

# Лекція 10

## Первинний статистичний аналіз

1. Застосування статистики при аналізі результатів вимірювань ПЗ.
2. Первинний статистичний аналіз.
3. Закон розподілу.
4. Статистичні перевірки.

# Проблема аналізу вимірювань

- На основі вимірювання простих властивостей програмного забезпечення потрібно робити висновки про загальні його властивості

# Застосування статистичного аналізу для ПЗ

- Ідентифікація розподілу
- Пошук та відображення залежностей між даними
- прогнозування

# Вибірка

- Це деякий набір значень величини із загальної кількості її значень (генеральної сукупності).
- Достатність вибірки – представлення вибіркою генеральної сукупності (при збільшенні об'єму даних середні статистичні характеристики змінюються несуттєво)

# Гістограми

- Побудова варіаційного ряду (гістограми) вимагає ранжування результатів спостережень та обчислення відповідних їм частот і випадковостей:

$$\begin{array}{cccc} x_{1'} & x_{2'} & \dots & x_r \\ n_{1'} & n_{2'} & \dots & n_r \\ f_{1'} & f_{2'} & \dots & f_r \end{array}$$

- де  $r$  – кількість варіант;
- $x_i$  –  $i$ -те значення  $x$  метрики;
- $n_i$  – частота  $x_{i'}$  ;
- - випадковість  $x_{i'}$ .

# Гістограми

- Для побудови гістограми проводиться розбиття варіаційного ряду на класи. Для цього фіксується рівномірне розбиття осі спостережень  $\Delta_h$  на класи, де  $h$  — крок розбиття. Крок розбиття визначається із співвідношення:

$$h = \frac{b - a}{m}$$

- $a$  — початок спостережень (окремий випадок  $x_1 = a$ );
- $b$  — кінець спостережень (окремий випадок  $x_r = b$ );
- $m$  — кількість елементів розбиття  $\Delta_h$  (кількість

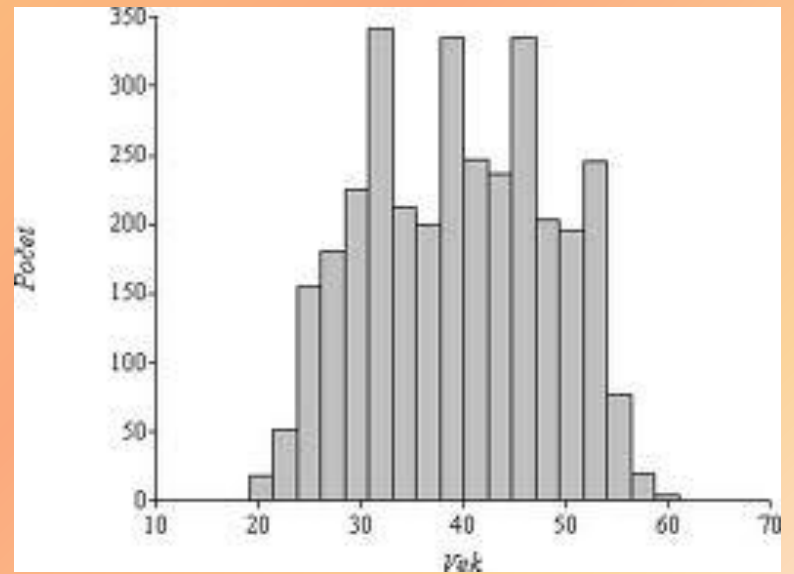
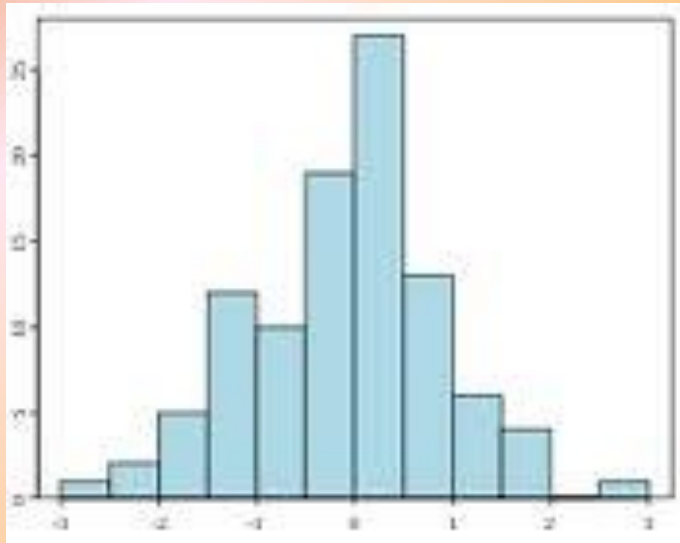
# Гістограми

- Кількість класів — величина довільна.
- Краще вибирати  $m$  непарним і таким, щоб гістограма, по можливості, не мала осциляції випадковостей і була більш-менш "гладкою".
- Існує оптимальна кількість класів, яка залежить від обсягу даних вибірки  $n$  та від типу їх закону розподілу (мається на увазі врахування асиметрії та ексцесу). При  $n < 100$  можна використати формулу

$$m = \begin{cases} \left[ \sqrt{n} \right], & \text{коли } \left[ \sqrt{n} \right] - \text{парне,} \\ \left[ \sqrt{n} \right] - 1, & \text{коли } \left[ \sqrt{n} \right] - \text{непарне,} \end{cases}$$



# Гістограми



# Аналіз неперервних та дискретних даних

- Неперервні дані представляються у вигляді функцій
- При аналізі дискретні дані краще представляти у неперервній формі

# Математичне сподівання

- Середнє арифметичне, яке є оцінкою математичного сподівання випадкової величини

$$\bar{x} = \hat{v}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r x_i n_i = \sum_{i=1}^r x_i f_i$$

# Дисперсія та середнє квадратичне відхилення

- Вибіркова дисперсія та середньоквадратичне відхилення характеризує розсіювання вибіркового даних відносно середнього

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^r (x_i - \bar{x})^2 n_i = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 f_i, \sigma = S$$

# Коефіцієнти асиметрії та ексцесу

- Коефіцієнт асиметрії, що характеризує асиметричність функції щільності (гістограми) відносно середнього

$$\hat{A} = \frac{\hat{\mu}_3}{\hat{\sigma}^3} = \frac{1}{n\hat{\sigma}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 = \frac{1}{n\hat{\sigma}^3} \sum_{i=1}^r (x_i - \bar{x})^3 n_i = \frac{1}{\hat{\sigma}^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 f_i$$

- Коефіцієнт ексцесу характеризує гостровершинність функції розподілу (гістограми) відносно нормального

$$\hat{E} = \frac{\hat{\mu}_4}{\hat{\sigma}^4} = \frac{1}{n\hat{\sigma}^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 = \frac{1}{n\hat{\sigma}^4} \sum_{i=1}^r (x_i - \bar{x})^4 n_i = \frac{1}{\hat{\sigma}^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 f_i$$

# Довірчі інтервали

- Використовується для оцінювання точності оцінок параметрів

$$\hat{\theta} - t_{\alpha/2, v} \sigma\{\hat{\theta}\} < \theta < \hat{\theta} + t_{\alpha/2, v} \sigma\{\hat{\theta}\},$$

- $t_{\alpha/2, v}$  – квантиль  $t$ -розподілу Стюдента.
- За величину беруть відповіді точкову оцінку, а значення  $a$  визначають із співвідношень:

$$\sigma\{\bar{x}\} = \frac{S}{\sqrt{n}},$$

$$\sigma\{S\} = \frac{S}{\sqrt{2n}},$$

$$\sigma\{\bar{A}\} = \sqrt{\frac{6}{n} \left(1 - \frac{12}{2n+7}\right)} \text{ або } \sigma\{\bar{A}\} = \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}},$$

$$\sigma\{\bar{E}\} = \sqrt{\frac{24}{n} \left(1 - \frac{225}{15n+124}\right)} \text{ або } \sigma\{\bar{E}\} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}},$$

# Вилучення аномальних значень

- Обчислені значення статистики

$$t = \frac{|x_{zp} - \bar{x}|}{S}$$

- Порівнюється з критичним значенням  $t_{\alpha/2, v}$  (квантиль розподілу Стюдента)
- При  $t \geq t_{\alpha/2, v}$  підлягає видаленню

# Вилучення аномальних значень

- Підсумком аналізу варіаційного ряду або гістограми може бути попередній висновок про наявність аномальних ("грубих") значень  $x_{гр}$ .
- Візуально такі значення можна ідентифікувати з аналізу гістограм, коли значення варіаційного ряду досить суттєво віднесене від загальної сукупності даних та має порівняно малу випадковість.
- Варіанта  $x_i$  за своїм значенням може різко відхилятися від загальної сукупності варіант у двох випадках:
  - якщо вона належить до генеральної сукупності, як і основна група, проте є малоймовірною подією
  - або якщо має місце випадкове порушення умов експерименту.



# Види розподілів

- Однопараметричні

- Експоненційний
- Релея
- Максвелла
- Пірсона
- Т-розподіл  
Стьюдента

- Двопараметричні

- Рівномірний
- Паретто
- Нормальний
- Логарифмічно-  
нормальний
- Лапласа
- Гамма-розподіл
- Екстремальний
- Розподіл Вейбула

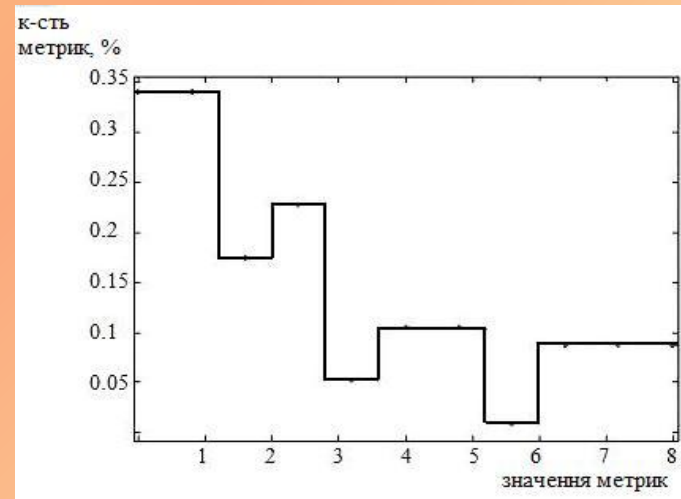
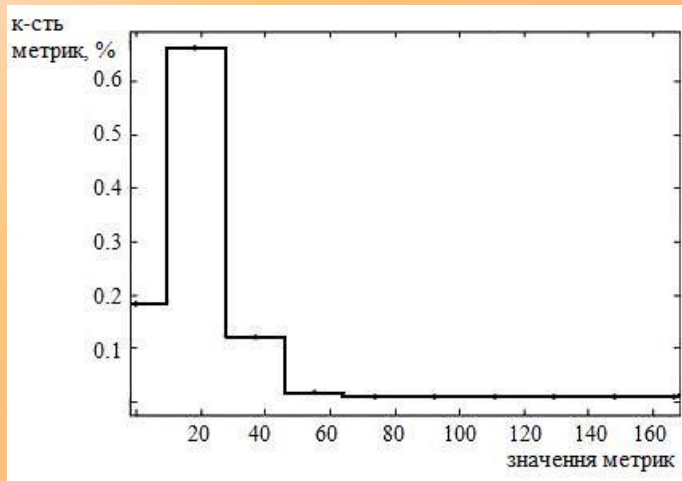
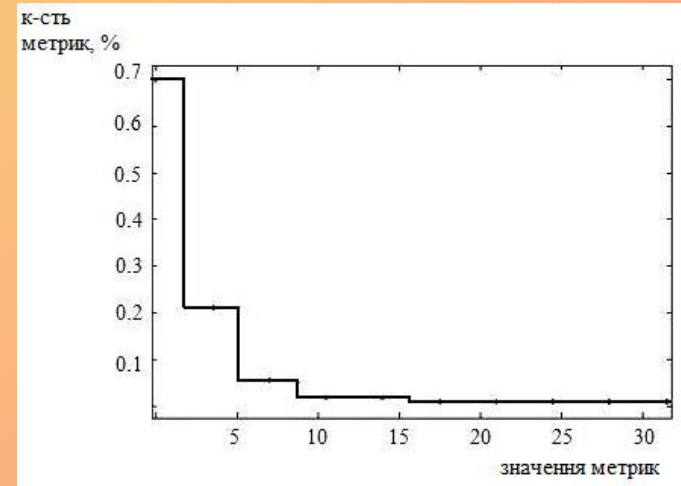
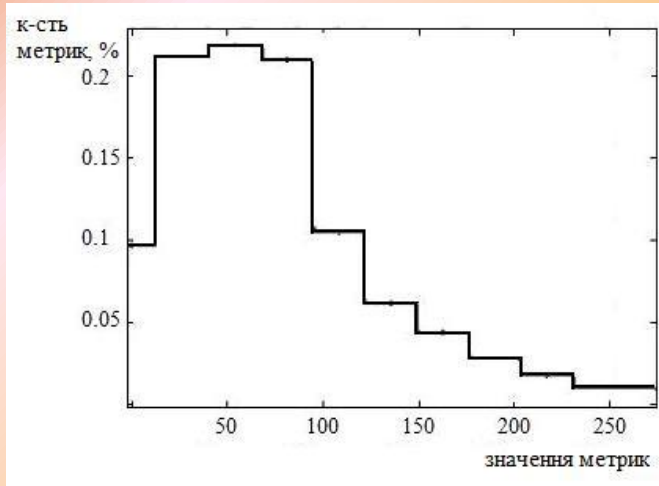
# Закон розподілу

- Використовується для дискретної випадкової величини
- Показує множину можливих подій з ймовірностями їх настання

# Ідентифікація розподілів (крок 1)

- На практиці при первинному статистичному аналізі тип розподілу невідомий
- Попередньо проводять ідентифікацію, аналізуючи гістограму (крок 1)

# Ідентифікація розподілів



# Ідентифікація розподілів

- Унімодальна гістограма:
  - Експоненційний
  - Вейбула з параметром  $\beta \leq 1$
  - Паретто
  - ...
- Симетрична гістограма:
  - Нормальний
  - Розподіл Стюдента
  - Лапласа
  - Коші
  - Релея
- Одномодальна асиметрична гістограма:
  - Логарифмічно-нормальний
  - Вейбула з параметром  $\beta > 1$

# Ідентифікація розподілів (крок 2)

- Вибір конкретного типу розподілу за емпіричною функцією розподілу (крок 2)
- 2 підходи:
  - Перетворення функції розподілу для надання лінійного вигляду (переважно – перетворення Джонсона)
  - Моментна ідентифікація – за допомогою коефіцієнтів асиметрії та ексцесу

# Ідентифікація розподілів – моментні характеристики

Розподіл	A	E
Нормальний	0	0
Експоненційний	2	6
Максвелла	0,065375	1,569972
Рівномірний	0	1,2
Лапласа	2,12132	3
Екстремальний	1,12396	2,4

Вибір розподілу базується на перевірці гіпотези відхилення емпіричних значень від заданих в таблиці

Уточнення розподілу здійснюється на основі критеріїв згоди

# Відтворення розподілів

- Метою відтворення розподілів є побудова функції розподілу за вибірковими даними



# Схема відтворення розподілів

## Основні кроки

- 1. Первинний статистичний аналіз
- 2. Знаходження оцінок параметрів
- 3. Оцінювання точності оцінок параметрів шляхом обчислення дисперсії та довірчих інтервалів
- 4. Обчислення значень статистичної функції розподілу у точках варіаційного ряду
- 5. Визначення одного або кількох критеріїв згоди
- 6. Довірче оцінювання теоретичної функції розподілу ймовірностей

# Схема відтворення розподілів

## Первинний статистичний аналіз

- Формування варіаційних рядів
- Розбиття варіаційних рядів на класи
- Вилучення аномальних значень
- Обчислення емпіричної функції розподілу ймовірностей
- Знаходження статистичних характеристик вибірки з довірчим оцінюванням
- Ідентифікація типу розподілу

# Методи оцінки параметрів розподілу

- Метод максимальної правдоподібності – відбувається порівняння емпіричних та теоретичних статистичних характеристик
- Метод моментів – базується на порівнянні теоретичних та статистичних початкових або центральних моментів
- Метод найменших квадратів – використовується при ефективному перетворенні функції розподілу до

# Висновки

- Статистичний аналіз найбільш використовується при аналізі деяких вибірок даних