

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ С ПОМОЩЬЮ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭВМ

Породный массив является неоднородной средой по своему составу, структуре, текстуре и свойствам. Это значительно усложняет его математическое описание, алгоритмизацию и программирование конкретных горнотехнических задач, что объективно определяет необходимость описания физических явлений и процессов горного производства методами больших чисел, т.е. методами математической статистики. При этом статистические модели должны учитывать характерные особенности, присущие как объекту исследований, так и методам измерений [1].

Разработана программа Su-Stat, позволяющая автоматически вычислять основные статистические характеристики массивов случайных чисел, строить гистограммы распределения случайной величины, линейную и нелинейные (параболическую, гиперболическую, степенную, экспоненциальную) регрессионные модели с оценкой их корректности по коэффициентам детерминации при исследовании объектов горнотехнического профиля. Программа соответствует международному стандарту "Worldwide Standard for Technical Calculations" и может быть использована как приложение в интегрирующей среде для математических вычислений MathConnex при автоматизированном контроле и управлении.

Программа обеспечивает считывание массивов значений случайных величин из файлов, автоматическое определение длин выборок и масштабирование графиков, а также предоставляет сервисные средства редактирования в оболочке Mathcad 7 Professional for Windows'95. Операторы программы имеют вид математических формул, что в совокупности с наличием Windows-совместимых средств редактирования позволяет переносить их в документы MS Office, что упрощает составление отчетных документов [2].

Минимальная конфигурация ЭВМ, поддерживающая разработанную программу: процессор 80486, 8MB RAM-памяти, 20MB свободного места на хард-диске для инсталляции оболочки, SVGA-графический адаптер, ОС - Windows'95.

Программа статистической обработки состоит из следующих разделов: "Математическое моделирование при исследовании горнотехнических объектов",

“Построение гистограмм распределения случайной величины”, “Линейный парный регрессионный анализ”, “Нелинейный парный регрессионный анализ” и “Вывод результатов вычислений”.

Одним из основных отличий от ранее известных программ является использование встроенной функции $dt(n, p)$ для определения значения обратного процентного распределения Стьюдента в точке p при объеме выборки n . Это позволяет отказаться от табулирования функции и задавать требуемые значения вероятности при расчете доверительных интервалов для статистических оценок. Наличие встроенной функции $dt(n, p)$ также упрощает программный блок исключения грубых погрешностей и повышает достоверность результатов его работы.

Блок предварительной обработки выборки выполнен в виде отдельной подпрограммы. Блок предназначен для отсева ложных значений, вносимых системами сбора и обработки информации, вызванных сбоями в аналого-цифровых преобразователях, зашумлением сигнала в линиях связи и т.п. Ложные значения в выборке либо автоматически не учитываются, либо заменяются некоторыми аппроксимированными значениями.

Известны следующие основные способы отсева грубых погрешностей: фильтрация, усреднение (сглаживание), отсев значений, доверительная вероятность которых меньше допустимой, либо не попадающих в определенный доверительный интервал. Применение цифровой фильтрации целесообразно в системах реального времени в тех случаях, когда частотные области спектра помех относительно постоянны и не пересекаются с частотными областями спектра полезного сигнала, например при отфильтровывании помех, наводимых силовыми линиями промышленной частоты или высокочастотных шумов. Так как программа предназначена для решения общестатистических задач при исследовании процессов горного производства и не ориентирована на обработку сигналов в режиме реального времени, то цифровая фильтрация выборок не производится. В программе предусмотрена возможность линейного сглаживания массива значений по трем и пяти точкам, нелинейного - по семи точкам, сглаживания методом плавающей медианы с выбираемой шириной окна. Во всех схемах неявно принято, что истинные значения имеют плавный характер изменения во времени, а ложные - резкий. Расчетные формулы реализации перечисленных алгоритмов приведены в таблице [3].

Таблица – Расчетные формулы сглаживания статистических выборок, примененные в программе

Метод сглаживания	Расчетные формулы
Линейное, по трем точкам	$\bar{x}_0 = (5x_0 + 2y_1 - y_2) / 6,$ $\bar{x}_i = (x_{i-1} + x_i + x_{i+1}) / 3, \quad 1 \leq i \leq n-1,$ $\bar{x}_n = (5x_n + 2x_{n-1} - x_{n-2}) / 6.$
Линейное, по пяти точкам	$\bar{x}_0 = (3x_0 + 2x_1 + x_2 - y_4) / 5,$ $\bar{x}_1 = (4x_0 + 3x_1 + 2x_2 + x_3) / 10,$ $\bar{x}_i = (x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + x_{i+2}) / 5, \text{ при } 2 \leq i \leq n-2,$ $\bar{x}_{n-1} = (x_{n-3} + 2x_{n-2} + 3x_{n-1} + 4x_n) / 10,$ $\bar{x}_n = (3x_n + 2x_{n-1} + x_{n-2} + x_{n-4}) / 5.$
Нелинейное, по семи точкам	$\bar{x}_0 = (39x_0 + 8x_1 - 4(x_2 + x_3 - x_4) + x_5 - 2x_6) / 42,$ $\bar{x}_1 = (8x_0 + 19x_1 + 16x_2 + 6x_3 - 4x_4 - 7x_5 + 4x_7) / 42,$ $\bar{x}_2 = (-4x_0 + 16x_1 + 19x_2 + 12x_3 + 2x_4 - 4x_5 + x_6) / 42,$ $\bar{x}_i = (7x_i + 6(x_{i+1} + x_{i-1}) + 3(x_{i+2} + x_{i-2}) - 2(x_{i+3} + x_{i-3})) / 21, \quad 3 \leq i \leq n-3,$ $\bar{x}_{n-2} = (x_{n-6} - 4x_{n-5} + 2x_{n-4} + 12x_{n-3} + 19x_{n-2} + 16x_{n-1} - 4x_n) / 42,$ $\bar{x}_{n-1} = (4x_{n-6} - 7x_{n-5} - 4x_{n-4} + 6x_{n-3} + 16x_{n-2} + 19x_{n-1} + 8x_n) / 42,$ $\bar{x}_n = (-2x_{n-6} + 4x_{n-5} + x_{n-4} - 4x_{n-3} - 4x_{n-2} + 8x_{n-1} + 39x_n) / 42.$
Метод плав. медианы	Используется встроенный оператор $medsmoth(M, del)$, где M - массив, содержащий значения выборки, del - ширина окна

Однако перечисленные алгоритмы оказывают искажающее влияние на все значения сигнала в выборке, а экстраполяционные методы сглаживания могут привести к накопленной ошибке. Кроме того, схемы сглаживания не всегда эффективны при отсеке единичных (точечных) ложных значений, характерных при потере отдельных значащих бит в цифровых системах, при вводе сигналов автоматизированными аналого-цифровыми преобразователями диаграмм или при вводе сигналов методом сканирования, предложенным в [4]. В связи с этим, предложен способ для обработ-

ки выборок контролируемых параметров и отсева ложных значений [5]. Способ основан на сравнении величины изменения исследуемого параметра x за время шага выборки Δt с максимальным значением модуля темпа изменения параметра V_{\max} . Способ имеет конкретный физический смысл, базируется на динамических свойствах исследуемых объектов и измерительных систем. Значение x_i параметра считается истинным, если выполняются условия

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{\min} \leq x_1 \leq x_{\max} \\ \left| \frac{x_i - x_{i-1}}{\Delta t} \right| \leq \left| \frac{dx}{dt} \right| = V_{\max} \end{array} \right. \quad (1)$$

где x_{\min} и x_{\max} - минимально и максимально возможные значения параметра, x_i - значение параметра x в момент времени t_i , $i = 1 \dots n$, n - объем выборки.

Ложные значения параметра (не удовлетворяющие условию (1)) в общем случае заменяются аппроксимирующим значением, вычисляемым по формуле

$$x_i = x_{i-1} \pm V_{\max} \cdot \Delta t \quad (2)$$

Данный метод отсева грубых погрешностей показал высокую эффективность при предварительной обработке выборок временных сигналов, полученных методами аналого-цифрового преобразования графиков.

Программа предназначена для включения в качестве приложений в методические руководства для решения конкретных горнотехнических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ямщиков В.С. Контроль процессов горного производства. - М.: Недра, 1989. - 446с.
2. Очков В.Ф. Mathcad PLUS 6.0 для студентов и инженеров. - М.: ТОО фирма "КомпьютерПресс", 1996. - 238с.
3. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке бейсик для персональных ЭВМ: Справочник. - М.: Наука. гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 240с.
4. Яланский Алекс.А. Спектральный анализ геофизических сигналов, представленных файлами графических форматов/ Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць Лн-т геотехнічної механіки НАН України. - Дн-ськ, 1988. - Вип.4. - с. 154-158

5. Грузинов В.Е., Фарафонов В.И. Методика обработки исходных данных испытаний землеройно-транспортных машин/ ВНИИстройдормаш. - М. 1988. -Деп. в ЦНИИТЭстроймаш №62-сд88(1).-13с.

УДК 551.44

Ю.И. Шутов

ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПЕЩЕР НА ПРИМЕРЕ ПЕЩЕРЫ МРАМОРНОЙ

В Крыму зарегистрировано и изучено около 900 карстовых пещер, однако только три из них (Мраморная, Эмише-баир-Хосар и Кизил-Коба) оборудованы для массового посещения.

Пещера Мраморная, расположенная в северо-западной прибрежной части плато Чатырдагского горного массива, была открыта в 1987 году. В том же году она была исследована спелеологами Симферопольского спелеоклуба.

На базе пещеры, которая по красоте натечных образований входит в пятерку лучших в Мире, был создан спелеоцентр "Оникс-тур", который оборудовал и ввел ее в эксплуатацию. Пещера является единственной в странах СНГ, которая вошла в качестве действительного члена в Международную ассоциацию посещаемых пещер (ISCA).

В настоящее время пещера оборудована по мировым стандартам, за год ее посещает более 100 тыс. экскурсантов.

За последние годы Укр ГИМР совместно с сотрудниками "Оникс-тура" провел ряд исследований с целью определения возможного влияния массового посещения пещеры на сохранность натечных образований и на ее микроклимат.

В результате исследований выявлено:

- Вода в пещере содержится в ванночках, она поступает в полость в виде струй и капеза в паводковый период, а также в результате конденсационных процессов в межень. Вода чрезвычайно чистая с минерализацией 0,365 г/л и температурой 8.3-8.6 градусов.

- Микроклиматическими исследованиями в пещере выделено несколько зон. Первая из них – это уравнивающая зона, которая располагается на расстоянии 20-30 м от входного тоннеля. Несмотря на небольшую протяженность эта зона имеет чрезвычайно большое значение. Так как в ее пределах происходят процессы уравнивания постоянных температур и влажности внутри пещеры с таковыми на по-