots)$ используются следующим образом. Находим, например, $P(\bar{\omega}_R)$ - оценку априорной вероятности того, что виновны источники 1, 2, а остальные четыре источника - нет: $P(\bar{\omega}_R) = q(1) \cdot q(2) \cdot (1 - q(3)) \cdot (1 - q(4)) \cdot (1 - q(5)) \cdot (1 - q(6))$.

Отметим, что эта и подобные формулы получаются из общей формулы Бернулли для вероятности сложного события.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ $P(x)$ - ВЕРОЯТНОСТИ ФАКТИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ВЕКТОРА $|x|$, ЗНАЧИМО НЕ ОТЛИЧАЮЩЕГОСЯ ОТ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА РАССЕИВАНИЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ ОТ ИСТОЧНИКА I_r .

Этапами формирования информационной сети являются составление групп координат вершин связок плоскостей на бесконечности, а также решение проблемы упаковки ортогональных таблиц [2 - 5].

Решение проблемы упаковки ортогональной таблицы производится путем умножения и сложения элементов поля Галуа в кольце классов вычетов по модулю S в соответствии с координатами вершин связок плоскостей на бесконечности (генераторов информационной сети).

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕКТОРОВ $|m_i|$ ОЦЕНОК ВОЗДЕЙСТВИЯ ИСТОЧНИКА I_i НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.

Каждый источник загрязнения характеризовался по следующим параметрам:

- координата X i -го источника загрязнения;
- координата Y i -го источника загрязнения;
- высота i -го источника загрязнения;
- диаметр устья устройства выброса i -го источника загрязнения;
- нижняя и верхняя границы диапазона значений объема выбрасываемой газовой воздушной смеси;
- нижняя и верхняя границы диапазона значений мощности выброса j -го загрязняющего вещества i -го источника загрязнения.

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ от одиночного источника с круглым устьем для выброса нагретой газовой воздушной смеси при неблагоприятных метеорологических условиях, расстояния, на котором эта концентрация достигается, а также расчеты приземной концентрации в любой точке территориального прямоугольника в зависимости от координат X и Y осуществлялись по стандартной лицензионной методике ОНД - 86.

6. ОЦЕНКА $P(x/\omega_i)$, ВЕРОЯТНОСТИ ТОГО, ЧТО ИСТОЧНИК I_i МОГ ПРИВЕСТИ К

ЗАГРЯЗНЕНИЮ ВЫДЕЛЕННОЙ ЗОНЫ ТЕРРИТОРИИ

Предельные распределения значений концентраций загрязняющих веществ от каждого источника загрязнения должны подчиняться многомерному нормальному закону:

$$P(x/\omega_i) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{m}{2}} \cdot |c_i|^{\frac{1}{2}}} \cdot e^{-\frac{1}{2}(x-m_i)^T \cdot c_i^{-1} \cdot (x-m_i)}$$

где: m_i - вектор математических ожиданий концентраций загрязняющих веществ от источника I_i ,

m - размерность вектора x

c_i - ковариационная матрица векторов концентраций загрязняющих веществ,

c_i^{-1} - обратная матрица c_i ,

$|c_i|$ - определитель матрицы c_i

Для определения элементов ковариационной матрицы используется соотношение:

$$c_{kl} = \left(\frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} x_k^j \cdot x_l^j \right) - m_k \cdot m_l \quad (10)$$

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ПЛАНОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ПО МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.А.Широченко, Т.Л.Улащик,

Кафедра Экономическая информатика, Могилевский государственный технический университет, пр. Мира 43, Могилев, БЕЛАРУСЬ, тел. (0222)39-58-60

Разработана программная система для расчета прогнозных показателей развития строительной отрасли на основании сведений об обеспеченности строительных предприятий ресурсами и их оптимального распределения для выполнения запланированного уровня строительства жилья. Анализ проводится с использованием экономико-математических и статистических методов

Жилищное строительство является одним из важнейших социальных приоритетов в Республике Беларусь в связи с наблюдающимся в последние годы обострением жилищной проблемы. В первую очередь это связано с недостаточной обеспеченностью строительных организаций республики и области ресурсами и

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны теоретические основы методики определения виновников промышленного загрязнения выделенных зон территории по результатам единичных измерений качества окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

- [1].Т. Саати, К.Кернс. Аналитическое планирование. -М.: Радио и связь, 1991
- [2].John J. A. Generalized cyclic designs in factorial experiments. - *Biometrika*, 1973, v. 60, S. 55 - 63.
- [3].S. Vajda. Patterns and configurations in finite spaces. - Griffin's Statistical Monographs and Courses, № 22. N. Y., Hafner Publ. Co., 1967.
- [4].Карташова Т.М., Штаркман Б.П. Обобщенный критерий оптимизации - функция желательности. В сб.: Информационные материалы Научного совета по комплексной проблеме "Кибернетика" АН СССР, вып. 8 (45), 1970, с. 55.
- [5].Штаркман Б.П., Карташова Т.М., Монич И.М., Разиская И.Н. Применение функции желательности для комплексной оценки качества суспензионного полиметилметакрилата// *Пластмассы*. 1969. - №1 - С. 61-63

неоптимальным их распределением в сфере строительства.

Для обеспечения высокого качества возводимых объектов, необходимых темпов строительства строительного-монтажные организации (СМО) должны быть в достаточном объеме обеспечены ресурсами: материальными, финансовыми, трудовыми. Однако на практике наблюдается постоянное снижение объемов производимых строительных материалов, предоставляемых денежных средств, среднесписочной численности работающих в строительных организациях (Рис.1), устаревает парк строительных машин [1].

Вследствие этого наблюдается свертывание объемов жилищного строительства, что можно