

## Roc 曲线

## 目录

Roc 计算原理.....	2
1. 构建混淆矩阵.....	2
2. 计算 TPR 和 FPR .....	2
3. 设置阈值.....	2
4. 绘制 ROC 曲线 .....	2
5. 计算 AUC .....	2
各类指标 .....	3
联合诊断 .....	3
关于 Hanley & McNeil 检验.....	3
Delong 对比.....	3
参考文献 .....	3

Roc 曲线 (Receiver Operating Characteristic curve) 是一种用于评估二分类模型性能的图形工具。它展示了在不同分类阈值下, 模型的真阳性率 (True Positive Rate, TPR, 也称 Sensitivity) 与假阳性率 (False Positive Rate, FPR) 之间的关系。在 SPSSAU 中支持:

- ✓ 批量放入‘标题’进行 Roc 曲线绘制和计算;
- ✓ 支持设置切割点(cut point), 默认情况下以 1 作为切割点, 等于 1 则为阳性反之为阴性;
- ✓ 支持 Delong 对比;
- ✓ 支持联合诊断, 如果选中联合诊断则只输出联合诊断结果;
- ✓ 支持 Hanley & McNeil 检验。

The interface includes a blue '开始分析' (Start Analysis) button, a trash icon, a '分割点, 默认为1' (Cut point, default 1) input field with a help icon, a '联合诊断' (Joint Diagnosis) checkbox, and a 'Delong对比' (Delong Comparison) checkbox. Below these are two large grey input areas labeled '状态变量(y)' (Status Variable) and '检验变量(x)' (Test Variable).

## Roc 计算原理

### 1. 构建混淆矩阵

首先构建混淆矩阵，如下：

	预测为阳性	预测为阴性
实际为阳性	<i>TP</i>	<i>FN</i>
实际为阴性	<i>FP</i>	<i>TN</i>

混淆矩阵包含四个基本元素：

**TP (True Positive)**：实际为阳性且预测为阳性的样本数；

**TN (True Negative)**：实际为阴性且预测为阴性的样本数；

**FP (False Positive)**：实际为阴性但预测为阳性的样本数；

**FN (False Negative)**：实际为阳性但预测为阴性的样本数。

### 2. 计算 TPR 和 FPR

- 真阳性率 (*TPR*)

*TPR* 表示正确识别的阳性样本占有所有实际阳性样本的比例，计算公式为：

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

- 假阳性率 (*FPR*)

*FPR* 表示错误识别的阴性样本占有所有实际阴性样本的比例，计算公式为：

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

除此之外，还有一个重要指标即特异度 (*specificity*)，其表示在所有实际为阴性的样本中，被正确识别为阴性的比例，计算公式为：

$$specificity = \frac{TN}{FP + TN}$$

### 3. 设置阈值

选择不同的阈值 (*Cut-off points*)，并且针对每个阈值，计算 *TPR* 和 *FPR*。

SPSSAU 中‘阈值’即‘检测变量 Y’的不同的数值点。

### 4. 绘制 ROC 曲线

将不同阈值 (*Cut-off points*) 下计算得到的 *TPR* 和 *FPR* 绘制在坐标系中，横轴为 *FPR*，纵轴为 *TPR*，形成 ROC 曲线。

### 5. 计算 AUC

*AUC* (*Area Under the Curve*) 值用于量化 ROC 曲线的性能，值范围在 0 到 1 之间。*AUC* 的计算可以通过数值积分的方法实现，常用的计算方法包括梯形法则。*AUC* 的计算公式 *AUC* 的计算公式可以表示为：

$$AUC = \int_0^1 TPR(FPR) dFPR$$

在实际应用中，可使用梯形法则进行计算，如下公式：

$$AUC \approx \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(FPR_{i+1} - FPR_i) \times (TPR_{i+1} + TPR_i)}{2}$$

其中， $n$  是不同阈值 (Cut-off points) 的数量。

### 各类指标

除 AUC 指标外，SPSSAU 还输出最佳界值 (即约登指数, Youden Index)，以及对应的敏感度 (Sensitivity, 也称 TPR)、特异度 (specificity)、阈值 (Cut-off points)。

尤登指数定义为真阳性率 (Sensitivity) 与假阳性率 (1-Specificity) 之差的最大值。其数学表达式为:

$$J = \max_c [\text{Sensitivity}(c) + \text{Specificity}(c) - 1]$$

其中， $c$  表示分类阈值。尤登指数的取值范围在  $[-1, 1]$  之间，当指数越接近 1 时，表示模型性能越好。

### 联合诊断

选中 ‘联合诊断’ 参数后，SPSSAU 默认只提供 ‘联合诊断’ 的结果，其意义为将所有的 ‘检验变量 X’ 与 ‘状态变量 Y’ 进行二元 logit 回归，并且得到预测值，使用预测值与 ‘状态变量 Y’ 进行 Roc 曲线得到的结果。

### 关于 Hanley & McNeil 检验

关于 Hanley & McNeil 检验，可查阅下述文献：Hanley J A, Mcneil B J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve.[J].Radiology, 1982, 143(1):29.DOI:10.1148/radiology.143.1.7063747.

### Delong 对比

关于 DeLong 对比，可查阅下述文献：Sun X, Xu W. Fast Implementation of DeLong's Algorithm for Comparing the Areas Under Correlated Receiver Operating Characteristic Curves[J].IEEE Signal Processing Letters, 2014, 21(11):1389-1393.DOI:10.1109/LSP.2014.2337313.

### 参考文献

- 【1】 The SPSSAU project (2024). SPSSAU. (Version 24.0) [Online Application Software]. Retrieved from <https://www.spssau.com>.
- 【2】 周俊, 马世澎. SPSSAU 科研数据分析方法与应用. 第 1 版[M]. 电子工业出版社, 2024.
- 【3】 Hanley J A, Mcneil B J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve.[J].Radiology, 1982, 143(1):29.DOI:10.1148/radiology.143.1.7063747.
- 【3】 DeLong E R, DeLong D M, Clarke-Pearson D L. Comparing the areas under two or more correlated receiver operating characteristic curves: a nonparametric approach.[J].Biometrics, 1988, 44(3):837.DOI:10.2307/2531595.

**【4】** Sun X , Xu W .Fast Implementation of DeLong's Algorithm for Comparing the Areas Under Correlated Receiver Operating Characteristic Curves[J].IEEE Signal Processing Letters, 2014, 21(11):1389-1393.DOI:10.1109/LSP.2014.2337313.

**【5】** 吕邦泰,杨昌国.用 Excel 软件制作 ROC 曲线评价系统[J].浙江检验医学,2003,02(v.1):43-44+46.