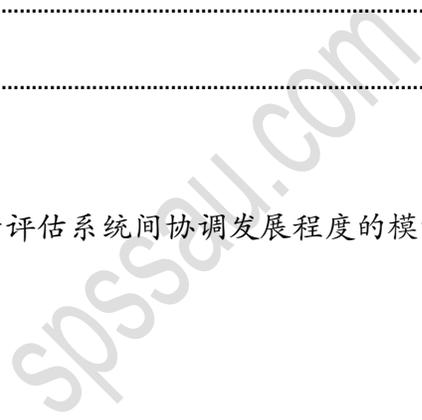


耦合协调度算法

目录

SPSSAU 操作.....	2
SPSSAU 数据格式.....	3
算法.....	3
1. 准确数据.....	3
2. 无量纲化指标.....	3
3. 计算耦合度.....	3
4. 计算协调指数.....	4
5. 计算耦合协调度.....	4
6. 计算协调等级.....	4
参考文献.....	4

耦合协调度模型(Coupling)是一种用于评估系统间协调发展程度的模型。其位于 SPSSAU-» 综合评价-» 耦合协调度。



## SPSSAU 操作

The image shows a user interface for SPSSAU analysis. At the top left is a blue button labeled '开始分析' (Start Analysis). To its right are three options: '保存计算值' (Save Calculation Values) with an unchecked checkbox, '指标权重' (Indicator Weights) with an unchecked checkbox, and '数据区间化' (Data Intervalization) with a checked checkbox and a help icon. Below these options is a large empty rectangular box for analysis items. At the bottom of the interface are two additional options: '协调指数' (Coordination Index) with '[可选]' (Optional) and '标签' (Label) with '[可选]' (Optional).

将分析项拖拽至右侧框然后‘开始分析’即可。如果有单独提供协调指数数据，此可拖拽进入‘协调指数’框中，也可将研究对象拖拽到‘标签’框中。SPSSAU 中涉及 3 项参数，分别是保存计算值、指标权重和数据区间化。

- ✓ 保存计算值：选中该参数后，SPSSAU 会将耦合度 C 值、协调指数 T 值、耦合协调度 D 值和协调等级共 4 项，分别保存为新的标题，标题名称分别类似为“Coupling\_C\_\*\*\*\*\*”、“Coupling\_T\_\*\*\*\*\*”、“Coupling\_D\_\*\*\*\*\*”和“Coupling\_Rank\_\*\*\*\*\*”。
- ✓ 指标权重：计算协调指数 T 值时会使用到该参数信息，SPSSAU 默认会对输入权重进行归一化处理，与此同时，如果不输入该参数信息，此时默认各分析项的权重相等。
- ✓ 数据区间化：默认选中该参数，以列为单位，将每列数据均压缩在 0.01 ~ 0.99 区间范围内。

**提示：**研究者也可通过 SPSSAU-» 数据处理-» 生成变量功能自行进行数据区间化处理。

## SPSSAU 数据格式

	1	A	2	B	C	D	E
1	研究对象	系统1	系统2	系统3	系统4		
2	对象 1						
3	对象 2						
4	对象 3						
5	对象 4						
6	对象 5						
7							
8							

耦合协调度研究不同系统之间的耦合协调情况，因此 1 列表示 1 个系统的数据，1 行表示 1 个研究对象，如果有提供协调系数，则单独使用 1 列数据进行标识。

## 算法

## 1. 准备数据

首先，确定反映系统发展水平的指标数据。设有  $n$  个系统，分别记为  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。

## 2. 无量纲化指标

由于指标的量纲不同，可能需要将指标进行无量纲化处理。比如可以使用极差标准化法：

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \min\{x_j\}}{\max\{x_j\} - \min\{x_j\}}$$

其中  $x_{ij}^*$  为无量纲化后的指标值， $x_{ij}$  为原始指标值， $\max\{x_j\}$  和  $\min\{x_j\}$  分别为第  $j$  个指标的最大值和最小值。

提示：量纲处理方式有很多种，比如标准化，正向化和逆向化等，具体可通过 SPSSAU-» 数据处理-» 生成变量功能进行设置。SPSSAU 在算法上无此处理步骤。

## 3. 计算耦合度

耦合度  $C$  反映了系统的关联程度，计算公式为：

$$C_1(U_1, U_2, \dots, U_n) = n \times \left[ \frac{U_1 U_2 \cdots U_n}{(U_1 + U_2 + \cdots + U_n)^n} \right]^{\frac{1}{n}}$$

$$C_2(U_1, U_2, \dots, U_n) = 2 \times \left[ \frac{U_1 U_2 \cdots U_n}{\prod_{i < j} (U_i + U_j)^{\frac{2}{n-1}}} \right]^{\frac{1}{n}}$$

比如当仅为 2 个系统时，计算公式为：

$$C = 2 \times \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)}}$$

其中  $U_1$  和  $U_2$  分别为两个系统数据。

#### 4. 计算协调指数

协调指数  $T$  反映了系统的协调发展程度，计算公式为：

$$T = \beta_1 \times U_1 + \beta_2 \times U_2 + \beta_3 \times U_3 + \dots + \beta_n \times U_n$$

$\beta$  表示系统的权重值， $U$  为系统数据。如果各个系统的权重一致，此时  $\beta$  值全部均为  $1/n$ ， $n$  为系统个数，如果研究者进行过权重设置，则以研究者设置权重为准（并且 SPSSAU 会对权重自动进行归一化处理）。

如果研究者分析时已经放入协调指数，SPSSAU 则以研究者放入的协调指数为准，而不单独进行计算。

#### 5. 计算耦合协调度

耦合协调度  $D$  综合考虑耦合度和协调度，计算公式为：

$$D = \sqrt{C \times T}$$

$C \times T$  值不能小于 0，基于此原因，一般情况下希望  $C$  值和  $T$  值均大于 0，以保证  $D$  值的正常计算， $C$  值和  $T$  值均是基于  $U$  值即系统数据计算而来，因而一般情况下需要提前处理好数据，保证  $U$  值大于 0，防止无法计算出耦合协调度  $D$  值。

#### 6. 计算协调等级

根据计算得到的耦合协调度  $D$ ，可以评估系统间的协调发展水平。 $D$  越大，表示两个子系统协调发展程度越高。SPSSAU 提供协调等级划分标准，如下表格：

耦合协调度等级划分标准

耦合协调度 $D$ 值区间	协调等级	耦合协调程度
[0.0~0.1)	1	极度失调
[0.1~0.2)	2	严重失调
[0.2~0.3)	3	中度失调
[0.3~0.4)	4	轻度失调
[0.4~0.5)	5	濒临失调
[0.5~0.6)	6	勉强协调
[0.6~0.7)	7	初级协调
[0.7~0.8)	8	中级协调
[0.8~0.9)	9	良好协调
[0.9~1.0]	10	优质协调

#### 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】丛晓男. 耦合度模型的形式、性质及在地理学中的若干误用[J]. 经济地理, 2019(4).