



浙江财经大学
Zhejiang University of Finance & Economics

评价指标的预处理



周银香

浙江财经大学 数据科学学院

2019.05.12



评价指标 的预处理

- 同向化
- 无量纲化



一、评价指标预处理：同向化



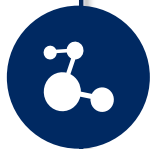
评价指标 的同向化

同向化是将**逆向指标**和**适度指标**转化为正向指标，也称为**指标的正向化**。



1. 逆向指标的正向化：

常用方法有差式变化和商式变化两种



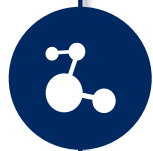
差变化

$$y' = c - y$$

式中 y 与 y' 为变换前后的指标， c 为非负常数，也即

$$y' + y = c \quad c \text{ 又称为约束总量}$$

例：废品率与合格率



商变化式

$$y' = c / y$$

式中 y 与 y' 为变换前后的指标， c 为正常数，通常可取 $c=1$

$$y' = 1 / y \quad \text{也称“倒数变换法”}$$

例：生师比，周转速度类指标



2. 适度指标的正向化：

常用方法为绝对值倒数法

绝对值倒数法

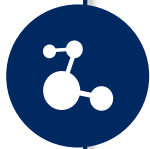
基本思路：先确定一个最优的适度值（或理想值） k ，然后按照下述公式进行转换：

$$y' = \frac{1}{|y - k|}$$

$|y - k|$ 反映了适度指标的实际值与适度值之间的偏差



二、评价指标的预处理：无量纲化

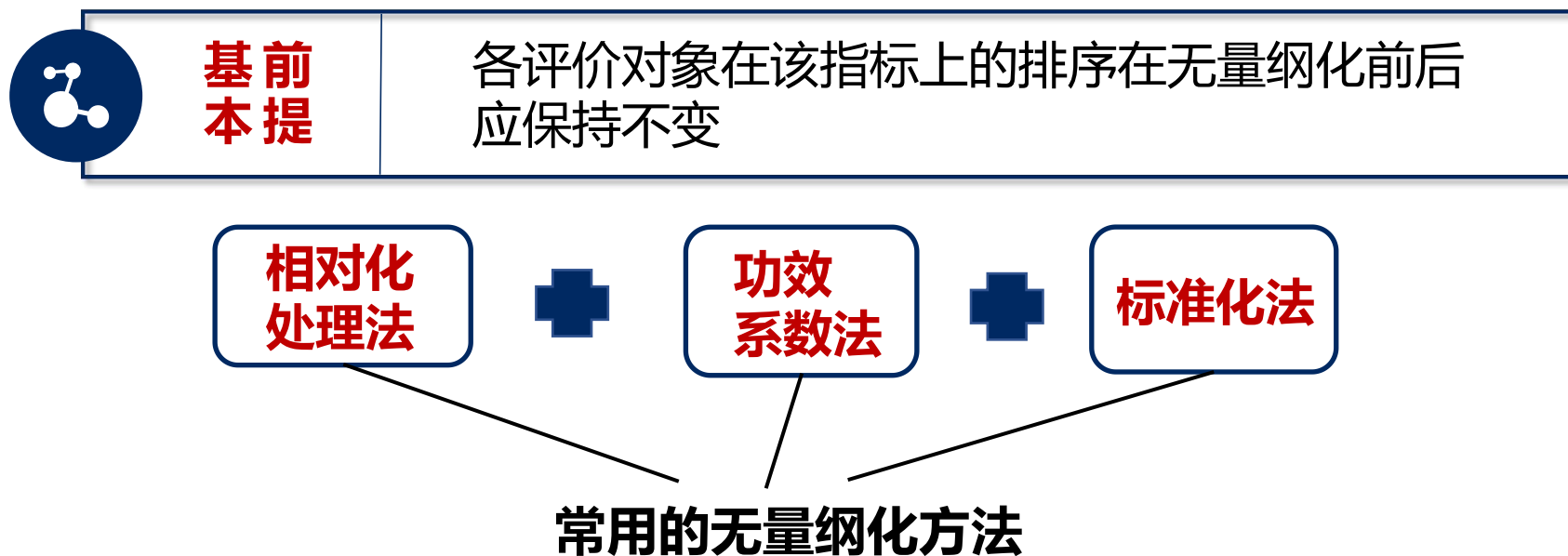


**无
量
纲
化**

将不同含义、不同信息含量、不同计量单位、不同数量级别的指标转换成同一种尺度。



二、评价指标的预处理：无量纲化





1. 无量纲化：相对化处理法

相对化 处理法

- 将单项指标实际值与标准值进行对比得到指标的评价值

$$y'_j = y_j / k$$

- 若为逆指标且未转换为正向指标，则

$$y'_j = k / y_j$$

y'_j 为第 j 个评价对象某指标的评价值；
 y_j 和 k 分别为实际值和标准值， n 为评价对象的数量。

- 对于适度指标，先采用单向化方法进行变换，再计算指标评价值。



相对化处理法：标准值 k 的常用取值方法

01

k 取全部 n 个评价对象该指标的**最优值**

对于正向指标，最优值为极大值；对于逆向指标，最优值为极小值。

这种方法也称为**极值化**。

02

k 取全部 n 个评价对象该指标值的**平均数**

一般是简单算术平均数

$$k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j$$



相对化处理法：标准值 k 的常用取值方法

03

k 取全部评价对象该指标取值的**总和**

$$k = \sum_{j=1}^n y_j \quad \text{也称为比重法}$$

04

k 取全部评价对象该指标取值的**平方和开方值**

$$k = \sqrt{\sum_{j=1}^n y_j^2} \quad \text{也称为平方和比重法}$$

上述四种方法要求有一定规模的样本容量，因此它们适用于多个单位或不同时间的综合评价。

由于评价标准来自观测值，因此都属于相对评价，即评价结论随观测值变化而改变，不同样本之间不可比。



相对化处理法：标准值 k 的常用取值方法

05

k 取该指标在实践中的有关**目标值**（如国家或部门标准、国际先进水平、计划规定水平等）、**理想值或历史资料**（如前三年的历史最优值，前三年最优值的平均数等）。

此法的标准值不是从样本中抽取的，而是独立于样本之外不仅适用于多个单位或多个时间上的综合评价，还适用于一个单位的综合评价。



评价指标的预处理

相对化处理法：五种方法的适用性

采用相对化方法进行无量纲化所得到的指标评价值含义明确，便于做出评价：

01

以指标值总和作为对比基准适用于对总量指标进行无量纲处理，所得的结果表明各评价对象某项指标值在所有评价对象中所占的比重，显然，指标评价值越大、越接近1越好。

02

对于相对指标和平均指标，由于求和没有实际意义，因而适宜用平均数、目标值或理想值等作为对比的基准：评价值 >1 ，说明相应的评价对象在某个评价项目上优于平均水平或超额完成计划等；评价值 <1 ，则情况相反。

03

无论用什么作为对比的基准，只要是正指标，则评价值大者为优。



2. 无量纲化：功效系数法

功效 系数法

$$d_j = \frac{y_j - y_0}{y_1 - y_0}$$

d_j 为第 j 个评价对象某项评价指标的评价值，称为**功效系数**

y_1 和 y_0 分别为该指标的**满意值和不允许值**，一般根据某些标准或者理想或者经验确定。

对于正指标， $y_1 > y_0$ 对于逆指标， $y_1 < y_0$

当指标的实际值达到满意值时
当实际值达到不允许值时
实际值越接近 ， 功效系数越接近1；反之，越接近0。



评价指标的预处理

功效系数法：功效分数

改进后功效系数（功效分数）

$$Fd_j = d_j \times a + b \quad \text{通常取 } a = 40 \quad b = 60$$

当实际值达到不允许值时 $Fd_j = 60$ 当实际值达到满意值时 $Fd_j = 100$

一般情况下，指标的实际值都介于不允许值和满意值之间，相应的评价值就在60~100之间。

实践中当指标的实际值优于满意值或者劣于不容许值，还可以采取“上封顶下设止”的方式来计算功效系数或功效分数，即当实际值优于满意值时，评价值取1或者100；当实际值劣于不容许值时，评价值取0或者60。



3. 无量纲化：标准化法

标准化法

设评价指标 i 的算术平均值和标准差分为 \bar{y}_i 和 σ_i

第 j 个评价对象该指标的实际值为 y_{ij}

计算**标准化系数**
$$z_{ij} = \frac{y_{ij} - \bar{y}_i}{\sigma_i}$$

若为逆指标且未做正向化处理，则
$$z_{ij} = \frac{\bar{y}_i - y_{ij}}{\sigma_i}$$

经过标准化处理，所有指标的数量级别**均统一为均值为零、标准差为1的无量纲值**，使得不同指标具有可比性与可综合性。

标准化系数需要计算均值与标准差，因此适用于评价对象的数量较多即样本量较大的情况；
标准化的两个参数均由样本决定，因此评价结论受样本变动的影响，不同样本间不可比。



相对化处理法：案例计算

【例1】 利用相对化处理法对下表1中六城市的生态投入指标数值进行无量纲化处理。

表1 各城市生态投入指标及其数值

城市	资源消耗			污染排放					
	土地资源消耗	能源消耗	水资源消耗	水污染排放		空气污染排放		固体废物排放	
	人均建成区面积 (m²/人)	人均消费标准煤 (tce/人)	人均供水量 (t/人)	人均化学需氧量排放量 (kg/人)	人均氨氮排放量 (kg/人)	人均二氧化硫排放量 (kg/人)	人均氮氧化物排放量 (kg/人)	人均工业固体废弃物产生量 (t/人)	人均生活垃圾清运量 (t/人)
重庆	41.15	2.57	37.73	8.89	1.30	17.61	7.96	1.03	0.21
上海	64.44	4.57	130.79	7.76	1.70	7.76	10.20	0.79	0.31
北京	64.42	3.17	84.78	4.10	0.65	3.66	3.65	0.47	0.34
成都	41.86	4.92	64.55	7.77	0.93	3.85	3.28	0.31	0.30
天津	48.65	5.37	53.57	7.17	1.26	13.79	14.93	1.14	0.14
广州	79.13	4.20	153.24	9.75	1.45	4.85	4.00	0.38	0.33

资料来源：联合国开发计划署，《2016年中国城市可持续发展报告：衡量生态投入与人类发展》



评价指标的预处理

相对化处理法：案例计算

分析：选择六城市的均值作为标准值，且9项指标皆为正向指标，计算结果如下：

表2 六城市生态投入指标评价值

城市	资源消耗			污染排放					
	人均建成区 面积 (m ² /人)	人均消费 标准煤 (tce/人)	人均供 水量 (t/人)	人均化学需氧 量排放量 (kg/ 人)	人均氨氮 排放量 (kg/人)	人均二氧 化硫排放 量 (kg/人)	人均氮氧 化物排放 量 (kg/人)	人均工业 固体废弃 物产生量 (t/人)	人均生活 垃圾清运 量 (t/人)
均值	56.61	4.13	87.44	7.57	1.22	8.59	7.34	0.69	0.27
重庆	0.73	0.62	0.43	1.17	1.07	2.05	1.08	1.49	0.78
上海	1.14	1.11	1.50	1.03	1.39	0.90	1.39	1.14	1.15
北京	1.14	0.77	0.97	0.54	0.53	0.43	0.50	0.68	1.26
成都	0.74	1.19	0.74	1.03	0.76	0.45	0.45	0.45	1.11
天津	0.86	1.30	0.61	0.95	1.03	1.61	2.03	1.65	0.52
广州	1.40	1.02	1.75	1.29	1.19	0.56	0.54	0.55	1.22





相对化处理法：案例计算

结论

- 从**资源消耗**方面来看，重庆的3项指标评价值均小于1且均低于其他城市，可见重庆的资源消耗水平最低；上海、广州的三项指标的评价值均大于1，资源消耗水平较高。
- 从**污染排放**情况来看，北京的6项指标中有5项的评价值都远小于1，重庆和上海则有五项指标的评价值都高于平均水平，但各城市污染排放的综合水平高低以及生态投入的总体水平高低，还需要通过计算各指标的综合评价值来进行比较。





评价指标的预处理

功效系数法：案例计算

【例2】采用功效系数法对表3中六城市的人类发展指标数值进行无量纲化处理。

表3 各城市人类发展指标及其数值

城市	生活水平	预期寿命	教育程度	
	人均GDP (国际元/人)	人均预期寿命 (年)	人均教育年限 (年)	预期教育年限 (年)
重庆	13650	77.78	7.89	13.25
上海	27776	82.29	10.58	14.26
北京	28525	81.81	11.50	14.37
成都	19974	78.20	9.75	13.15
天津	30019	81.08	10.20	14.25
广州	36650	81.34	10.55	15.40

注：表中城市为根据2016年末常住人口数确定的人口最多的六个城市



功效系数法：案例计算

- 分析：生活水平指标 (I) 用人均国民收入或人均GDP (PPP 美元购买力平价) 来衡量；预期寿命指标 (LE) 用出生时预期寿命来衡量；教育程度指标 (E) 用人均受教育年限 (MYS) 和预期学校教育年限(EYS)的算术平均数衡量，计算结果如下：

$$d_I = \frac{\ln(I) - \ln(100)}{\ln(75000) - \ln(100)}$$

$$d_{LE} = \frac{LE - 20}{85 - 20}$$

$$d_E = \frac{d_{MYS} + d_{EYS}}{2}$$

$$d_{MYS} = \frac{MYS - 0}{15 - 0}$$

$$d_{EYS} = \frac{EYS - 0}{18 - 0}$$





评价指标的预处理

功效系数法：案例计算



表4 六城市人类发展指标评价值

城市	人均GDP	人均预期寿命	教育程度		
				人均教育年限	预期教育年限
重庆	0.74	0.89	0.64	0.53	0.74
上海	0.85	0.96	0.75	0.71	0.79
北京	0.85	0.95	0.79	0.77	0.80
成都	0.80	0.90	0.69	0.65	0.73
天津	0.86	0.94	0.74	0.68	0.79
广州	0.89	0.94	0.78	0.70	0.86

- 四项基本指标中，人均预期寿命指标的评价值最高，说明六城市的人均预期寿命已接近联合国开发计划署确定的满意值；而人均教育年限的评价值最低，与满意值的差距最大。
- 综合来看，由于各个城市在收入、寿命及教育三个方面均各有优势和劣势，因此需要通过计算综合评价值才能做出比较和排序。





浙江财经大学
Zhejiang University of Finance & Economics

谢 谢

日期：2019/05/12