

КАЧЕСТВО

Обобщенные распределения в системах управления качеством

Материал предлагаемой статьи предназначен для руководителей предприятий, учреждений строительной отрасли Беларуси, занимающихся проблемами качества.

Статистические методы контроля качества продукции используются при производстве строительно-монтажных работ, для определения прочностных и других характеристик строительных материалов.

Применение статистических методов в строительстве имеет некоторые свои особенности в связи с большим разнообразием технологических процессов, строительных материалов, изделий, конструкций, а также широкой номенклатурой контролируемых параметров (геометрические размеры, прочность, объемный вес, морозостойкость, теплопроводность и т.д.). Это требует применения более разнообразных методик оценки качества, выработки новых показателей качества, использования гибкой системы вероятностных моделей, выполнения большего объема научно-исследовательских работ.

В соответствии с ГОСТ 18105-72 за основную характеристику разброса, оценивающую однородность бетона по прочности, принят коэффициент вариации. К сожалению, это ошибочное решение, и оно может дорого стоить тем организациям, которые возьмут на вооружение эту характеристику разброса.

Чтобы избежать подобных ошибок при разработке системы качества, необходимо использовать теорию обобщенных распределений, о чем пойдет речь ниже. Предложения автора по использованию обобщенных распределений в системах управления качеством были рассмотрены в Администрации Президента РБ и одобрены ею.

Необходимость применения обобщенных распределений

Одним из наиболее важных элементов качества является система статистического анализа и регулирования технологических процессов (ТП). Эта система является наиболее сложной, но и наиболее эффективной системой, без которой трудно наладить выпуск конкурентоспособной продукции. Однако эта система может быть по-настоящему эффективной лишь в том случае, если она будет построена на базе математических моделей, наиболее точно описывающих все многообразие статистических распределений производственных погрешностей.

Обычно в качестве основной вероятностной модели используется нормальный закон распределения. Спрашивается, всегда ли нормальный закон с достаточной точностью описывает (выравнивает) статистические распределения производственных погрешностей? Опыт показывает, что далеко не всегда. Следовательно, применение нормального закона во многих случаях может привести к непредсказуемым последствиям. Это значит, что сама система статистического анализа и регулирования ТП, построенная на базе нормального закона, может давать сбои и в итоге может оказывать негативное влияние на параметры ТП. Это возможно вследствие того, что нормальный закон, как и любой другой закон, имеет свою область применимости. Существуют случайные величины, распределение которых в принципе не может описываться этим законом.

Трудности с подбором наилучшей выравнивающей кривой распределения можно устранить, если воспользоваться универсальными (обобщенными) распределениями, которые включают как частные случаи широко известные классические непрерывные распределения, в том числе семейство кривых К. Пирсона.

Три системы непрерывных распределений

Для выравнивания большого разнообразия статистических распределений автором за последние три с лишним десятка лет построены три системы непрерывных распределений, каждая из которых задается одной, двумя либо тремя плотностями.

Первая система непрерывных распределений используется для выравнивания и прогнозирования статистических распределений таких случайных величин, последующие значения которых образуются из предыдущих путем их изменения (сдвига) на некоторую постоянную величину. При этом форма кривой распределения не изменяется. Не изменяются также центральные моменты, но изменяются среднее и коэффициент вариации.

Средние значения таких случайных величин растут во времени по линейному закону, но могут иметь и другой закон роста.

Первой системой непрерывных распределений описываются, например, статистическое распределение работников организации по возрасту, распределение размеров изделий или их отклонений от номинальных значений, распределение образцов бетона по прочности, а также статистические распределения некоторых других характеристик строительных материалов и изделий.

При сдвиге кривой распределения по горизонтальной оси (например, при увеличении средней прочности бетона с увеличением расхода цемента) неизменными остаются центральные моменты, в том числе центральный момент второго порядка, то есть дисперсия, а также среднее квадратическое отклонение (квадратный корень из дисперсии). Эти характеристики можно использовать в качестве основных характеристик разброса. Что касается коэффициента вариации, равного отношению среднего квадратического отклонения к среднему значению, то эта характеристика с ростом среднего (например, средней прочности бетона) уменьшается.

Частным случаем первой системы непрерывных распределений является нормальный закон.

Вторая система непрерывных распределений используется для выравнивания и прогнозирования статистических распределений таких неотрицательных случайных величин, последующие значения которых образуются из предыдущих путем их умножения на некоторую постоянную величину. При этом форма кривой распределения изменяется, но неизменным остается коэффициент вариации.

Средние значения логарифмов таких случайных величин изменяются во времени по линейному закону, а сами случайные величины — по показательному закону.

Второй системой непрерывных распределений описываются, например, статистические распределения работающих по размерам заработной платы, результаты испытаний

Показатели статистического распределения (SNR1MM97)

Количество наблюдений	100
Количество интервалов	20
Ширина интервала	1
Среднее	3,92
Дисперсия	22,4736
Центр. момент 3-го порядка	37,34583
Центр. момент 4-го порядка	1408,746
Ср. квадратич. отклонение	4,740633
Коэффициент вариации, %	120,9345
Показатель асимметрии	0,1228758
Показатель острровершинности	2,78925
L1 = 2,616711	

Распределение типа 1.1 с параметрами

AU = 2,696148E-02. K = 8,403986. U = 0,2352945. L = -20,71284. N = 1,367198E-10. Случайная величина X задана на интервале -20,71284 < X < 16,37711.

$$P(X) = N \cdot (X-L)^{(K-1)} \cdot (1-AU)^* \cdot (X-L)^{(1/U-1)}$$

Показатели уровня качества (SNR1MM97)

Количество наблюдений	100
Среднее из опыта W1	3,92
Ср. квадратич. отклонение (с.к.о) Sx	4,740633
Центр поля допуска TO	0
Нижняя граница поля допуска TN	-12
Верхняя граница поля допуска TV	12
Ширина поля допуска TX = TV-TN	24
Отношение допуска к с.к.о. (TX/SX)	5,062615
Смещение центров рассеяния и допуска E = W1-TO	3,92
Ширина поля рассеяния RX при P = 0,9973	25,42721
Нижняя граница поля рассеяния	-11,01229
Верхняя граница поля рассеяния	14,41492
Отношение поля рассеяния к с.к.о. (RX/SX)	5,363674
Показатель уровня настройки KN = E/TX	0,163333
Показатель точности KT = RX/TX	1,059467
Прогнозируемый процент брака Q%	2,76925
в т.ч. на нижней границе поля допуска	0,060416
в т.ч. на верхней границе поля допуска	2,708835

на надежность и другие ряды распределения.

Частным случаем второй системы непрерывных распределений является логарифмически нормальный закон.

Обобщенные распределения, образующие три системы непрерывных распределений, включают как частные случаи подавляющее большинство известных распределений, в том числе семейство кривых К. Пирсона, и могут претендовать на роль универсальных законов распределения в математической статистике.

Для данного класса непрерывных распределений разработана классификация кривых, исследована их форма, предложены критерии для установления типа выравнивающей кривой, разработан новый общий метод оценивания параметров для трех систем непрерывных распределений, который по точности не уступает методу наибольшего правдоподобия, но значительно проще последнего, причем общий метод является устойчивым к выбросам на концах статистического распределения. Наконец, разработан метод прогнозирования распределений.

Кроме общего метода разработан универсальный метод моментов, позволяющий устанавливать тип выравнивающей кривой и находить оценки параметров распределений всех типов, в том числе не имеющих моментов выше нулевого порядка (в традиционном их понимании).

Параллельно эти же задачи решены на базе традиционного (классического) метода моментов для распределений, имеющих моменты вплоть до четвертого порядка.

Методы оценивания параметров обобщенных распределений доведены автором до программной реализации. Программы (под общим названием SNR) вычисляют тип аппроксимирующей кривой, точечные оценки параметров, указывают интервал, на котором задано распределение, выдают таблицу значений плотности вероятностей и функции распределения, вычисляют квантили, процентиля, доверительные интервалы и доверительные вероятности, координаты характерных точек (моды и точек

методов и программных средств может дать весьма значительный экономический эффект, а без их использования трудно наладить выпуск конкурентоспособной продукции.

За счет чего достигается экономический эффект при использовании обобщенных распределений?

1. Уменьшаются вероятности ошибок первого и второго рода, т.е. когда при налаженном процессе принимается решение о его разладке и наоборот, при разлаженном — что он налажен.

Эти ошибки велики при неправильно установленном законе распределения технологических погрешностей, например, при постоянном использовании нормального закона.

2. Точно установленный закон распределения позволяет оценить: возможности производственного оборудования; эффективность управляющих воздействий; эффективность ремонта, наладки и т.д.; он обучает производственный персонал, дает им в руки достоверную информацию для принятия правильных решений; дает объективную количественную характеристику качества труда (например, ожидаемый уровень брака) и ее изменение во времени.

3. Применение обобщенных распределений позволяет регулировать ТП с любым законом распределения технологических погрешностей.

4. Любые сложные расчеты легко выполняются по соответствующим программам с помощью ПЭВМ.

5. Имеется возможность получения качественной продукции при коэффициенте точности близком к единице.

6. Обобщенные распределения позволяют решать другие задачи, которые нельзя решить традиционными методами, например, прогнозирование статистической структуры выборок.

7. Обобщенные распределения позволяют широко использовать наиболее общую характеристику точности ТП — ожидаемый процент брака. С помощью программы нетрудно подобрать оптимальное смещение центров рассеяния и допуска, при котором ожидаемый процент брака будет минимальным.

8. Программы могут быть использованы при статистическом регулировании ТП, а также при обработке результатов испытаний на надежность.

9. При использовании обобщенных распределений значительно повышается эффективность статистических методов и их роль в повышении качества продукции, возрастает доверие к ним со стороны руководителей предприятий.

10. Висдрение системы статистического анализа и регулирования ТП на базе обобщенных распределений и на базе одного частного случая, например, нормального закона, требует одинаковых затрат.

Таким образом, обобщенные распределения, доведенные автором до программной реализации (в виде серии программ под общим названием SNR), являются мощным инструментом для статистического анализа и регулирования ТП, а также для решения многих других задач.

По вопросам приобретения программ, за консультацией по применению обобщенных распределений в системах управления качеством и другим вопросам, связанным с обработкой статистических данных на базе обобщенных распределений, читатель должен обращаться непосредственно к автору настоящей статьи — разработчику теории и серии программ.

Автор приглашает к сотрудничеству всех заинтересованных юридических и физических лиц.

Тел. 251-06-35
Василий НЕШИТОВ,
доктор технических наук

Экономическая эффективность применения обобщенных распределений
Использование обобщенных распределений, алгоритмов,