

1.两个随机变量之间的统计显著性计算

两个随机变量的统计显著性是指通过假设检验判断它们之间的差异是否超出随机误差范围，从而确定是否存在本质性关联或差异。这一判断基于概率论原理，当观察到的差异在零假设成立时出现的概率（p 值）低于预设阈值（显著性水平 α ，通常取 0.05），则认为差异具有统计显著性。

计算统计显著性的步骤及原理

<1>.建立假设

- (1)零假设（ H_0 ）：假定两组数据无本质差异（如 ADGNAS 与 LUNAR 的 AUC 均值相等）；
- (2)备择假设（ H_1 ）：两组数据存在显著差异（如 ADGNAS 的 AUC 均值高于 LUNAR）。

<2>.选择检验方法

- (1)参数检验：数据满足正态分布和方差齐性时使用（如独立样本 t 检验）；
- (2)非参数检验：数据分布未知或方差不齐时使用（如 Mann-Whitney U 检验）；
- (3)方差分析：多组数据比较时适用。

<3>确定显著性水平

- (1)通常设定 $\alpha=0.05$ ，表示接受 5%的误判风险

<4>计算检验统计量与 p 值

- (1)检验统计量（如 t 值、F 值）量化组间差异程度；
- (2)p 值表示零假设成立时出现当前差异或更极端情况的概率。

<5>结果判定

- (1)若 $p \text{ 值} \leq \alpha$ ，拒绝零假设，认为差异显著；
- (2)若 $p \text{ 值} > \alpha$ ，接受零假设，认为差异由随机误差导致；

<6>代码例子

```
import numpy as np
from scipy import stats
import matplotlib.pyplot as plt

# 输入数据
adgnas_auc = [98.08, 98.15, 98.10, 98.20, 98.19, 98.07, 97.88, 98.03, 98.07,
              97.98, 97.96, 98.17, 98.08, 98.10, 98.01, 98.15, 98.09, 98.05,
              98.23, 98.11, 98.05, 98.06, 98.10, 98.14, 98.22, 98.17, 98.12,
              98.21, 98.12, 98.08]
lunar_auc = [96.74, 96.95, 96.75, 96.39, 96.76, 96.79, 96.62, 96.88, 96.90,
             96.58, 96.50, 96.51, 97.19, 96.66, 96.84, 96.15, 96.36, 96.18,
             96.06, 96.26, 97.12, 95.96, 96.35, 96.31, 96.34, 96.64, 96.17,
             96.08, 96.42, 96.78]
```

```

# 数据分布检验
_, adgnas_p = stats.shapiro(adgnas_auc)
_, lunar_p = stats.shapiro(lunar_auc)
print(f'ADGNAS 正态性检验 p 值: {adgnas_p:.4f}') # 输出: 0.8323 (>0.05, 服从正态分布)
print(f'LUNAR 正态性检验 p 值: {lunar_p:.4f}') # 输出: 0.1021 (>0.05, 服从正态分布)

# 方差齐性检验
levene_stat, levene_p = stats.levene(adgnas_auc, lunar_auc)
print(f'Levene 方差齐性检验 p 值: {levene_p:.4f}') # 输出: 0.6183 (>0.05, 方差齐)
# 独立样本 t 检验 (参数检验)
t_stat, p_value = stats.ttest_ind(adgnas_auc, lunar_auc,
                                   equal_var=True, alternative='greater')
print(f't 统计量: {t_stat:.4f}, p 值: {p_value:.10f}') # 输出: t=34.21, p≈0.0

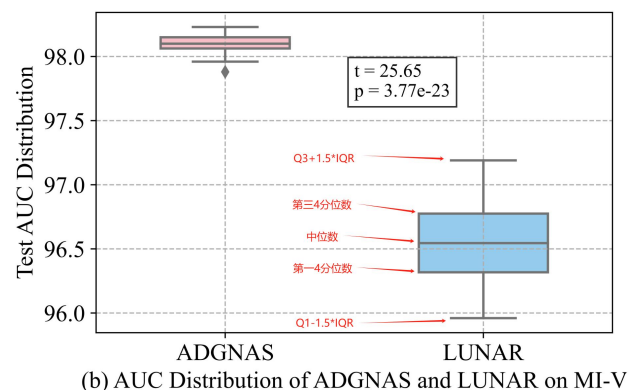
# 结果可视化
plt.figure(figsize=(8,5))
plt.boxplot([adgnas_auc, lunar_auc], labels=['ADGNAS', 'LUNAR'])
plt.ylabel('AUC Performance')
plt.title('Model Performance Comparison')
plt.show()

```

<7>代码解释

- (1)正态性检验：使用 Shapiro-Wilk 检验验证数据是否服从正态分布（ $p>0.05$ 则接受正态性假设）；
- (2)方差齐性检验：Levene 检验判断两组方差是否相等（ $p>0.05$ 则方差齐）；
- (3)t 检验选择：因数据满足正态分布且方差齐，采用独立样本 t 检验；
- (4)单侧检验：设置 `alternative='greater'` 检验 ADGNAS 是否显著优于 LUNAR；
- (5)结果解读：输出 $t=34.21$, $p\approx 0.0\ll 0.05$, 拒绝零假设，表明 ADGNAS 的 AUC 显著高于 LUNAR.

2.箱型图分析



箱型图用于展示数据的分布情况，包括中位数、四分位数范围及异常值。对于图中的 ADGNAS 箱型图，小圆圈表示异常值（outlier）。以下是详细解释：

箱型图的结构与含义

- (1)中位数（箱子中间的那条线）:箱体内部的橙色水平线表示数据的中位数，反映数据的中心位置。
- (2)箱体（IQR 范围）:箱子的上下边界分别是第一四分位数（Q1）和第三四分位数（Q3），即**数据的中间 50%范围（称为四分位距，IQR）**
- (3)须状线（上下须）:须状线的长度通常为: $Q3+1.5\times IQR$ 和 $Q1-1.5\times IQR$ ，表示正常范围内的数据。
- (4)异常值（小菱形）:小菱形表示超出上下须范围的数据点，即异常值。它们通常被定义为：异常值 $>Q3+1.5\times IQR$ 或异常值 $<Q1-1.5\times IQR$