

СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Качество продукции

- Качество продукции влияет на конкурентоспособность и сбыт
- Качество = Компромисс
 - точка зрения изготовителя
 - соответствие требованиям стандартов (технической документации)
 - точка зрения потребителя
 - соответствие запросам потребителя (потребительские свойства товара)

Брак

- Брак – неприемлемое качество
- Причины брака
 - качество сырья и комплектующих;
 - постепенный износ оборудования;
 - организация труда и технологическая дисциплина
- Производство без брака – идеальное состояние предприятия
 - 100% качество – высокие издержки
- Гарантийный ремонт или замена
 - «допустимый» процент брака
 - маркетинговый прием

Статистический контроль качества

- планировать приемлемое качество
- выявить брак
- найти причины брака
- исключить появление брака

Качество и жизненный цикл

- Статистический контроль качества применяется на протяжении жизненного цикла изделия (Life Cycle)
 - замысел
 - маркетинг
 - проектирование
 - изготовление
 - эксплуатация
 - утилизация

Домашнее задание

- Этапы жизненного цикла в разных формулировках (от 3 до 15 стадий)

Качество = Компромисс

- Конечная цель статистического управления качеством – оптимальный экономический эффект
 - отсутствие брака – высокие издержки на обеспечение качества
 - 100% брака – высокие издержки, товар трудно продать
- Оптимальное решение – компромисс:
 - высокие потребительские свойства
 - низкая себестоимость, высокая рентабельность

ИСО 9000

- Серия международных стандартов по системе управления качеством продукции (системе качества)
- Сертификация системы качества на предприятии по стандартам ИСО 9000 является обязательным требованием, если планируется работа с зарубежными клиентами
- ISO – International Standardization Organization
 - ISO 9000:2000 Quality management systems (QMS)

Пример государственного стандарта РФ: ГОСТ Р ИСО

ГОСТ Р ИСО 9001-96
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА
МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ,
РАЗРАБОТКЕ, ПРОИЗВОДСТВЕ,
МОНТАЖЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

Фрагмент ГОСТ Р ИСО

ГОСТ Р ИСО 9001-96

4.20. Статистические методы

4.20.1. Определение потребности

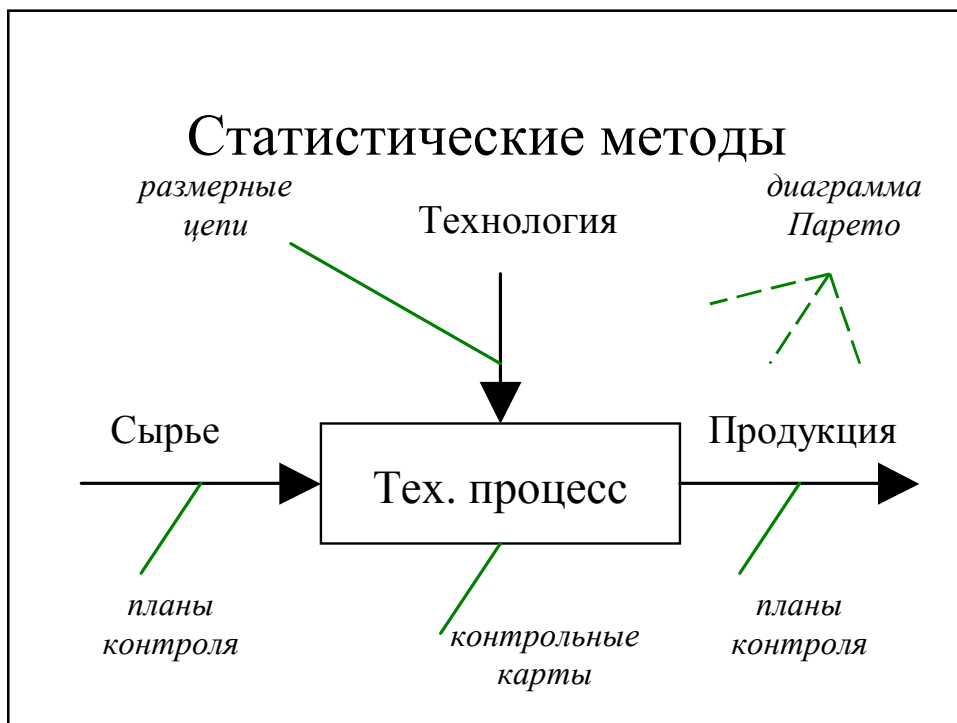
Поставщик должен определить потребности в статистических методах, применяемых при разработке, управлении и проверке возможностей технологического процесса и характеристик продукции.

4.20.2. Процедуры

Поставщик должен разработать и поддерживать в рабочем состоянии документированные процедуры использования статистических методов, определенных в 4.20.1., и управления их применением.

Примеры методов

качество технологии	размерные цепи
- приёмо-сдаточный контроль - сырье и комплектующие - готовая продукция	планы выборочного контроля
стабильность технологических процессов	контрольные карты
причины брака	диаграмма Парето



Домашнее задание

- Стандарт IDEFØ
- ICOM-диаграмма
 - input
 - output
 - control
 - mechanism

Диаграмма Парето

Принцип Парето

- Закон распределения прибылей
- Неравномерность распределения доходов
- Закон Парето: уровень дохода обратно пропорционален числу его получателей
- 20% населения получают 80% прибылей страны
- Закон 20:80
- Элита, «олигархия»

Принцип Лоренца-Парето

- Основная доля всех потерь связана с небольшим числом единиц
- Причина 80% потерь – недоброкачественная работа 3-4 человек, станков, участков, отделов
- Именно здесь требуется вмешательство для улучшения ситуации
- Для решения 80% проблем нужно справиться с 20% работников

Интуитивное понимание

- Ложка дёгтя в бочке меда
- Паршивая овца всё стадо портит

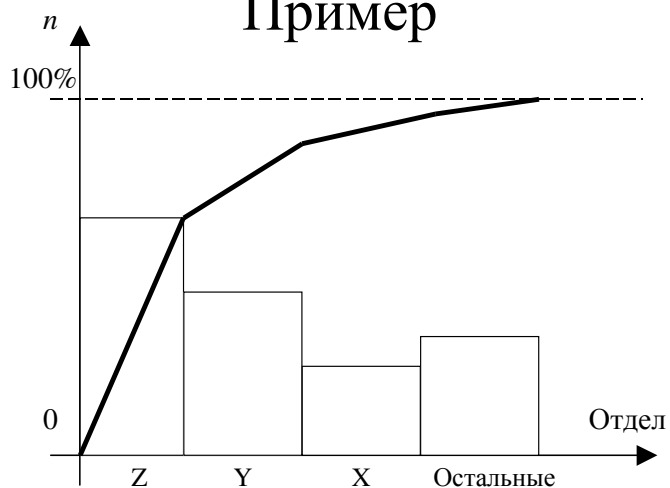
Порядок статистического анализа

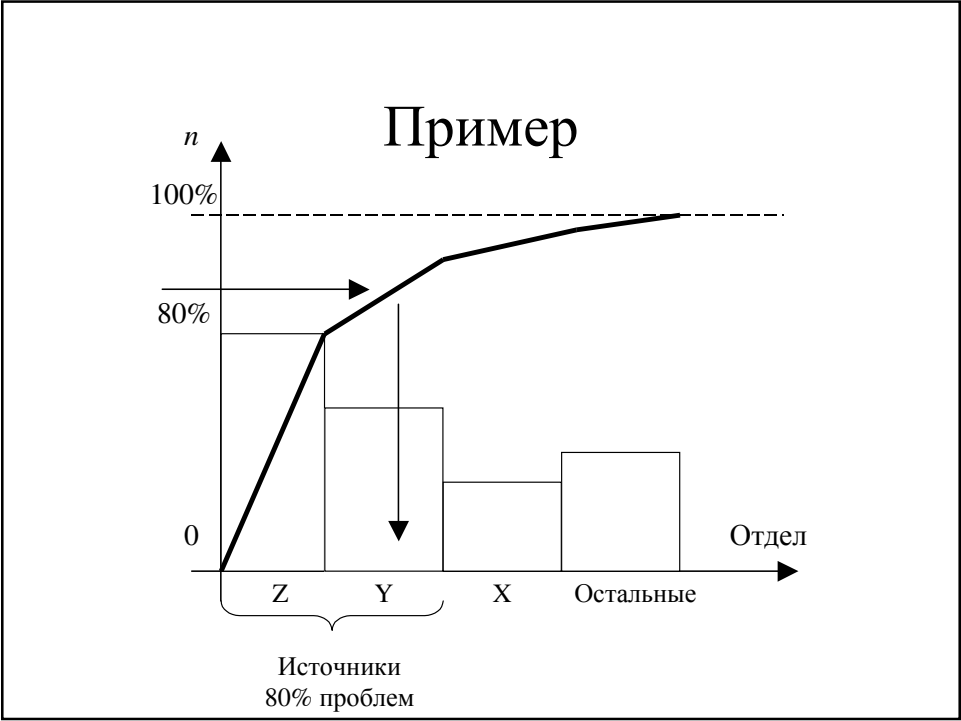
- собирают данные о потерях, убытках, проблемах, браке по каждой единице совокупности
- выстраивают данные по убыванию
- строят кумуляту – график накопленных потерь от брака, в процентах
- задают предел 80% потерь
- получают список единиц, ответственных за большинство потерь
- принимают меры по исправлению ситуации в порядке относительной важности

Алгоритм

- Сводка и группировка
- Сортировка
- Гистограмма
- Кумулята
- 80% квантиль
- Решение проблем

Пример





Задача

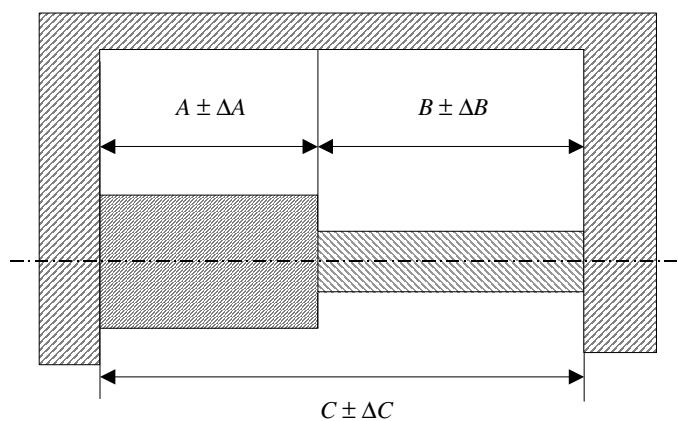
Отдел	Число проблем	n (%)
A	30	?
B	210	?
C	15	?
D	45	?
Всего	?	?

Отдел	n (%)	K (%)
?	?	?
?	?	?
?	?	?
?	?	?
Всего	?	?

Сортируем по убыванию, строим диаграмму Парето

Размерные цепи

Расчет размерных цепей



Несколько размеров образуют цепочку

Требуется рассчитать допуски: $\Delta - ?$

Точность размеров деталей

- В процессе производства необходимо обеспечивать точность выполнения деталей машин по чертежам
 - размеры
 - допуски (границы допустимых отклонений)
- *Размерная цепь* – совокупность размеров отдельных деталей, составляющих сборочный узел
 - *Звенья* – размеры отдельных деталей
 - *Конечное звено* – размеры, определяющие нормальную сборку и нормальное функционирование (заданные эксплуатационные показатели)

Допуски

- допустимая погрешность размеров
- класс точности
- обрабатывающие инструменты
- себестоимость производства

Задача

- Дано:

$$A \pm \Delta A$$

$$B \pm \Delta B$$

$$C \pm \Delta C$$

$$C = A + B$$

- Найти:

$$C \pm \Delta C$$

$$\Delta C = f(\Delta A, \Delta B) - ?$$

Интервальный подход

- Метод "минимума-максимума":
 - Общий допуск – сумма допусков деталей

$$\Delta C = \Delta A + \Delta B$$

Вероятностный подход

- Отклонения от заданных размеров имеют вероятностное распределение, независимое по каждой детали

- *Правило сложения дисперсий:*
- Дисперсия суммы равна сумме дисперсий

Сложение дисперсий

- Допуск – доверительный интервал
- Ошибка выборки пропорциональна с.к.о.

$$\Delta = t_{p,n} \cdot \sigma$$

$$\Delta C^2 = \Delta A^2 + \Delta B^2$$

$$D(C) = D(A) + D(B)$$

$$\Delta C = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta B^2}$$

Задача

- $A = 100 \pm 10$
- $B = 200 \pm 10$
- $C = \quad ? \pm ?$
- Найдите допуск ΔC интервальным и вероятностным методами

Контрольные карты

Контрольные карты

- Контрольная карта – диаграмма динамики качества производственного процесса
- На график наносят статистические *границы* регулирования либо предельные значения (технические нормы) и *измеренные значения* признака качества с привязкой ко времени
- Позволяет отслеживать *стабильность* технологических процессов
 - Карты Шухарта
 - Графическая проверка статистической гипотезы о среднем значении

Контрольные карты по количественному признаку

- карта средних значений (карта $\bar{x}$)
- карта медиан (карта Me)
- комбинированные карты:
 - карта $\bar{x} / s$
 - карта $\bar{x} / R$
 - карта Me / R

Контрольные карты по качественному признаку

- карта p
 - процент брака в партии
- карта c
 - число дефектов в единице продукции
- карта u
 - $u = c / n$
 - число дефектов на число единиц:
 - $unit$ (узел)

Контрольная карта средних значений

- В начале производства станок настраивают на номинальный размер A и определяют технологический разброс
- В процессе производства идет постепенная разладка
 - износ инструмента
 - нагрев и деформация детали
 - различия в сырье
- Регулярно берут n готовых деталей, вычисляют среднее арифметическое и проверяют статистическую гипотезу о генеральном среднем:

$$H_0 : \mu = A$$

Критическая область

$$A - z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \bar{x} < A + z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

A – номинальный размер

z – квантиль нормального распределения

α – уровень значимости

σ – с.к.о. – технологический разброс оборудования

заранее задано или

получено по фактическим данным

n – объем выборки

Контрольные границы

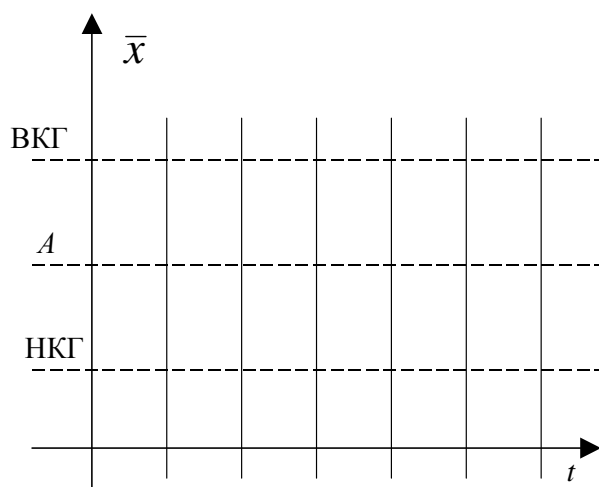
- нижняя контрольная граница (НКГ)

$$K_{\text{н}} = A - z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

- верхняя контрольная граница (ВКГ)

$$K_{\text{в}} = A + z_{\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Шаблон графика



Задача

- Построить контрольную карту средних значений

$$A = 1000 \text{ мм}$$

$$\sigma = 10 \text{ мм}$$

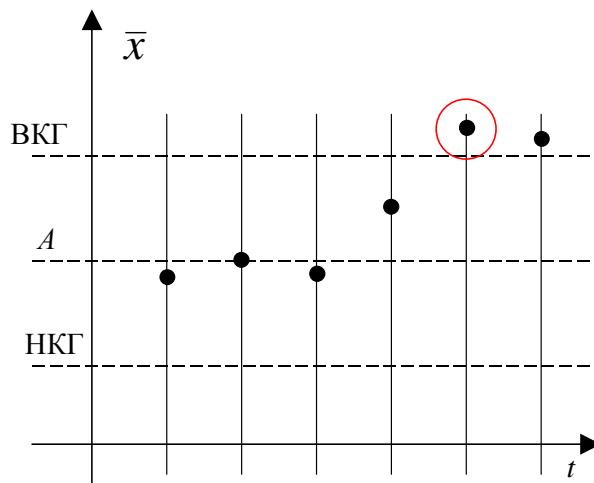
$$n = 10 \text{ деталей}$$

$$\alpha = 5\%$$

Методика контроля

- По мере отбора проб на график наносят выборочные средние с привязкой ко времени
- Пока среднее значение остается в пределах контрольных границ, процесс находится в статистически *подконтрольном состоянии*
- Выход за контрольную границу – сигнал к остановке производства и перенастройке станка. Станок находится в *неподконтрольном состоянии*
- Все детали, выпущенные после предпоследнего отбора, проходят разбраковку
- Техпроцесс останавливают после выхода за контрольную границу 3-5 последовательных значений

Пример контрольной карты



Задача

- Нанесите на контрольную карту результаты выборочного контроля

- Выборочные средние:

1000

1003

1002

1004

1005

1007

1010

- Определите момент переналадки оборудования

Контрольные границы и брак

- Выход за контрольные границы
 - признак разладки оборудования
 - ещё не означает выпуск брака
- Погрешность оборудования ниже конструкторских допусков

Предупредительные границы

- В дополнение к контрольным границам, на контрольные карты могут наноситься предупредительные границы
- При выходе за предупредительные границы
 - не требуется останавливать технологический процесс
 - нужно повысить внимание к оборудованию

Домашнее задание

- Контрольные карты медиан
- Контрольные карты процента брака
- Комбинированные контрольные карты «среднее – сигма»

Планы выборочного контроля

Выборочный контроль

- Приёмочный (приёмо-сдаточный) контроль – проверка выполнения технических требований к качеству изделий, согласованных между потребителем и изготовителем
- По результатам изучения выборки принимают или отклоняют всю партию товара

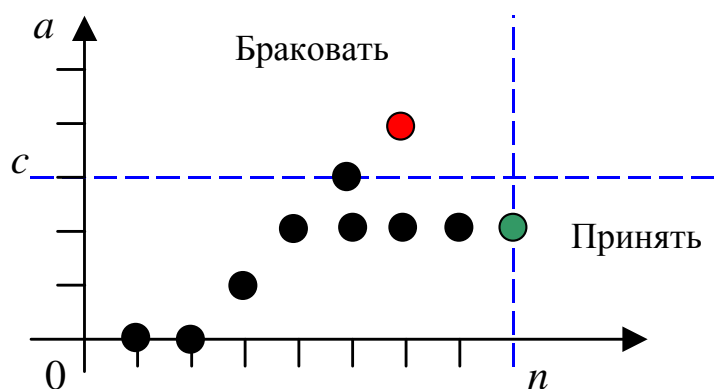
План контроля

- Перед проведением контроля устанавливают объем выборки и оценивают ошибки при принятии решения
- План контроля $\{n, c\}$
 - размер партии N
 - объем выборки n
 - приемочное число c
 - предельное число дефектных изделий
- Если фактическое число дефектных изделий в одной партии $a > c$, вся партия бракуется и возвращается изготовителю

Предельная диаграмма

- График траектории контроля
- n – число отобранных изделий
- a – число отбракованных изделий
- Случайная траектория:
 - новое отобранное изделие – новая точка правее предыдущей
 - «годное» – на том же уровне
 - «брак» – на единицу выше

Пример предельной диаграммы



Задача: План контроля {5; 2}

№	Брак
1	—
2	—
3	+
4	—
5	+

№	Брак
1	+
2	—
3	+
4	+
5	—

Построить предельную диаграмму и нанести траекторию контроля до момента принятия решения

Приёмо-сдаточный контроль

- Выявление брака в готовой продукции не влияет на ход производственного процесса
- Промежуточный контроль отдельных технологических операций
- Выборка – компромисс между точностью (надежностью) контроля и затратами на проведение контроля

Ошибки выборочного контроля

- Заказчик требует, чтобы партии браковались при проценте брака $p > p^*$
- Выборка → Ошибка выборки
- Ошибка первого рода
 - отклонить годную партию
 - риск изготовителя (поставщика)
- Ошибка второго рода
 - принять некачественную партию
 - риск заказчика (потребителя)

Разработка плана контроля: исходные данные

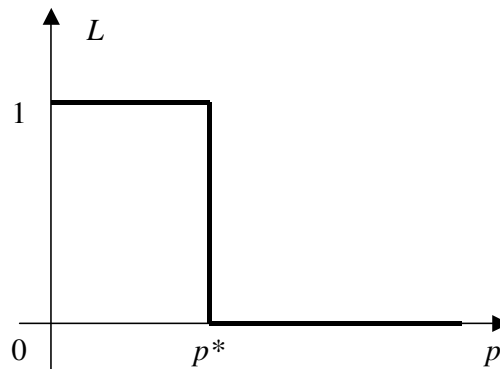
- α – вероятность отклонения годной партии
- p_α – допустимый уровень качества
- β – вероятность принятия партии с высоким процентом брака
- p_β – недопустимый уровень качества
- Между p_α и p_β находится зона неопределенности

Оперативная характеристика

- Для разработки плана контроля и для анализа эффективности плана используется оперативная характеристика (приемочная кривая)
- Вероятность приемки партии L : процент принятых партий в зависимости от доли брака в партии $L(p)$
- ОХ наглядно показывает зависимость между $\{\alpha, p_\alpha, \beta, p_\beta\}$ и параметрами плана $\{n, c\}$

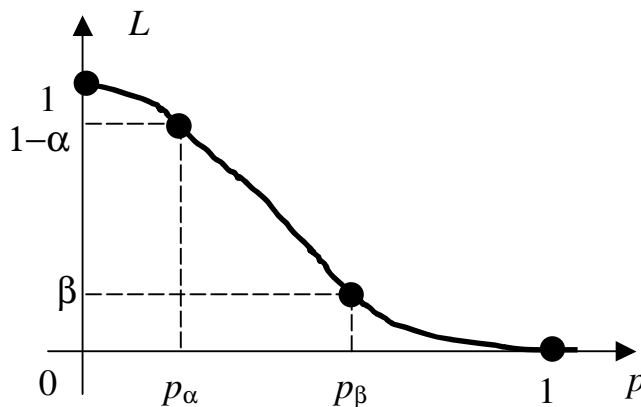
Идеальная оперативная характеристика

- Полный, стопроцентный контроль
- $n = N$



Оперативная характеристика

- Выборочный контроль
- $n < N$



Четыре точки О.Х.

- Функция $L(p)$ монотонно убывает
- График проходит через точки:

$$L(0) = 1$$

$$L(p_\alpha) = 1 - \alpha$$

$$L(p_\beta) = \beta$$

$$L(1) = 0$$

Выбор плана контроля

- Чем выше n , тем круче график $L(p)$, тем ближе ОХ к идеальной функции. При этом растут затраты на контроль
- Получаем целое семейство характеристик для различных значений n и c
- Находим подходящий выборочный план $\{n, c\}$ по значениям α и β с учетом издержек на проведение контроля

Построение О.Х.

- Идеальная характеристика – гипергеометрическое распределение
- Аппроксимируется распределением Пуассона, если доля брака не более 10%

Гипергеометрическое распределение

- Вероятность обнаружить k дефектных деталей среди n изделий, если доля брака в партии $p = M / N$ ($M = pN$ – целое)

$$P(X = k) = \frac{\binom{pN}{k} \binom{N - pN}{n - k}}{\binom{N}{n}}$$

Распределение Пуассона

- Для больших N и малых p гипергеометрическое распределение аппроксимируется распределением Пуассона

$$P(X = k) = \frac{(pn)^k e^{-pn}}{k!}$$

Вероятность приемки

- Приемка партии, если количество брака в выборке не превышает выборочного числа c

$$\begin{aligned} L(p) &= P(X \leq c) = \\ &= P(X = 0) + P(X = 1) + \dots + P(X = c) = \\ &= \sum_{k=0}^c P(X = k) \end{aligned}$$

Постановка задачи

- Дано:

$$L(p_\alpha; n, c) = 1 - \alpha$$

$$L(p_\beta; n, c) = \beta$$

- Найти: $\{n, c\}$
- n, c – целые числа

Биномиальное распределение

- Корзина:
 - p – доля черных шаров
 - q – доля белых шаров
- Случайная выборка: вынимают n шаров
- Какова вероятность p_k того, что в выборке окажется k черных шаров?

$$p_k = P(X = k) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k} \quad (k = 0, 1, \dots, n)$$

Биномиальные коэффициенты

$$C_k^n = \binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

- Треугольник Паскаля

Риск поставщика

$$\begin{aligned} L(p_\alpha; n, c) &= \\ &= \sum_{k=0}^c \frac{\binom{p_\alpha N}{k} \binom{N - p_\alpha N}{n - k}}{\binom{N}{n}} = 1 - \alpha \end{aligned}$$

Риск заказчика

$$\begin{aligned} L(p_\beta; n, c) &= \\ &= \sum_{k=0}^c \frac{\binom{p_\beta N}{k} \binom{N - p_\beta N}{n - k}}{\binom{N}{n}} = \beta \end{aligned}$$

Распределение Пуассона

$$\begin{aligned} L(p_\alpha; n, c) &= \\ &= \sum_{k=0}^c \frac{(p_\alpha n)^k e^{-p_\alpha n}}{k!} = 1 - \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L(p_\beta; n, c) &= \\ &= \sum_{k=0}^c \frac{(p_\beta n)^k e^{-p_\beta n}}{k!} = \beta \end{aligned}$$

Решение задачи

- «Обратная задача»:
 - задаём $\{n, c\} \rightarrow$ находим L
 - сравниваем с заданными значениями
- Подбор ближайшего целочисленного решения
 - Расчеты и перебор вариантов
 - Пакеты программ
 - Номограммы (графическое решение)

Домашнее задание

- Номограмма