ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 9359— 2007

КАЧЕСТВО ВОЗДУХА

Метод расслоенной выборки для оценки качества атмосферного воздуха

ISO 9359:1989
Air quality — Stratified sampling method for assessment of ambient air quality
(IDT)

Издание официальное

БЗ 8—2006/191

Москва
Стандартинформ
2008

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0 — 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ОАО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 457 «Качество воздуха»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 ноября 2007 г. № 334-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 9359:1989 «Качество воздуха. Метод расслоенной выборки для оценки качества атмосферного воздуха» (ISO 9359:1989 «Air quality — Stratified sampling method for assessment of ambient air quality»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении С

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2008

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Обозначения 2
5 Принципы расслоения 3
6 Требования к измерениям 4
7 Методы расчета 6
Приложение А (справочное) Математические формулы 7
Приложение В (справочное) Примеры использования расслоенной выборки 9
Приложение С (справочное) Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным (региональным) стандартам 15
Библиография 16

Введение

Качество атмосферного воздуха в конкретном месте или регионе обычно изменяется со временем, и это изменение обусловлено рядом факторов, в частности метеорологическими условиями, топографией местности и особенностями выбросов.

В подобных обстоятельствах может потребоваться проведение большого числа измерений в течение длительного времени для того, чтобы охватить достаточно широкий диапазон условий. Расслоенная выборка является одним из методов, позволяющих уменьшать число измерений, необходимых для оценки конкретных характеристик качества атмосферного воздуха. Этот метод был применен, например, при наблюдениях за качеством атмосферного воздуха и уровнем шумов [1] (см. примеры, приведенные в приложении В).

Основной целью расслоения является получение расслоенной выборки, позволяющей уменьшить число измерений, необходимых для получения результатов с требуемой точностью, или повысить точность результатов без увеличения числа измерений.

Для этого необходима информация об условиях, которые, вероятно, приводят к высоким, низким или промежуточным значениям рассматриваемой характеристики качества атмосферного воздуха на исследуемой территории. Эту информацию используют для разработки схемы расслоения, которая позволяет общее число проведенных измерений распределить между разными слоями так, чтобы дисперсия значений характеристики качества воздуха в пределах заданного слоя была меньше по сравнению с общей дисперсией.

Надежность выбранной схемы расслоения зависит от объема и достоверности исходных данных, включая данные по источникам выбросов и воздействиям топографии местности и метеорологических условий на рассеяние веществ в атмосфере. Использование результатов предварительных измерений или специально организованных предварительных наблюдений может быть исключительно полезно при выборе слоев [2] так же, как и применение моделей качества атмосферного воздуха. При расслоении могут быть использованы данные, полученные на существующих постах контроля качества атмосферного воздуха, имеющих представительное расположение для контролируемой территории.

В настоящем стандарте установлены основные принципы, применяемые для выбора достоверной схемы расслоения. В приложении А приведены математические формулы для проведения расчетов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЧЕСТВО ВОЗДУХА

Метод расслоенной выборки для оценки качества атмосферного воздуха

Air quality.
Stratified sampling method for assessment of ambient air quality

Дата введения — 2008—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод оценки конкретных характеристик качества атмосферного воздуха через процентили и средние значения распределения частот измерений характеристик качества атмосферного воздуха (далее — средние) с использованием принципа расслоенной выборки.

Расслоенную выборку получают путем оценивания процентилей и средних. Применение оценки средних ограничено случаями, когда могут быть сделаны конкретные предположения относительно распределения частот характеристики качества атмосферного воздуха с использованием исходных данных или когда имеется возможность проведения достаточного числа статистически независимых измерений (ИСО 2854 и ИСО 2602).

Результаты измерений могут быть использованы для оценки качества атмосферного воздуха в ходе предварительного измерения. (Продолжительность периода измерения по ИСО 7168). Путем использования информации о большой вероятности попадания значения характеристики качества воздуха в пределы конкретного слоя может быть получена оценка качества воздуха для длительного периода с использованием одной и той же базы данных.

Таким образом, хотя метеорологические условия оказывают сильное воздействие на концентрацию и распределение в воздухе загрязняющих веществ, расслоенная выборка позволяет получить результаты для длительного периода, которые не зависимы от реальных метеорологических условий, преобладающих в течение интервала времени измерения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ИСО 2602:1980 Статистическое представление результатов испытаний. Оценка среднего. Доверительный интервал

ИСО 2854:1976 Статистическое представление данных. Методы оценки и проверки гипотез о средних значениях и дисперсиях

ИСО 7168-1:1999 Качество воздуха. Представление данных. Часть 1. Развернутый формат представления данных

ИСО 7168-2:1999 Качество воздуха. Представление данных. Часть 2. Сокращенный формат представления данных

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **квантиль** (quantile): Значение случайной величины x_p, для которого функция распределения принимает значение p ($0 \le p \le 1$) или ее значение изменяется скачком от меньшего p до превышающего p.

Издание официальное

Примечания

1 Если значение функции распределения равно p во всем интервале между двумя последовательными значениями случайной величины, то любое значение в этом интервале можно рассматривать как p-квантиль.

2 Величина x_p будет p-квантилем, если

$$Pr(X < x_p) \le p \le Pr(X \le x_p).$$

3 Для непрерывной величины p-квантиль — это то значение переменной, ниже которого лежит p-я доля распределения.

4 Процентиль (percentile) — это квантиль, выраженный в процентах.

3.2 **расслоенная выборка [проба]** (stratified sampling): В совокупности, которую можно разделить на различные взаимно исключающие и исчерпывающие подсовокупности, называемые слоями, отбор, проводимый таким образом, что в выборку [пробу] отбирают определенные доли от разных слоев и каждый слой представляют хотя бы одной выборочной единицей.

[ИСО 3534-1:93].

3.3 **слой**[1] (stratum): Исчерпывающая подсовокупность, выбранная из совокупности, более однородная относительно исследуемых показателей, чем вся совокупность.

4 Обозначения

f — взвешенная доля значений f_i.

f_+ — верхняя граница доверительного интервала для взвешенной доли.

f_- — нижняя граница доверительного интервала для взвешенной доли.

f_i — доля i-го слоя, включающего значения меньше (или больше) заданного значения.

k — число слоев.

n — общее число измерений.

n_i — число измерений в i-м слое.

m_i — число измерений, имеющих значение, меньше заданного значения в i-м слое.

P_i — процент i-го слоя, включающего значения меньше (или больше) заданного значения ($P_i = 100\ f_i$).

$s^2(f)$ — оценка дисперсии f.

$s^2(\bar{x})$ — оценка дисперсии $\bar{x}$.

$s_i^2(f_i)$ — оценка дисперсии f_i.

$s_i^2(x_{ij})$ — оценка дисперсии x_{ij}.

$t_{\nu;1-\alpha}$ — табулированное значение t-распределения для одностороннего критерия на уровне значимости α для ν (значение t-распределения см. ИСО 2602).

$u_{1-\alpha}$ — табулированное значение стандартизованного нормального распределения для одностороннего критерия на уровне значимости α.

$\bar{\bar{x}}$ — взвешенное среднее значений $\bar{x}_i$.

$\bar{\bar{x}}_+$ — верхняя граница доверительного интервала для взвешенного среднего.

$\bar{\bar{x}}_-$ — нижняя граница доверительного интервала для взвешенного среднего.

$\bar{x}_i$ — среднеарифметическое результатов измерений в i-м слое.

x_{ij} — j-е измерение в i-м слое.

w_i — вероятность появления i-го слоя, заданная через весовой коэффициент.

X_P — процентиль; квантиль.

α — уровень значимости.

$1-\alpha$ — доверительный интервал.

Δ — доверительные границы погрешности результата измерений.

μ — среднее для совокупности.

μ_i — среднее в i-м слое.

ν — число степеней свободы.

$\sigma_i^2(f_i)$ — дисперсия f_i.

$\sigma_i^2(x_{ij})$ — дисперсия x_{ij}.

---

[1] Под слоем не следует понимать слой атмосферы.

5 Принципы расслоения

Схема расслоения должна быть разработана таким образом, чтобы средние слоев μ_i отличались друг от друга, а дисперсии были меньше, чем дисперсия всей совокупности. Вероятность появления каждого слоя w_i должна быть известна заранее (см. 5.1 — 5.6). Для вычисления окончательных результатов необходимо использовать весовые коэффициенты w_i, относящиеся к периоду времени, для которого проводится оценка качества атмосферного воздуха.

Если необходима оценка для длительного периода времени, основанная на данных относительно коротких интервалах времени измерений, то для оценки должны быть использованы весовые коэффициенты w_i, соответствующие долгосрочной ситуации, а не весовые коэффициенты w_i, соответствующие интервалу времени измерений. Например, возможно использование этого метода для получения будущих оценок качества атмосферного воздуха, что может потребоваться в связи с ожидаемыми повышениями интенсивности транспортного потока, и тогда следует использовать спрогнозированные весовые коэффициенты w_i.

Часто весовые коэффициенты w_i имеют некоторую неопределенность, влияние которой на рассчитанные процентили и средние необходимо определять, используя формулы А.6 и А.7 (см. приложение А).

Для проведения удовлетворительного расслоения требуется исходная информация о значениях рассматриваемой характеристики качества атмосферного воздуха в отношении тех факторов, которые влияют на нее или являются ее следствием. Эту информацию используют для оценки μ_i, σ_i и w_i. Факторами, на основании которых обычно получают эту информацию, являются изменение выбросов во времени или в пространстве, перенос и рассеяние веществ в атмосфере, взаимосвязь загрязнителей атмосферного воздуха и влияния рассматриваемого загрязнителя на окружающую среду. Примеры использования этих факторов при разработке схемы расслоения приведены ниже.

5.1 Особенности выбросов

Для некоторых выбросов характерно изменение во времени или в пространстве.

Примеры

1 Выбросы диоксида серы (SO_2) и других продуктов сгорания, образующихся при сжигании топлива для отопления помещений, имеют сильные сезонные колебания. Если учет сезонных колебаний влияет на оценку качества атмосферного воздуха, то могут быть сформированы слои, соответствующие различным сезонам, например лету и зиме.

2 Выбросы выхлопных газов транспортного потока обычно имеют сильное суточное колебание; их источник может рассматриваться как линейный в случае автомагистрали или как площадной в случае городской территории. Если содержание свинца, взвешенного в воздухе, было оценено вблизи автострады, то слои формируют с учетом расстояния от автострады и времени дня по отношению к периодам пика транспортного потока. Для оценки содержания монооксида углерода на городской территории расслоение проводят с учетом влияния пространственных и временных факторов на рассеяние выбросов.

5.2 Перенос и рассеяние веществ в атмосфере

При выборе критериев схемы расслоения, разрабатываемой с учетом переноса и рассеяния загрязнителей воздуха в атмосфере, необходимо решить, является ли дальний перенос загрязнителей воздуха, управляемый синоптическими факторами, а именно близлежащими источниками, метеорологическими условиями и топографией, основным влиянием на рассматриваемую характеристику качества атмосферного воздуха. Схема расслоения может быть разработана с учетом следующих факторов:

- топографии местности;
- температуры воздуха;
- скорости и направления ветра;
- устойчивости атмосферы;
- высоты перемешивания;
- солнечной радиации;
- типа погодных условий;
- типа воздушных масс

или результатов моделирования рассеяния. Моделирование с использованием данных о выбросах и метеорологических условиях позволяет прогнозировать влияние пространственных и временных факторов на качество атмосферного воздуха, что может быть использовано для разработки схем расслоения.

Примеры

1 При рассмотрении влияний на единственный источник выбросов, находящийся на некотором расстоянии от контролируемой территории, может быть полезна разработка схемы расслоения с учетом скорости и направления ветра (см. В.1).

2 Оценка качества атмосферного воздуха может потребоваться в воздушном бассейне промышленно-городской территории с несколькими источниками выбросов. В данном случае рассматривают ряд условий, например устойчивость атмосферы, сезонные колебания, скорость и направление ветра, на основе которых может быть разработана схема расслоения (см. В.2).

3 Если содержание монооксида углерода (CO) необходимо оценить на улице с высокими зданиями, например в центральной части большого города, то схема расслоения может быть разработана с учетом скорости, направления ветра и времени суток (см. 5.1, пример 1).

4 При оценке содержания окислителей к хорошим результатам приводит схема расслоения, разработанная с учетом интенсивности солнечной радиации, направления ветра и температуры.

5 При оценке содержания загрязнителей воздуха межрегионального или дальнего переноса при разработке схемы расслоения может быть использована концепция переноса воздушных масс.

5.3 Взаимосвязь загрязнителей атмосферного воздуха

Некоторые характеристики качества атмосферного воздуха являются показателями погодных условий или взаимосвязаны с другими рассматриваемыми характеристиками качества воздуха. Концентрации некоторых загрязнителей атмосферного воздуха могут быть коррелированны, и тогда расслоенную выборку для рассматриваемого загрязнителя воздуха получают на основе уровня содержания индикаторного загрязнителя.

Пример — Концентрации рассматриваемого загрязнителя атмосферного воздуха, измеренные, например, на стационарном посту непрерывного контроля, могут быть использованы для формирования слоев, в пределах которых может быть получена случайная выборка (см. В.3).

5.4 Влияние загрязнителей воздуха на окружающую среду

Влияние загрязнителей атмосферного воздуха на окружающую среду может послужить основой для разработки схемы расслоения.

Примеры

1 Влияние загрязненности атмосферного воздуха на рост растений и зерновых культур может послужить основой для разработки схемы расслоения с учетом площади распространения или времени влияния.

2 Основой для разработки схемы расслоения также может быть частота появления жалоб населения о запахах.

3 Периоды посадки и роста (растений).

5.5 Предварительные наблюдения

Если невозможно разработать схему расслоения на основе существующего знания о качестве атмосферного воздуха и факторах, обусловленных его изменением на контролируемой территории, то необходимо организовать предварительное наблюдение за качеством атмосферного воздуха или выполнить расчеты с использованием моделей качества воздуха, основанных на расслоении.

5.6 Модели качества атмосферного воздуха

Для разработки схемы расслоения могут быть использованы модели качества атмосферного воздуха, в которых для прогнозирования влияния пространственных и временных факторов на качество атмосферного воздуха используются данные по выбросам и метеорологическим условиям.

6 Требования к измерениям

6.1 Число слоев и число измерений в каждом слое

После определения критерия для разработки схемы расслоения решают, сколько потребуется слоев и сколько измерений необходимо проводить в пределах каждого слоя для достижения доверительной вероятности, заданной при оценке качества атмосферного воздуха.

Опыт применения расслоенной выборки показал, что уменьшение дисперсии, наблюдаемое при увеличении числа слоев k, в дальнейшем прекращается и обычно достаточно, чтобы k равнялось 2, 3 или 4.

Если вероятность w_i и оценка дисперсии для каждого слоя s_i^2 известны из исходных данных (см. 5.1 — 5.4) или предварительных наблюдений (см. 5.5), то общее число измерений n для заданных доверительных границ погрешности результата измерений Δ вычисляют по формуле

$$n = \left(\frac{2t_{\nu;1-\alpha}}{\Delta} \right)^2 \left(\sum_{i=1}^{k} w_i s_i \right)^2 . \quad (1)$$

По теории расслоенной выборки, если общее число измерений определено, то их можно распределять по различным слоям так, чтобы достичь минимальной дисперсии результатов, рассчитываемой для совокупности.

Если определено среднеарифметическое результатов измерений в i-м слое, то оптимальное распределение измерений по слоям достигается при

$$n_i = n \frac{w_i s_i}{\sum_{i=1}^{k} w_i s_i} . \quad (2)$$

Если определены доли f_i, то n_i вычисляют по формуле

$$n_i = n \frac{w_i \sqrt{f_i(1-f_i)}}{\sum_{i=1}^{k} w_i \sqrt{f_i(1-f_i)}} . \quad (3)$$

В конкретном слое следует выполнять большое число измерений, если велика вероятность появления этого слоя w_i или велика дисперсия, заданная через s_i^2 или $f_i(1—f_i)$. Для точного расчета числа измерений n_i в i-м слое необходимо знать w_i и σ_i (или f_i). Поскольку весовые коэффициенты w_i могут быть установлены перед началом измерений, то вероятно по σ_i (или f_i) имеется мало информации или она отсутствует. Рекомендуется уточнять n_i по мере проведения измерений, рассчитав s_i (или f_i) и подставив их в формулы (2) или (3).

Примечание — Справедливость некоторых формул, приведенных в приложении А, будет зависеть от числа измерений, сделанных в пределах конкретного слоя. Для применения формулы (А.9) необходимо, чтобы $n_i > 15$, поскольку она основана на приближенном значении биномиального критерия; если это условие не выполняется, используют более точную теорию. Формула (А.10), задающая границы доверительного интервала для взвешенного среднего, справедлива при $n_i > 5$. Если распределение частот характеристики качества воздуха в i-м слое является гауссовым, то n_i может быть меньше. Если информация о дисперсии отсутствует, то может быть пригодно пропорциональное распределение по w_i.

6.2 Независимость измерений

Для использования формул и методов расчета, приведенных в стандарте, необходимо выполнять измерения таким образом, чтобы они могли быть признаны независимыми.

Примечание — Измерения в области качества атмосферного воздуха на конкретном контрольном посту часто сильно автокоррелированны, поэтому следует устанавливать достаточно большие интервалы времени между измерениями. Например, сильные автокорреляции наблюдались в Центральной Европе для периодов времени длительностью до шести дней. При использовании расслоенной выборки независимые результаты измерений могли быть получены в более короткие интервалы времени, так как эффекты корреляции, обусловленные изменениями от одного слоя к другому, были исключены.

6.3 Интервал времени измерений и контрольный пост

После разработки схемы расслоения и определения числа используемых слоев, числа выполняемых измерений и способа, по которым они должны быть распределены между различными слоями, необходимо в пределах каждого слоя устанавливать схему для получения измерений, являющихся случайными во времени и пространстве соответственно. Интервал времени измерения должен быть меньше, чем ожидаемая продолжительность существования слоя.

Примечания

1 Случайность во времени обеспечивают путем использования таблиц случайных чисел, но для практических целей ограничивают интервалы времени измерения, например продолжительностью нормального рабочего дня. В этом случае обеспечивают, чтобы результаты измерений не содержали систематическую погрешность,

обусловленную временной структурой оцениваемой характеристики качества воздуха, например дневным колебанием выбросов выхлопных газов транспорта. Расслоение с учетом временных факторов выбирают, если ожидается их значительное влияние. В этом случае измерения проводят и в нерабочее время.

2 Если используется случайность в пространстве, то она может быть достигнута путем идентификации большого числа контрольных постов с использованием сети, в которой доступные контрольные посты пронумерованы. Контрольные посты, где проводят измерения, могут быть выбраны с применением таблиц случайных чисел.

Допускается другой способ выбора контрольных постов, если имеется информация по предыдущим исследованиям, обеспечивающая возможность выбора представительных контрольных постов, которые позволяют уменьшать число измерений.

7 Методы расчета

Оценки квантилей, средних и долей совокупности рассчитывают как суммы соответствующих взвешенных значений для различных слоев. Дисперсии этих сумм получают путем расчета соответствующих взвешенных сумм дисперсий слоев. Эти дисперсии обычно меньше или равны дисперсиям, которые могут быть получены с помощью случайной нерасслоенной выборки [2].

Математические формулы, используемые для выполнения расчетов, приведены в приложении А. Примеры использования расслоенной выборки и результаты расчета приведены в приложении В.

Приложение А
(справочное)

Математические формулы

Обозначения, используемые в настоящем приложении, соответствуют разделу 4.

Долю f_i меньше значения квантили X_p вычисляют по формуле

$$f_i = \frac{m_i}{n_i}. \qquad (A.1)$$

Среднеарифметическое результатов измерений $\bar{x}_i$ в i-м слое вычисляют по формуле

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i}\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}. \qquad (A.2)$$

Оценку дисперсии $s_i^2(f_i)$, выраженную в долях, в i-м слое вычисляют по формуле

$$s_i^2(f_i) = f_i(1-f_i). \qquad (A.3)$$

Оценку дисперсии $s_i^2(x_{ij})$ вычисляют по формуле

$$s_i^2(x_{ij}) = \frac{1}{n_j - 1}\sum_{j=1}^{n_i}(x_{ij} - \bar{x}_i)^2. \qquad (A.4)$$

Оценку значения доли f, взятой из совокупности, вычисляют суммированием взвешенных долей по формуле

$$f = \sum_{i=1}^{k} w_i f_i, \qquad (A.5)$$

где $\sum_{i=1}^{k} w_i = 1$.

Оценкой среднего совокупности μ является сумма $\bar{x}$ (взвешенное среднее значений $\bar{x}_i$), вычисляемая по формуле

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{k} w_i \bar{x}_i, \qquad (A.6)$$

где $\sum_{i=1}^{k} w_i = 1$.

Оценку дисперсии $s^2(f)$ для взвешенной доли вычисляют по формуле

$$s^2(f) = \sum_{i=1}^{k} \frac{w_i^2 s_i^2(f_i)}{n_i}, \qquad (A.7)$$

где $\sum_{i=1}^{k} w_i = 1$.

Границы доверительного интервала f_+ и f_- для взвешенной доли вычисляют по формулам

$$\left.\begin{aligned} f_+ &= f + \left(s(f)u_{1-\alpha} + \frac{1}{2n}\right); \\ f_- &= f - \left(s(f)u_{1-\alpha} + \frac{1}{2n}\right). \end{aligned}\right\} \qquad (A.8)$$

Оценку дисперсии $s^2(\bar{x})$ для взвешенного среднего вычисляют по формуле (см. также примечание к 6.1)

$$s^2(\bar{x}) = \sum_{i=1}^{k} \frac{w_i^2 s_i^2(x_{ij})}{n_i}, \qquad \text{(A.9)}$$

где $\sum_{i=1}^{k} w_i = 1$.

Границы доверительного интервала $\bar{x}_+$ и $\bar{x}_-$ для взвешенного среднего вычисляют по формулам (см. также примечание к 6.1)

$$\left.\begin{aligned} \bar{x}_+ &= \bar{x} + s(\bar{x}) t_{\nu;1-\alpha}; \\ \bar{x}_- &= \bar{x} - s(\bar{x}) t_{\nu;1-\alpha}. \end{aligned}\right\} \qquad \text{(A.10)}$$

Приложение В
(справочное)

Примеры использования расслоенной выборки

В.1 Единичный источник выбросов, находящийся вблизи сельской местности

В.1.1 Задача

На небольшом химическом заводе введено в эксплуатацию новое оборудование для очистки газов с целью уменьшения выбросов конкретного соединения С. Требуется оценка качества атмосферного воздуха для доказательства того, что вблизи небольшого поселка массовая концентрация С в атмосферном воздухе составляет менее 190 мкг/м^3 для по крайней мере 85 % времени с доверительной вероятностью 90 %.

На рассматриваемой территории находятся и другие источники выбросов, расположенные на бóльшем расстоянии и в мéньшей степени влияющие на массовую концентрацию С в атмосферном воздухе по сравнению с химическим заводом. Труба возвышается на 20 м над крышей, температура газа принимается равной более 45 °С.

На основе расчетов рассеяния было найдено, что высокие массовые концентрации С ожидаются при северном и северо-восточном направлениях ветра или при скорости ветра менее 1 м/с с учетом инверсии температуры. Промежуточные массовые концентрации С вероятны при северо-западном и северном направлениях или при юго-восточном направлении ветра при условии, что скорость ветра не превышает 3 м/с. Влияние других метеорологических условий должно приводить к низким уровням концентрации С.

В.1.2 Схема расслоения

С учетом влияния вышеуказанных метеорологических условий выделяют три слоя, отвечающих различным концентрациям С; а данные о температуре, скорости и направлении ветра, полученные на стационарной близлежащей метеостанции, используют для расчета весовых коэффициентов w_i, приведенных в таблице В.1. Принимают, что погрешности весовых коэффициентов w_i достаточно малы и ими в данном случае можно пренебречь.

Таблица В.1 — Схема расслоения

Слой	Характеристика слоя	w_i
1	Направление ветра от 0° до 45°. Скорость ветра с учетом инверсии температуры менее 1 м/с	0,29
2	Направление ветра от 90° до 180° или от 315° до 360°. Скорость ветра от 1 до 3 м/с	0,24
3	Все другие ситуации	0,47
Общее число измерений ≈ 100.		

Информация о дисперсиях всех данных или данных в каждом из трех слоев недоступна, поэтому невозможно вычислить, какое число измерений необходимо и как распределить их между слоями. Однако, принимая во внимание необходимость получения результатов с высокой доверительной вероятностью, может потребоваться проведение до 100 измерений, которые распределяют по слоям соответствующим образом.

В.1.3 Схема выборки

Размер области, где требуются измерения, мал по сравнению с расстоянием до химического завода, поэтому расслоенную выборку (по времени) делают на одном контрольном посту в поселке.

В.1.4 Результаты

Результаты измерений приведены в таблице В.2.

Таблица В.2

Слой	Число измерений при концентрации С		Общее число измерений
	< 190 мкг/м^3	> 190 мкг/м^3	
1	19	5	24
2	23	1	24
3	34	0	34
			82

Доли f_i результатов измерений, имеющих значения ниже уровня пороговой концентрации 190 мкг/м^3, вычисляют для каждого слоя: $f_1 = 0,79$; $f_2 = 0,96$; $f_3 = 1,00$. Долю f вычисляют по формуле (А.5)

$$f = (0,29 \times 0,79) + (0,24 \times 0,96) + (0,47 \times 1,00) = 0,93.$$

Массовая концентрация С будет ниже уровня пороговой концентрации 190 мкг/м^3 для 93 % всего времени.

Для расчета границ доверительного интервала для f вычисляют s_1^2, s_2^2 и s_3^2 по формуле (А.3), по формуле (А.7) получают значение s, равное 0,026. По формуле (А.8) вычисляют границы 90 % одностороннего доверительного интервала. Поскольку рассматривается только нижний предел для f, подходящим значением для α является 0,10, для которого $u_{1-\alpha}$ равно 1,28. Следовательно, $f_- = 0,93 - 0,04 = 0,89$. Нижний предел доверительного интервала становится равным 89 %, то есть значения концентрации С не превышают уровень пороговой концентрации 190 мкг/м^3 для 85 % всего времени наблюдения с доверительной вероятностью 90 %.

В.2 Сложный источник выбросов, находящийся на промышленно-городской территории

В.2.1 Задача

В рамках программы по защите окружающей среды, связанной со значительным расширением металлургического предприятия, необходимо было провести измерения для выяснения того, окажет ли это расширение значительное воздействие на качество атмосферного воздуха жилой зоны, особенно в отношении уровней концентрации диоксида серы.

В.2.2 Схема расслоения

Расширение предприятия имело место в прибрежной зоне, на границе обширной промышленно-городской территории, с большим числом источников выбросов (см. рисунок В.1).

Проводить измерения, случайные в пространстве, было нецелесообразно. Отдельный контрольный пост был выбран на удалении от других источников выбросов диоксида серы, так что измеренная концентрация SO_2, скорее всего, не зависела от топографии местности. Измерения, проводимые в прошлом, показали, что выбранный пост был представительным для рассматриваемой территории.

Для измерения массовой концентрации диоксида серы использовался измерительный прибор непрерывного действия. Также были доступны данные по метеорологическим условиям, полученные на близлежащей комплексной метеостанции.

Значительный объем данных о зависимости массовой концентрации диоксида серы от метеорологических условий на изучаемой территории мог быть использован для разработки схем расслоения. Например, относительно высокие значения массовой концентрации диоксида серы обнаруживались, когда ветер дул с промышленно-городской территории в направлении контрольного поста, в то время как намного более низкие массовые концентрации диоксида серы были в воздухе, приходящем с моря. Устойчивость температуры атмосферы приводила к более высоким массовым концентрациям диоксида серы независимо от направления ветра.

С использованием этих данных была разработана схема расслоения с учетом влияния выбранных метеорологических условий на концентрацию диоксида серы. Выделенные три слоя приведены в таблице В.3.

Таблица В.3 — Схема расслоения

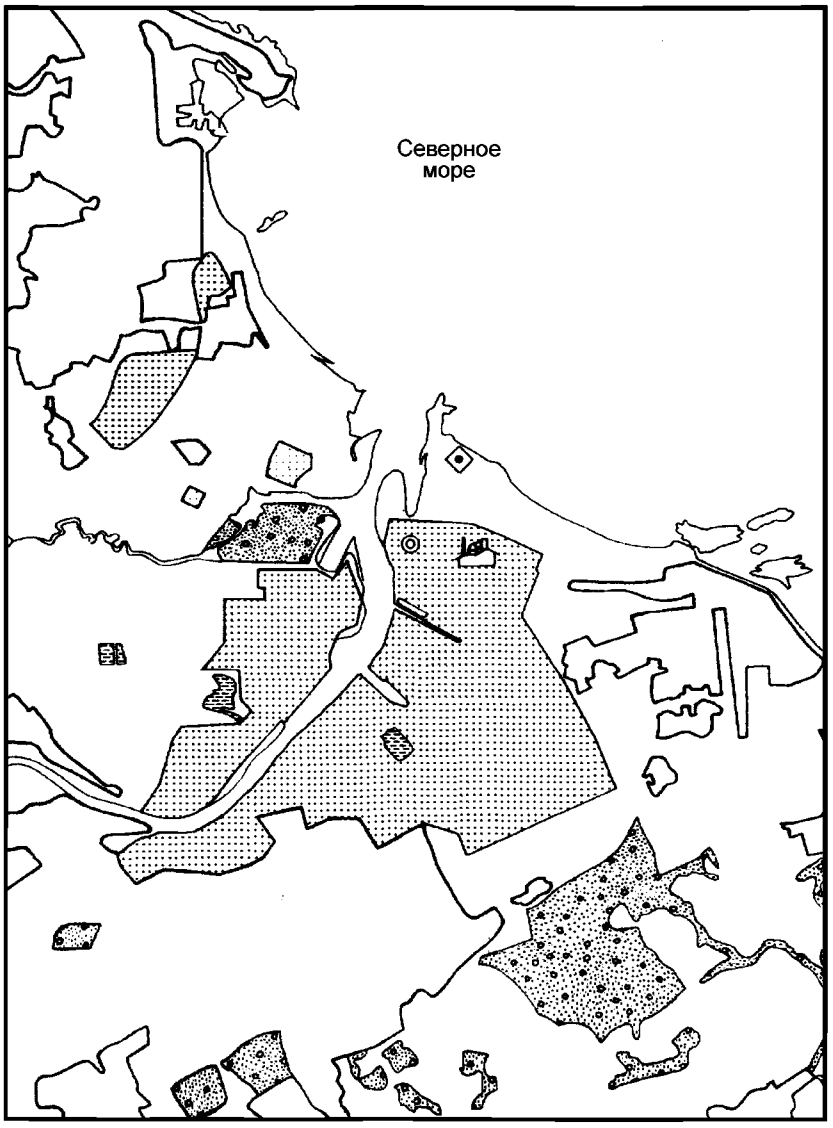
Слой	Направление ветра	Скорость ветра, м/с	Градиент температуры, °С/км	w_i[1)]
1	От 325° до 100° От 100° до 155° или от 255° до 325°	Любая < 6	> -5 > -5	0,15
2	От 325° до 100° От 100° до 155° или от 255° до 325° » 100° » 155° » » 255° » 325°	Любая < 6 > 6	< -5 < -5 Все	0,40
3	От 155° до 255°	Любая	Любая	0,45

[1)] Весовые коэффициенты w_i были рассчитаны на основе данных, полученных в течение продолжительного промежутка времени на близлежащей метеостанции.

В.2.3 Схема выборки

Для проведения исследования было решено сравнивать массовые концентрации диоксида серы, полученные на контрольном посту в 1977 и 1978 годах. Данные были доступны в виде непрерывно регистрируемых показаний измерительного прибора по содержанию диоксида серы. Также было решено случайно выбирать 300 ч в 1977 и 1978 годах и вычислять среднечасовую массовую концентрацию диоксида серы на основе этих показаний.

Каждое из этих значений было отнесено к одному из трех слоев в соответствии с метеорологическими условиями, преобладающими во время рассматриваемого часа. Поскольку информации о дисперсии s_i^2 в каждом



- промышленная территория;
- городская территория;
- озеро;
- парк — в пределах городской территории, лес (или глина и песок) за пределами городской территории;
- металлургическое предприятие;
- контрольный пост по измерению массовой концентрации диоксида серы;
- метеостанция

Рисунок В.1 — Топографическая карта местности с указанием размещения контрольного поста

слое не было, оптимизацию распределения данных между тремя слоями не проводили, но это может быть сделано в ходе любого будущего исследования, основанного на полученных результатах.

В.2.4 Результаты

Квантили X_p для трех различных концентраций диоксида серы для двух лет с доверительной вероятностью 80 % приведены в таблице В.4. В таблице В.4 приведены квантили X_p для трех различных концентраций диоксида серы для двух годов вместе с их 80 % доверительными вероятностями. Эти результаты были рассчитаны в соответствии со следующим.

На основе концентраций диоксида серы, полученных для каждого слоя, было рассчитано значение f_i для каждой из трех пороговых концентраций 50, 100 и 200 мкг/м^3. Соответствующие значения f и P были вычислены по формуле (А.5) при условии $P = 100f$.

Таблица В.4 — Расчет и результат

Год	Слой	n_i	f_i (ниже пороговой концентрации) при X_p, мкг/м^3			f_i ниже пороговой концентрации[1)], %, при X_p, мкг/м^3		
			50	100	200	50	100	200
1977	1	90	0,800	0,911	0,967	59,6 ± 3,9	79,3 ± 3,5	94,7 ± 2,0
	2	100	0,740	0,830	0,930			
	3	93	0,398	0,720	0,957			
1978	1	55	0,854	0,964	0,982	68,3 ± 3,1	84,2 ± 2,6	94,5 ± 1,8
	2	90	0,900	0,967	0,989			
	3	151	0,405	0,689	0,894			

[1)] Для доверительного интервала 80 %.

В рассмотренном примере f — доля результатов измерений концентрации SO_2, находящихся ниже уровня пороговой концентрации.

Стандартное отклонение s_i значений f_i было рассчитано по формуле (А.3), оценка дисперсии $s^2(f)$ — по формуле (А.7), доверительные вероятности f_- и f_+ — по формуле (А.8). В данном примере α была принята равной 0,1, а одностороннее нормальное распределение было использовано для того, чтобы задать $u_{0,9}$, равным 1,28. Таким образом, рассчитанные доверительные вероятности включают 80 % значений f из повторяющихся наборов результатов измерений, полученных одинаковым способом. В таблице В.4 окончательные результаты выражены через процентили X_P.

Из результатов ясно, что процентили, рассчитанные для пороговых концентраций 50 и 100 мкг/м^3, значительно отличались друг от друга в 1977 и 1978 годах. Отсюда было заключено, что выбросы, которые влияли на концентрацию диоксида серы на контрольном посту, должны были уменьшиться во время рассмотренного периода, поскольку влияние метеорологических условий на результаты было исключено путем использования одних и тех же весовых коэффициентов w_i для данных 1977 и 1978 годов.

В.3 Расслоенная выборка для оценки качества атмосферного воздуха на основе индикаторного загрязнителя атмосферного воздуха

В.3.1 Задача

Определение доли времени (в процентах), в течение которого уровень среднечасовой массовой концентрации диоксида серы 150 мкг/м^3 превышен на десяти участках территории площадью 40 × 60 км, показанной на рисунке В.2; территории с основными источниками выбросов диоксида серы отмечены символами.

В.3.2 Схема расслоения

Массовая концентрация диоксида серы непрерывно измерялась на участке 413, который является центром территории. Среднечасовые результаты измерений были получены с использованием передвижного средства измерений на десяти участках, отмеченных кружками (см. рисунок В.2). Схема расслоения разработана на основе уровней содержания диоксида серы, полученных на участке 413.

Слои, выбранные на основе диапазонов концентраций, полученных на участке 413, приведены в таблице В.5.

Таблица В.5 — Схема расслоения

Слой	Массовая концентрация диоксида серы, мкг/м^3	w_i[1)]
1	Св.150	0,03
2	От 100 до 150 включ.	0,04
3	От 50 до 100 включ.	0,16
4	От 0 до 50 включ.	0,78

[1)] Весовые коэффициенты w_i оценены на основе предыдущих исследований.

Например, если массовая концентрация SO_2 на участке 413 находится в пределах от 100 до 150 мкг/м^3, то значения концентрации SO_2 в пробах воздуха, взятых в любом месте на этой территории с помощью передвижного средства измерений, рассматриваются как принадлежащие ко второму слою независимо от реальных результатов.

Вероятность w_i, при которой в период времени измерения появляются слои, заранее неизвестна; однако частоты могут быть оценены на основе предыдущего периода времени измерения, полагая, что распределение концентрации SO_2 не будет сильно изменяться от года к году. Если ожидается сильное изменение, то процедура остается действительной, но при этом понижается эффективность выборки. Для расчета окончательных значений f, %, при которых уровень массовой концентрации 150 мкг/м^3 превышен на десяти участках, могут быть использованы реальные значения w_i, полученные на основе действительных данных на участке 413 во время рассматриваемого года.

В.3.3 Схема выборки

Относительное число измерений, проводимых в слое i, рассчитывают по формуле (2). Перед выборкой значения f неизвестны. Оценку f получают на основе результатов отдельного исследования (исходные данные). Схему выборки, приведенную в таблице В.6, получают с использованием формулы (3).

Таблица В.6 — Схема выборки

Слой	Оценка f_i, полученная с использованием исходных данных	n_i[1)]	n_i/n
1	0,50	17	0,11
2	0,16	15	0,10
3	0,03	32	0,21
4	0,01	89	0,58

$n = \Sigma n_i = 153$.

[1)] Получено на основе рекомендуемого минимального числа измерений в слое i, $n_i = 15$ (см. примечание к 6.1).

В.3.4 Результаты

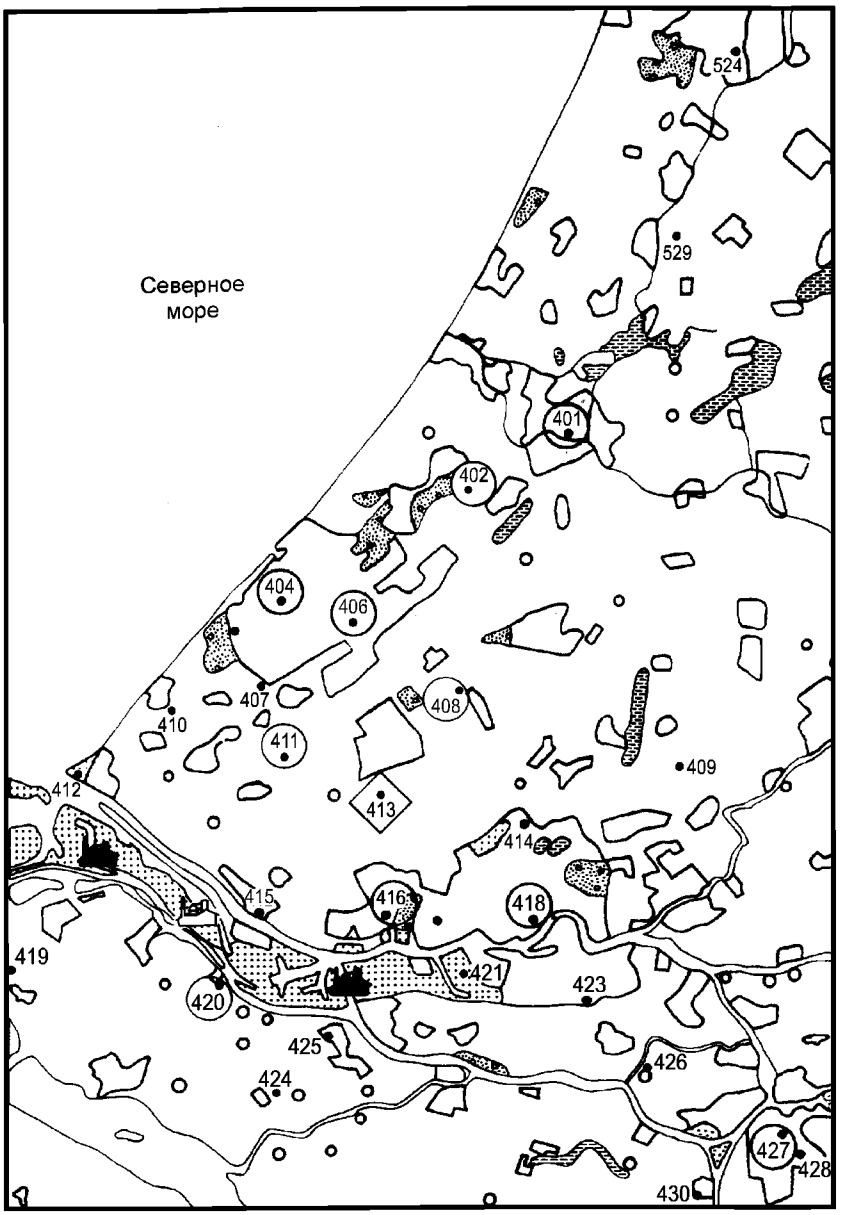
Для каждого участка рассчитывают: f — по формуле (А.5); s — по формуле (А.7); доверительные вероятности f_-, f_+ — по формуле (А.8) и $\bar{x}_-$, $\bar{x}_+$ — по формуле (А.10).

Доля времени (в процентах), в течение которого среднечасовая массовая концентрация диоксида серы 150 мкг/м^3 была превышена на десяти участках вблизи промышленной территории, приведена в графе 6 таблицы В.7. При доверительной вероятности 90 % может быть установлено, что на участке 401 уровень 150 мкг/м^3 превышен менее чем в течение 1,75 % времени. Трансгрессии уровня 150 мкг/м^3 значительно выше на участках, расположенных ближе к промышленной территории выбросов диоксида серы, например на участке 416 (см. рисунок В.2).

Таблица В.7 — Результаты

Номер участка	f_i Слой 1	2	3	4	$P = 100f$, %	s, %	$P_+ = 100f_+$[1)] $P_- = 100f_-$[1)], %
1	2	3	4	5	6	7	8
401	0,319	0,040	0,006	0	1,20	0,43	От 0,65 до 1,75
402	0,381	0,048	0,002	0	1,27	0,41	От 0,75 до 1,79
404	0,419	0,216	0,051	0,001	2,84	0,85	От 1,75 до 3,93
406	0,557	0,121	0,008	0	1,12	0,54	От 1,43 до 2,81
408	0,362	0,092	0,007	0,001	1,53	0,52	От 0,86 до 2,19
411	0,514	0,150	0,022	0,004	2,64	0,82	От 1,59 до 3,69
416	0,786	0,344	0,124	0,037	8,29	1,88	От 5,88 до 10,70
418	0,424	0,176	0,056	0,014	3,80	1,26	От 2,19 до 5,41
420	0,329	0,106	0,100	0,031	5,30	1,70	От 3,12 до 7,48
427	0,367	0,095	0,023	0,006	2,20	0,89	От 1,06 до 3,34
w_i	0,028	0,036	0,159	0,777			
n_i	17	32	32	89			

[1)] Доверительный двухсторонний интервал — 80 %.



- промышленная территория;
- городская территория;
- озеро;
- парк — в пределах городской территории, лес — за пределами городской территории;
- основные источники диоксида серы;
- контрольный пост;
- пост непрерывного контроля массовой концентрации диоксида серы;
- пост периодического контроля массовой концентрации диоксида серы

Рисунок В.2 — Топографическая карта местности с указанием размещения контрольных постов и основных источников выбросов диоксида серы

Приложение С
(справочное)

Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным (региональным) стандартам

Таблица С.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 2602:1980	ГОСТ Р 50779.22 — 2005 (ИСО 2602:1980) Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал среднего
ИСО 2854:1976	ГОСТ Р 50779.21 — 2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение
ИСО 3534-1:1993	ГОСТ Р 50779.10 — 2000 (ИСО 3534-1 — 93) Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения
ИСО 7168-1:1999	ГОСТ Р ИСО 7168-1 — 2005 Качество воздуха. Представление данных. Часть 1. Развернутый формат представления данных
ИСО 7168-2:1999	ГОСТ Р ИСО 7168-2 — 2005 Качество воздуха. Представление данных. Часть 2. Сокращенный формат представления данных

Библиография

[1] Glaser, E.R. and Silver, C.A.: The use of stratification to improve the design efficiency of community noise survey. *J. Acoust.* Soc. Am. **65** (6) June 1977, pp. 1467—1473.

[2] Cochran, W.G.: Sampling techniques. John Wiley & Sons Inc., New York 1977.

УДК 504.3:006.354 ОКС 13.040 Т58

Ключевые слова: качество воздуха, оценка, расслоение, расслоенная выборка, дисперсия результатов измерений, слой, квантиль, число измерений, доверительная вероятность

Редактор *Р. Г. Говердовская*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Н. И. Гаврищук*
Компьютерная верстка *Т. Ф. Кузнецовой*

Сдано в набор 14.01.2008. Подписано в печать 05.02.2008. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 363 экз. Зак. 80

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.
gost.e-ecolog.ru