

目 录

第 1 章 数据分析的基础	1
1.1 数据分组与变量数列.....	1
1.2 分布中心的测度.....	2
1.3 离散程度的测度.....	5
1.4 偏度与峰度.....	7
1.5 两个变量的相关关系.....	8
第 2 章 概率与概率分布	10
2.1 随机事件与概率.....	10
2.2 随机变量及其分布.....	12
2.3 随机变量的数字特征与独立性.....	14
2.4 大数定律与中心极限定律.....	14
第 3 章 时间序列分析	15
3.1 时间序列概述.....	15
3.2 时间序列特征指标.....	16
3.3 长期趋势的测定及预测.....	19
3.4 季节变动的测定和预测.....	21
3.5 循环变得和不规则变动的测定.....	22
第 4 章 统计指数	23
4.1 统计指数的概念和种类.....	23
4.2 综合指数.....	24
4.3 平均指数.....	26
4.4 指数体系与因素分析法.....	27
第 5 章 线性规划介绍	29
5.1 线性规划问题的数学模型.....	29
5.2 使用线性规划的基本技巧.....	29
5.3 运输问题.....	29
第 6 章 统计决策分析	30
6.1 统计决策的要素和程序.....	30
6.2 非概率型决策.....	30
6.3 先验概率型决策.....	31
6.4 后验概率型决策.....	32
第 7 章 与决策相关的成本、风险和不确定性	34

7.1 相关性与滞留成本.....	34
7.2 决策风险与不确定性.....	36
7.3 风险与不确定条件下的决策分析.....	38
第8章 模拟决策技巧和排队理论.....	40
8.1 排队论概述.....	40
8.2 M/M/1 排队模型.....	41
8.3 M/M/C 排队模型.....	41
第9章 成本、产出和效益分析.....	42
9.1 成本/产出/效益分析概述.....	42
9.2 损益平衡分析.....	44
9.3 损益平衡分析与决策.....	48
第10章 标杆分析.....	50
10.1 标杆分析概述.....	50
10.2 标杆分析计划阶段.....	50
10.3 内部数据收集与分析.....	52
10.4 外部数据收集与分析.....	52
10.5 改进项目绩效.....	52
10.6 持续改进.....	52
第11章 商业信息的电子表格程序和计算机分析.....	53
11.1 电子表格基本操作.....	53
11.2 电子表格功能应用举例.....	53
11.3 电子表格高级功能简介.....	53

《管理数量方法与分析》学习资料

第 1 章 数据分析的基础

1.1 数据分组与变量数列

1. 数据分组：就是对某一变量的不同取值，按照其自身变动特点和研究需要划分成不同的组别，以便更好地研究该变量分布特征及变动规律。

2. 数据分组的种类：

(1) 若变量是离散型变量，且取值只有不多的几个时，则采用单项分组。这种分组的做法是：将变量的不同取值作为一组的组别，变量有多少个不同取值就划分成多少组。

(2) 若变量是连续型变量，或者是取值较多的离散型变量，则需采用组距分组。

3. 变量数列：在对变量取值进行分组的基础上，将各组不同的变量值与其变量值出现的次数排列成的数列，称为变量数列。由于对变量分组有单项分组和组距分组两种不同的方法，因而分组后所形成的变量数列也有单项数列和组距数列两种。

4. (1) 组别：一个是由不同变量值所划分的组。

(2) 频数：各组变量出现的次数。

(3) 频率：各组次数与总次数之比叫比率。

5. 相对数权数的频率满足的条件：

(1) 非负，各组的频率都是介于 0 和 1 之间的分数；

(2) 各组频率之和必须等于 1（或 100%）。

6. 变量数列的编制：

(1) 确定组数：采用组距分组方法对变量的取值进行分组，各组的区间长度可以相等，也可以不等。各组区间长度相等的称为等距分组，各组区间长度不等的称为异距分组。斯特吉斯公式： $m=1+3.3221\lg N$ （ m 代表组数， N 代表变量值的个数）。

(2) 确定组距：在组距分组中，每组的上限和下限之间的距离称为组距。

(3) 确定组限：在组距分组中，每组的最大值称为该组的上限，每组的最小值称为该组的下限，上限和下限统称为组限。

(4) 计算各组的次数（频数）：在确定了各组的组限以后，接着就需要计算出所有变量值中落入各组之内的变量值的个数，每组所分配的变量值的个数也就是该组的次数，又称频数。

(5) 编制变量数列：当各组变量值的变动范围和各组的次数确定之后，接下来就可以将各组变量值按照从小到大的顺序排列，并列出的次数，就形成变量数列。

7. 累计频数的种类：

- (1) 向上累计频数（或频率）：由变量值低的组向变量值高的组依次累计频数（或频率）。
- (2) 向下累计频数（或频率）：由变量值高的组向变量值低的组依次累计频数（或频率）。

8. 变量数列的分布图：

- (1) 柱状图：是用顺序排的柱状线段的高低来显示各组变量值出现次数的多少或频率的高低的图形。柱状图通常用来显示单项分组的次数分布。
- (2) 直方图：是用顺序排列的各区间上的直方条表示变量在各区间内取值的次数或频率的图形。直方图可用来显示变量的组距分组次数分布。
- (3) 折线图：在直方图中将各直方条顶端中点用线段连接起来，并在最低组之前和最高组之后各延长半个组距，将所连折线在连接到横轴上，所形成的图形就称为折线图。折线图也可用来显示组距分组次数分布。

1.2 分布中心的测度

9. 分布中心的概念：指距离一个变量的所有取值最近的位置：揭示变量的分布中心有着十分重要的意义。

10. 分布中心的意义：

变量的分布中心是变量取值的一个代表，可以用来反映其取值的一般水平。

- (2) 变量的分布中心可以揭示其取值的次数分布在直角坐标系上的集中位置，可以用来反映变量分布密度曲线的中心位置，即对称中心或尖峰位置。

11. 分布中心的测度指标及其计算方法：

- (1) 算术平均数：算术平均数又称均值，它是一组变量值的总和与其变量值的个数总和的比值，是测度变量分布中心最常用的指标。算术平均数的计算方法：简单算术平均数和加权算术平均数两种。

①简单算术平均数。

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

\bar{x} 代表算数平均数； $\sum x_i$ 代表变量值总和； n 代表变量值个数之和。

②加权算术平均数：

a. 单项数列算术平均数的计算方法：单项数列计算算术平均数可用其计算公式如下：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

- b. 组距数列算术平均数的计算方法：组距数列与单项数列计算算术平均数的方法的区别在于，组距数列首先需要计算出每个组的组中值，组中值就是各组变量值的代表值，其计算公式如下：

$$\text{组中值} = \frac{\text{上限} + \text{下限}}{2}$$

$$\text{缺下限的组中值} = \text{上限} - \frac{\text{邻组组距}}{2}$$

$$\text{缺上限的组中值} = \text{下限} + \frac{\text{邻组组距}}{2}$$

12. 应用算术平均数应注意的几个问题：

- (1) 算术平均数容易受到极端变量值的影响。
- (2) 加权算术平均数大小起着权衡轻重的作用，但不取决于它的绝对值的大小，而是取决于它的比重，如果各组绝对数权数按统一比例变化，则不会影响平均数的大小，故比重（相对数）权数更能反映权数的实质。
- (3) 根据组距数列求加权算术平均数时，需用组中值作为各组变量值的代表，它是假定各组内部的所有变量值是均匀分布的，但实际并非如此，故由组距数列计算的平均数在一般情况下只是一个近似值。

13. 算术平均数的数学性质：

- (1) 各变量值与算术平均数离差的总和等于零。
- (2) 各变量值与算术平均数离差平方和为最小。
- (3) 变量线性变换的平均数等于变量平均数的线性变换。
- (4) n 个相互独立的变量的代数值的平均数等于其平均数的代数和。
- (5) n 个相互独立变量乘积的平均数等于其平均数的乘积。

14. 算术平均数的变形—调和平均数：

$$\bar{x} = \frac{\sum xf}{\sum f} = \frac{\sum xf}{\sum \frac{1}{x} xf} \xrightarrow{\text{令 } xf=m} \frac{\sum m}{\sum \frac{1}{x} m} = \bar{x}_H$$

15. 中位数的概念：指将某一变量的变量值按照从小到大的顺序排成一列，位于这列数中心位置上的那个变量值。

16. 中位数的确定：

- (1) 未分组资料中位数的确定。

由未分组资料求中位数，首先将所有的变量值由小到大排列，然后用 $\frac{n+1}{2}$ 确定中位数所处的位置，最后寻找该位置的变量值，即为中位数。若变量值的个数 n 为偶数时，则应以排在数列中第 $\frac{n}{2}$ 项与 $\frac{n}{2} + 1$ 项变量值得简单算术平均数作为中位数。

- (2) 单项数列中位数的确定。

由单项数列确定中位数，首先应计算向上或向下累计次数；然后由公式 $\frac{\sum f}{2}$ 的计算结果与累计次数的结果确定中位数在单项数列中所处组的位置，则改组位置上的变量值就是中位数。

(3) 组距数列中位数的确定。

由组距数列确定中位数，首先根据组距数列资料计算向上或向下累计次数，然后由公式 $\frac{\sum f}{2}$ 的计算结果与累计次数的结果来确定中位数在数列中所在的组，最后由下列两个公式中任意一个均可确定中位数。

$$\text{下限公式: } m_e = L + \frac{\frac{\sum f}{2} - S_{m-1}}{f_m} \times d$$

$$\text{上限公式: } m_e = U - \frac{\frac{\sum f}{2} + S_{m+1}}{f_m} \times d$$

m_e 代表中位数；

L 、 U 分别代表中位数所在组的下限和上限；

S_{m-1} 代表变量值小于中位数的各组次数之和；

S_{m+1} 代表变量值大于中位数的各组次数之和；

f_m 代表中位数所在组的次数；

d 代表中位数所在组的组距。

17. 众数

(1) 众数的概念：指某一变量的全部取值中出现次数最多的那个变量值。

(2) 众数的确定。

①若掌握的某一变量的一组未分组的变量值，则只需要统计出现次数最多的那个变量值即可；若掌握的资料是单项数列，则频数（或频率）最大组的变量值就是众数。

②若掌握的资料是组距数列，要确定众数，首先依据各组变量值出现次数的多少确定众数所在的组，然后采用上限公式或者下限公式确定众数即可。

$$\text{下限公式: } m_0 = L + \frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \times d \quad \text{上限公式: } m_0 = U - \frac{\Delta_2}{\Delta_1 + \Delta_2} \times d$$

m_0 代表众数；

L 、 U 分别代表众数所在组的下限和上限；

d 代表众数所在组的组距；

Δ_1 代表众数的次数与前一组次数之差；

Δ_2 代表中数组的次数与后一组的次数之差。

18. 算术平均数、中位数和众数三者之间的关系：

(1) 在正态分布的情况下，变量值的分布是以算术平均数为中心，两边呈对称型，离

中心越远的变量值的次数越少，离中心越近的变量值得次数越多，其分布形状类似钟形，这时算术平均数、中位数和众数在数量上完全相等，即 $\bar{x} = m_e = m_0$ 。

- (2) 在偏态分布的情况下，当有极大变量值出现时，算术平均数向右偏离众数，中位数居中，众数的位路在图形的最左边，它们三者之间在数值上的关系是 $m_0 < m_e < \bar{x}$ ，这种偏态分布称为正偏分布或右偏分布；当有极小的变量值出现时，也是对算术平均数的影响最大，它向左远离众数；中位数次之，其位路仍处于三者的中间；众数不受影响，其位路处于三者的最右边，它们三者之间在数量上的关系是 $\bar{x} < m_e < m_0$ ，这种偏态分布称为负偏分布或左偏分布。

从上述偏态分布可以看出，无论是左偏还是右偏，中位数总是在众数与算术平均数的中间位路。经验表明，在适度偏斜的情况下，众数与中位数的距离约为中位数与算术平均数距离的 2 倍，即 $m_0 = 3m_e - 2\bar{x}$

1.3 离散程度的测度

19. 离散程度测度的意义

- (1) 通过对变量取值之间离散程度的测定，可以反映各个变量值之间的差异大小，从而也就可以反映分布中心指标对各个变量值代表性的高低。
- (2) 通过对变量取值之间离散程度的测定，可以大致反映变量次数分布密集度曲线的形状。

20. 离散程度的测度指标

- (1) 极差：极差又称全距，是指一组变量值中最大变量值与最小变量值之差，用来表示变量的变动范围。通常用 R 代表全距。

$$R = \max(x_i) - \min(x_i)$$

在单项数列的情况下，极差=最大一组变量值-最小一组变量值；在组距数列的情况下，极差=最大一组变量值的上限值-最小一组变量的下限值，假若在组距数列中出现了开口值，则极差无法计算。

- (2) 四分位全距

- ①四分位全距的概念：四分位全距是指将一组由小到大排列的变量数列分成四等分，可得到三个分割点 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 ，分布称为第一个、第二个、第三个四分位数；然后用第一个四分位数 Q_1 减去第三个四分位数 Q_3 所得差得绝对值，即为四分位全距。四分位全距其实是指一组由小到大排列数据的中间 50% 数据的全距。

四分位全距的计算公式为：

$$IQR = |Q_1 - Q_3| : \text{式中：} IQR \text{ 代表四分位全距。}$$

- ②四分位全距的计算。

在未分组资料的条件下，首先将变量值按照由小到大顺序排列，然后确定 Q_1 与 Q_3 。

- (3) 平均差

①平均差的概念:平均差是变量各个取值偏差绝对值的算术平均数。

②平均差的计算。

a. 若所掌握的资料是未分组资料, 则计算平均差应采用简单平均法, 其计算公式为:

$$A.D = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

式中: A. D 代表平均差;

x_i 代表各变量值;

\bar{x} 代表算术平均数;

n 代表 x_i 与 \bar{x} 离差的个数和。

b. 若掌握的是已分组的变量数列资料, 则计算平均差应采用加权算术平均法。其计算公式为:

$$A.D = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

式中: x_i 代表各组变量值;

f_i 代表各组变量值出现的次数。

(4) 标准差

①标准差的概念:标准差是变量的各个取值偏差平方的平均数的平方根, 又称为根方差。

②标准差的计算。

a. 当所掌握的资料是未分组资料, 计算标准差应采用简单平均的方法。其计算公式为:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

b. 当所掌握的资料是已分组的变量数列资料, 则计算标准差应采用加权平均算术计算法。

其计算公式为:

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

(5) 方差

①概念: 标准差的平方称为方差

②方差的数学性质如下

a. 变量的方差等于变量平方的平均数减平均数的平方。

- b. 变量与算术平均数离差平方和具有最小的性质，即变量与算术平均数计算得方差小于变量与任何其他常数计算的方差。
- c. 变量线性变换的方差等于变量的方差乘以变量系数的平方。
- d. n 个独立变量代数和的方差，等于各变量方差的代数和。
- e. n 个独立变量代数和的标准差不大于各变量标准差的代数和。

(6) 变异系数

- ①概念：各个衡量变量取值之间绝对差异的指标与算术平均数的比率，通称为变异系数。
- ②变异系数的种类：极差系数、平均差系数和标准差系数等。各变异系数的计算公式分别为：

$$V_R = \frac{R}{\bar{x}} \times 100\% \quad V_{A.D} = \frac{A.D}{\bar{x}} \times 100\% \quad V_\sigma = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%$$

- ③变异系数的作用：变异系数主要用于不同变量的各自取值之间差异程度的比较。

1.4 偏度与峰度

21. 偏度与峰度的概念：

- ①变量分布的偏斜程度，是指其取值分布的非对称程度；
- ②变量分布的峰度，是指其取值分布密度曲线顶部的平坦程度或尖锐程度。

22. 测量偏度和峰度的作用

- (1) 可以加深人们对变量取值的分布状况的认识，如可以使人们清楚了解变量的取值是否对称，或非对称程度有多大，以及变量的取值是否有特别的集聚，集聚程度有多高；
- (2) 人们还可以将所关心的变量的偏度指标值和峰度指标值与某种理论分布的偏度指标值和峰度指标值进行比较，以判断所关心的变量与某种理论分布的近似程度，为进一步的推断分析奠定基础。

23. 偏度的测度

- (1) 直观偏度系数：直观偏度系数是利用描述变量分布中心的不同指标之间的直观关系而确定的测度变量分布偏斜程度的指标。
 - ①皮尔逊偏度系数：用算术平均数与众数之间的离差来反映变量的偏斜程度。皮尔逊偏度系数的数值在 -3 — $+3$ 的范围之内。
 - ②鲍莱偏度系数：鲍莱偏度系数的数值在 -1 — $+1$ 之间。
- (2) 矩偏度系数：矩偏度系数就是利用变量的矩来确定的变量分布偏斜程度的指标。当变量分布为正态分布时，矩偏度系数为 0；当变量为正偏时，该系数为正；当变量为负偏时，该系数为负；矩偏度系数的值越大，变量分布的偏斜程度越大；矩偏度系数越接近 0，变量的偏斜程度越小，即越接近于对称。

24. 峰度的测度：主要用峰度系数指标。

变量为正态分布时，峰度系数为 3，当系数小于 3 时，则变量分布密度曲线的顶峰比较平坦；若峰度系数大于 3，变量分布密度曲线的顶峰比较尖峭。

1.5 两个变量的相关关系

25. 两个变量的相关关系：

- (1) 两变量之间存在着确定性的依存关系，即通常所讲的函数关系，这种关系表明一个变量的取值完全由另一个变量的取值所决定。
- (2) 两个变量之间没有任何关系，即通常所讲的不相关，也就是说，两个变量之间的任何一个变动都不会对另一个产生影响。
- (3) 两个变量之间存在着不确定的依存关系，即通常所讲的相关关系，它们之中一个变量的取值虽然受另一个变量取值的影响，但却并不完全由另一个变量的取值所决定，其取值除了受另一个变量取值的影响外，还受一些偶然的随机因素的影响。

26. 测度两变量相关程度的指标：

(1) 协方差：

①概念：协方差是两个变量的所有取值与其算术平均数离差乘积的算术平均数，它可以用来测定两变量之间相关关系的方向和密切程度。根据所掌握的资料不同，协方差的计算分别采用简单算术平均法和加权算术平均法。

②若对两个变量 X 和 Y 同时进行 n 次观测（注释：所有观测值只出现一次），所获得 x 和 y 的成对观测数据为：(x₁, y₁)，(x₂, y₂)，…，(x_n, y_n) 则两变量 X 和 Y 的协方差的计算需采用简单算术平均法，其计算公式为：

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

③若两个变量 X 和 Y 的每对观测值 (x_i, y_i) 出现的次数不是一个，而是由 f_i 个，如在两变量复合分组列联表中，两个变量的每对观测值就出现多次，则这两个变量协方差的计算需采用加权算术平均法，其计算公式为：

$$S_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})f_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

④协方差代表的含义：协方差的数值可能是正值，也可能是负值。协方差的正值越大，表明 X 与 Y 的正相关关系越强；协方差的负值越大，表明 X 与 Y 的负相关关系越强。用协方差来度量 X 与 Y 线性相关关系的强弱，协方差的值的大小受 X 与 Y 的计量单位的影响。

(2) 相关系数：

①概念：相关系数是两个变量的协方差与它们标准差之积的比率，它是专门用来测定两个变量线性相关方向和程度的一个指标。

②相关系数的种类:

a. 若是根据总体数据计算, 相关系数通常用 ρ_{xy} 表示, 其计算公式为:

$$\rho_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

σ_{xy} 表示总体的协方差; σ_x 表示总体变量 x 的标准差; σ_y 表示总体变量 y 的标准差。

b. 若是根据样本数据计算, 相关系数通常用 γ_{xy} 表示, 其计算公式为:

$$\gamma_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

S_{xy} 表示样本的协方差; S_x 表示样本变量 x 的标准差; S_y 表示样本变量 y 的标准差。

③相关系数取值含义: 无论总体相关系数 ρ_{xy} 还是样本相关系数 γ_{xy} , 取值范围在-1—+1 之间, 当相关系数小于零时, 则表明 x 与 y 之间为负相关; 当相关系数大于零时, 则表明 x 与 y 之间为正相关; 当相关系数等于零时, 则表明 x 与 y 之间不存在线性相关关系; 当相关系数为-1 时, 则表明 x 与 y 之间是完全负相关; 当相关系数为+1 时, 则表明 x 与 y 之间是完全正相关; 当相关系数越接近于零时, 则表明 x 与 y 之间的线性相关关系越弱; 当相关系数越接近于+1 或者 (-1), 则表明 x 与 y 之间的线性相关关系越强。

第2章 概率与概率分布

2.1 随机事件与概率

1. 随机事件相关概念

- (1) 确定性现象：一定条件下必然出现的现象
- (2) 随机现象：事先无法准确预知其结果的现象
- (3) 随机事件（简称事件）：随机试验中可能发生也可能不发生的结果
- (4) 基本事件：实验结果中的每一个结果称为一个样本点
- (5) 样本空间：所有实验结果组成的集合，用 Ω 表示
- (6) 必然事件：随机实验中必然出现的结果
- (7) 不可能事件：不可能出现的结果，用 ϕ 表示。

2. 事件的关系与运算

- (1) 事件的包含与相等：若事件 A 发生必然导致事件 B 发生，则称事件 B 包含事件 A，或称事件 A 包含于事件 B，即事件 A 是事件 B 的子集。若事件 A 包含事件 B，事件 B 也包含事件 A，则称事件 A 与 B 相等。
- (2) 事件的并（也称事件的和）：若事件 A 与事件 B 至少有一个发生，则记为 $A \cup B$ （或 $A+B$ ），并且称为事件 A 与 B 的并（和）。
- (3) 事件的交（也称事件的积）：若事件 A 与事件 B 同时发生，则记为 $A \cap B$ （或 AB ），并且称为事件 A 与 B 的交（积）。
- (4) 事件的差：若事件 A 发生而事件 B 不发生，则记为 $A-B$ ，并且称为事件 A 与 B 的差。
- (5) 互不相容事件（也称互斥事件）：若事件 A 与 B 不可能同时发生，也就是说， AB 是不可能事件，即 $AB = \phi$ ，则称事件 A 与 B 是互不相容事件，或者称 A 与 B 是互斥事件。
- (6) 对立事件。若事件 A 与事件 \bar{A} 满足： $A\bar{A} = \phi$ 和 $A \cup \bar{A} = \Omega$ ，则称 \bar{A} 是 A 的对立事件，或者称 A 是 \bar{A} 的对立事件。
- (7) 完备事件组：设 A_1, A_2, \dots, A_n 是有限或可数个事件，若其满足： $A_i A_j = \phi \quad i \neq j$ ， $i, j=1, 2, \dots, n$ ， $A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n = \Omega$ ，则称由 A_1, A_2, \dots, A_n 所组成的事件组为一个完备事件组。

3. 随机事件的概率

(1) 概率的定义

定义：随机事件 A 发生的可能性大小的度量（数值），称为事件 A 发生的概率。记作 $P(A)$ 。

(2) 概率的性质

① $0 \leq P(A) \leq 1$

$$②P(\Omega)=1 \quad P(\Phi)=0$$

③若 A 与 B 互不相容（也称互斥），则有： $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$

④若 A 与 \bar{A} 是对立事件，则有 $P(A) + P(\bar{A}) = 1$ 或 $P(A) = 1 - P(\bar{A})$

⑤若 A 与 B 是任意两事件，则有： $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(AB)$ 此式称为概率的加法公式。

4. 古典概率

若一个随机试验的样本空间是由有限个样本点组成，且每个样本点在实验中是等可能地出现，那么，事件 A 发生的概率就可用下列公式来计算：

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{A \text{ 包含的样本点个数}}{\text{样本空间中全部样本点数}}$$

5. 条件概率与事件的独立性

(1) 条件概率的定义：在随机试验中，有时除了需要知道事件 B 发生的概率 $P(B)$ 外，还需要知道在事件 A 已经发生的条件下事件 B 的概率，我们把这个概率记作 $P(B | A)$ 。

定义：设 A、B 是两个随机事件，且 $P(A) > 0$ ，则称

$$P(B | A) = \frac{P(AB)}{P(A)} \quad \text{为在事件 A 发生的条件下，事件 B 发生的条件概率。}$$

(2) 条件概率的计算方法

①利用条件概率的定义公式计算 $P(B | A) = \frac{P(AB)}{P(A)}$ 。

②采用缩减样本空间的方法，即根据事件已经发生的信息缩减样本空间，再在此基础上计算 B 的概率。

(3) 乘法公式

$$P(AB) = P(A) P(B | A) \quad (P(A) > 0) \quad \text{此式称为概率的乘法公式，简称乘法公式。}$$

(4) 全概率公式和贝叶斯公式

若设随机试验 E 的样本空间为 Ω ， B_1, B_2, \dots, B_n 是一个完备事件组，且 $P(B_i) > 0$ ， $(i=1, 2, \dots, n)$ ，则对 E 的任一事件 A，都有：

$$P(A) = P(B_1) P(A | B_1) + P(B_2) P(A | B_2) + \dots + P(B_n) P(A | B_n) = \sum_{i=1}^n P(B_i) P(A | B_i) \quad \text{称为全概率公式。}$$

$$P(B_i | A) = \frac{P(B_i) P(A | B_i)}{\sum_{j=1}^n P(B_j) P(A | B_j)} \quad \text{称为逆概率公式或称为贝叶斯公式。}$$

在全概率公式和贝叶斯公式中的 B_1, B_2, \dots, B_n 是导致事件 A 发生的各种原因、情况或途径及其可能性， $P(B_i) (i=1, 2, \dots, n)$ 是各种原因发生的概率，称为先验概率，一般由实际经验给出。贝叶斯公式中的 $P(B_i | A)$ 称为后验概率，它反映了事件 A 发生后各种原因 $B_i (i=1, 2, \dots, n)$ 造成的可能性的大小。

(5) 事件的独立性：若事件 A 和 B 满足等式 $P(AB) = P(A) P(B)$ 或者 $P(AB) = P(B) P(A)$ 则称事件 A、B 是相互独立的。

2.2 随机变量及其分布

6. 随机变量及其分布

- (1) 随机变量的概念：设随机试验 E 的样本空间为 $\Omega = \{e\}$ 。若对于每一个 $e \in \Omega$ ，都对应唯一实数 $X(e)$ ，则称变量 $X(e)$ 为随机变量，记作 X 。以后用字母 X, Y, \dots 表示随机变量。
- (2) 随机变量特点：①随机性。②统计规律性。③它是定义在样本空间 Ω 上的实单值实数。
- (3) 随机变量的概率分布：所谓随机变量的概率分布，就是随机变量的取值规律，通常用分布律（或分布密度）、分布函数来描述随机变量的分布。离散型随机变量的概率分布：若随机变量的全部可能取到的值是有限个或可列无限多个，这种随机变量叫做离散型随机变量。
- (4) 常用的离散型随机变量的概率分布

①两点分布

两点分布的应用条件是：若互相独立的重复试验只有“成功”和“失败”两种结果，这种实验称为贝努里试验。

特征：第一，实验只有两种对立的结果，假定一种是“成功”，另一种就是“失败”。

第二，若成功事件

的概率是 p ，那么失败事件的概率为 $1-p$ 或者 q 。即 $p+q=1$ 。

第三，实验为独立试验。

两点分布的分布律为：

X	a	b
P_k	$1-p$	p

②超几何分布（不作要求）

③二项分布

二项分布的应用条件是：在 n 次贝努里试验的基础上，若要确定其恰好有 k 次成功的概率，其中随机变量 X 表示实验次数，则所需概率模型为：

$$P\{X=k\} = C_n^k p^k (1-p)^{n-k}, \quad k=0, 1, 2, \dots, n$$

此外，在二项分布中，若 $n=1$ 时，则二项分布就变为两点分布，因此，两点分布可以看作是二项分布在 $n=1$ 时的特例。

④泊松分布

服从泊松分布的随机变量对于描述在一个特定时间或空间范围内某一事件发生的次数通常很有用。在通常情况下，如果满足下面两个特点，那么，某一事件发生的次数就是一个可以用泊松分布来描述的随机变量。其一，任何两个相等的间隔期间内某一

事件发生次数的概率相等；其二，在某一间隔内某一事件的发生与否和其他任何一个间隔期内该事件的发生与否相互独立。

(5) 连续型随机变量的概率分布

①定义：对于随机变量 X 的分布函数 $F(x)$ ，如果存在非负函数 $f(x)$ ，使对任意实数 x 有：

$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx$ ，则称 x 为连续型随机变量， $f(x)$ 为 x 的概率分布密度，简称分布密度或概率密度。

②分布密度 $f(x)$ 具有下列性质：

a. $f(x) \geq 0$

b. $P \{a < x \leq b\} = F(b) - F(a) = \int_a^b f(x) dx$

这一性质的几何意义是：随机变量 X 落在区间 $(a, b]$ 上的概率等于由直线 $x=a$, $x=b$, x 轴即密度曲线 $f(x)$ 围成的图形的面积。

c. $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$

d. 若 $f(x)$ 在 x 处连续，则 $F'(x) = f(x)$

需要特别指出的是，若 X 是连续型随机变量，则对于任意实数 a ，有 $P\{X=a\}=0$ 常用的连续型随机变量的概率分布：

③均匀分布

连续型随机变量 X 的概率密度为：

$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$ 则称随机变量 X 在 $[a, b]$ 上服从均匀分布。

④正态分布

a. 概念：若随机变量 X 的概率密度为： $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$ ， $-\infty < x < +\infty$

其中， μ, σ 为常数，则称

X 服从参数为 μ, σ 的正态分布，记作 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$

b. 正态分布具有下列重要的性质：

第一， $f(x)$ 关于直线 $x=\mu$ 对称；在 $x=\mu \pm \sigma$ 处有拐点。

第二， $f(x)$ 在 $x=\mu$ 处达到最大值 $\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}$ ，该位置处也是分布的中位数和众数。

第三，当 $x \rightarrow \pm\infty$ 时， $f(x) \rightarrow 0$ ，即曲线 $y=f(x)$ 以 x 轴为渐近线。

第四，当 σ 越大时，曲线越平缓；当 σ 越小时，曲线越陡峭。

c. 对于一般正态分布而言，若 $\mu=0, \sigma^2=1$ ，即 $X \sim N(0, 1)$ 时，则称 X 服从标准正态分布，其概率密度为：

$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$ ， $-\infty < x < +\infty$

d. 正态函数的标准化: 若 $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, 则 $Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \sim N(0, 1)$

⑤指数分布: 用来描述完成某项工作所需要的时间。

2.3 随机变量的数字特征与独立性

7. 随机变量的数字特征与独立性

(1) 数字期望

随机变量的期望值也称为平均值, 它是随机变量取值的一种加权平均数, 是随机变量分布的中心。

①离散型随机变量 X 的数学期望定义为:

$$E(X) = \sum_{i=1}^{\infty} x_i p_i$$

②连续型随机变量 X 的数学期望 (不要求)。

(2) 方差

①离散型随机变量的方差定义为:

$$D(X) = E[X - E(X)]^2 = [x_i - E(X)]^2 p_i$$

②连续型随机变量的方差 (不作要求)

③方差的计算

为了便于计算方差, 下面引入一个计算方差的简捷公式: $D(X) = EX^2 - (EX)^2$

④方差的性质: 设 c 为常数, 则 $D(c) = 0$ 。设 X 为随机变量, c 为常数, 则 $D(cX) = c^2$

$D(X)$ 。设 X, Y 是相互独立的随机变量, 则 $D(X+Y) = D(X) + D(Y)$ 。

(3) 一些常用随机变量的期望和方差

①(0-1)分布: $E(X) = p$; $D(X) = p(1-p)$

②二项分布: $E(X) = np$; $D(X) = np(1-p)$

③泊松分布: $E(X) = \lambda$, $D(X) = \lambda$

④均匀分布: $E(X) = \frac{a+b}{2}$; $D(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$

⑤正态分布: $E(X) = \mu$; $D(X) = \sigma^2$

⑥指数分布: $E(X) = \frac{1}{\lambda}$; $D(X) = \frac{1}{\lambda^2}$

2.4 大数定律与中心极限定律 (了解)

第3章 时间序列分析

3.1 时间序列概述

1. 时间序列的概念：所谓时间序列，就是按照时间顺序将观察取得的某个统计指标（变量）的一组观察值进行排列而成的序列。
2. 时间序列两个基本要素构成：一是指标（或变量）所属的时间，也称时间变量；二是指标（或变量）在所对应的时间上表现的具体数值。

3. 时间序列的分类

（1）按指标性质分类

- ①时点序列，是指由某一时点指标的不同时点上的指标值按照时间先后顺序排列而成的时间序列。不同时间上的时点指标值不能直接相加。
- ②时期序列，是指某一时期指标的不同时期上的指标值按时间先后顺序排列而成的时间序列。不同时期上的时期指标值可以相加，其结果反映时期指标在较长时期内变动的总绝对量。
- ③特征序列，是指由某一相对指标或者平均指标的不同时间上的指标值按照时间先后顺序排列而成的时间序列。

（2）按指标数值变化特征分类。

- ①平稳序列：如果一个时间序列中的指标数值不存在持续增长或下降的趋势，并且其波动的幅度在不同的时间也没有显著差异。那么该时间序列就是一个平稳序列。
- ②非平稳序列：如果一个时间序列中的指标数值存在着持续增长或下降的趋势，或者其波动的幅度在不同的时间有明显的差异。

平稳序列和非平稳序列的分类是事件序列分析研究中最重要分类。

4. 时间序列的影响因素

- （1）长期趋势（T），也称趋势变动，是指时间序列在较长时期内所表现出来的总态势或者变动方向。
- （2）季节波动（S），也称季节变动，是指受自然界季节更替影响而发生的年复一年的有规律的变化。
- （3）循环波动（C），也称循环变动，是指变动周期大于1年的有一定规律性的重复变动。
- （4）不规则变动（I），也称随机变动，是指现象受很多偶然性的、难以预知和人为无法控制的因素的影响而出现的无规律性的变动

5. 时间序列的变动模型

- （1）乘法模型： $Y=T \cdot S \cdot C \cdot I$
- （2）加法模型： $Y=T+S+C+I$

乘法模型是假定四个因素对现象发展有相互影响的作用,而加法模型则是假定各因素对现象发展的影响是相互独立的。

3.2 时间序列特征指标

6. 时间序列水平指标

时间序列水平指标,简称水平指标,一般用来反映研究现象的绝对变动量或平均变动量。

(1) 平均发展水平

平均发展水平,又称序列平均数,它是将一个时间序列中各个时间上的指标值加以平均而得到的平均数,用以反映所研究现象在一段时间内的一般水平或者代表水平。

① 序时平均数和算术平均数的联系和区别

共同之处:都将所研究现象的数量差异抽象化,概括反映其一般水平。

区别在于:序时平均数是依据时间序列资料来计算,而算术平均数是依据变量序列资料来计算;序时平均数抽象掉同种现象在不同时间上的差异,而算术平均数抽象掉某一变量的变量值在同一时间上的差异;序时平均数说明所研究现象在一段时间内的一般水平,而算术平均数则说明某一变量的变量值在某固定时间上的一般水平。

② 由时期序列计算序时平均数

由时期序列计算序时平均数通常采用简单算术平均数。

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

③ 由时点序列计算序时平均数

一种是在间隔时间相等的条件下,采用下列公式:

$$\bar{y} = \frac{\frac{y_1}{2} + y_2 + \dots + \frac{y_n}{2}}{n-1}$$

另一种是在间隔时间不相等的条件下,采用下列公式:

$$\bar{y} = \frac{\left(\frac{y_1 + y_2}{2}\right)t_1 + \left(\frac{y_2 + y_3}{2}\right)t_2 + \dots + \left(\frac{y_{n-1} + y_n}{2}\right)t_{n-1}}{t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}}$$

t_i 代表时点序列中各时点观察值之间的时间间隔。

④ 由特征序列计算序时平均数

由特征序列计算序时平均数,其实就是由相对数时间序列或者平均数时间序列计算序时平均数。具体的方法是:先计算分子序列的序时平均数;再计算分母序列的序时平均数;最后再用分子序列的序时平均数除以分母序列的序时平均数,便可获得所要求的结果。其计算公式为:

$$\bar{y} = \frac{\bar{a}}{\bar{b}}$$

\bar{a} 代表分子序列的序时平均数， \bar{b} 代表分母序列的序时平均数。

(2) 增长量

- ①概念：是报告期水平与基期水平之差，它反映报告期较基期增长（或减少）的绝对数量。用公式表示为：

增长量=报告期水平-基期水平

②逐期增长量和累计增长量

逐期增长量是报告期水平与前期水平之差，说明报告期比前期增长的绝对数；

累积增长量是报告期水平与某一固定时期的水平（通常为最初水平）之差，说明某一段较长时期内的总增长量。其计算公式分别为：

逐期增长量： $y_1 - y_0, y_2 - y_1, y_3 - y_2, \dots, y_n - y_{n-1}$

累积增长量： $y_1 - y_0, y_2 - y_0, y_3 - y_0, \dots, y_n - y_0$

逐期增长量和累积增长量存在以下数量关系：

累积增长量等于相对应时期的逐期增长量之和，即：

$$y_n - y_0 = (y_1 - y_0) + (y_2 - y_1) + (y_3 - y_2) + \dots + (y_n - y_{n-1})$$

相邻两个时期的累积增长量之差等于相对应时期的逐期增长量，即：

$$(y_i - y_0) - (y_{i-1} - y_0) = (y_i - y_{i-1})$$

(3) 平均增长量

平均增长量是逐期增长量的序数平均数。计算平均增长量可以将各逐期增长量相加除以逐期增长量的个数，也可以将累积增长量除以时间序列项数减 1。其计算公式为：

$$\text{平均增长量} = \frac{\text{逐期增长量之和}}{\text{逐期增长量的个数}} = \frac{\text{累积增长量}}{\text{时间序列项目}-1}$$

7. 时间序列速度指标

- (1) 概念：时间序列速度指标，简称速度指标，它是用来反映研究现象在动态上发展变动的相对程度或平均程度。

(2) 发展速度

- ①概念：发展速度是报告期水平和基期水平之比，又称动态相对数，它反映报告期较基期发展变动的相对程度。

②计算公式：

$$\text{发展速度} = \frac{\text{报告期水平}}{\text{基期水平}} \times 100\%$$

③环比发展速度和定基发展速度

环比发展速度是报告期水平与前期水平之比，反映报告期比前期发展变动的相对程度；定基发展速度是报告期水平与某一固定时期的水平（通常为最初水平）之比，

反映报告期比某一固定时期发展变动的相对速度,即某一段较长时期内的总的发展速度,又称总速度。 环比发展速度:

$$\frac{y_1}{y_0}, \frac{y_2}{y_1}, \dots, \frac{y_n}{y_{n-1}}$$

定基发展速度:

$$\frac{y_1}{y_0}, \frac{y_2}{y_0}, \dots, \frac{y_n}{y_0}$$

④环比发展速度与定基发展速度存在以下数量关系:

环比发展速度的连乘积等于相对应时期的定基发展速度:

$$\frac{y_1}{y_0} \cdot \frac{y_2}{y_1} \cdot \dots \cdot \frac{y_n}{y_{n-1}} = \frac{y_n}{y_0}$$

相邻时期的定基发展速度之商等于相对应时期的环比发展速度:

$$\frac{y_i}{y_0} \div \frac{y_{i-1}}{y_0} = \frac{y_i}{y_{i-1}}$$

(3) 增长速度

①概念:增长速度,也称增长率,它是增长量除以基期水平或者发展速度减 1 的结果,说明研究对象逐期增长或在较长时期内总的增长速度。增长速度的计算也分为环比增长速度和定基增长速度两种。

②计算公式

$$\text{环比增长速度} = \frac{\text{逐期增长量}}{\text{基期水平}} = \text{环比发展速度} - 1$$

$$\text{定基发展速度} = \frac{\text{累积增长量}}{\text{基期水平}} = \text{定基发展速度} - 1$$

(4) 平均发展速度和平均增长速度

①平均发展速度:平均发展速度是各个时期环比发展速度的序时平均数,反映研究对象在较长时间内发展速度变化的平均程度。

②平均发展速度的几何平均法,又称水平法,用几何平均法计算平均发展速度的数学依据是:现象发展的总速度不等于各期发展速度之和,而等于各期发展速度之积,若用 x_i ($i=1, 2, \dots, n-1$) 代表各期的环比发展速度,则其平均发展速度的计算公式为:

$$\bar{x} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}$$

由于各期的环比发展速度连乘积等于相应时期的定基发展速度,则平均发展速度的计算公式又可以表示为:

$$\bar{x} = \sqrt[n]{\frac{y_n}{y_0}}$$

y_n 代表时间数列的最末水平; y_0 代表时间序列的最初水平 n 代表 y_n 到 y_0 的时间长度。

③方程式法，又称累积法，它是按照这样的要求来计算的：时间序列中的各年发展水平的总和等于全期的总水平，而各年发展水平是基期水平与该年定基发展速度的乘积结果。

④几何法与方程式法的区别：几何平均法的侧重点是从最末水平出发进行研究，按照几何平均法所确定的平均发展速度推算的最末一年发展水平，与实际资料最末一年年的发展水平相同。方程式法的侧重点则是从各年发展水平的累计总和出发进行研究，按照方程式法所确定的平均发展速度推算的全期各年发展水平的总和，与全期各年的实际发展水平的总和相同。几何平均法既适用于时期序列，又适用于时点序列；而方程式法一般只适用于时期序列。

⑤平均增长速度

平均增长速度，又称平均增长率，它是增长速度的序时平均数。在计算平均增长速度时，一般用平均发展速度减 1 来计算，而不是直接用增长速度来计算。平均增长速度的计算公式如下：平均增长速度=平均发展速度-1

3.3 长期趋势的测定及预测

8. 长期趋势：是指时间序列中的指标值在较长时期内所表现出来的变动总态势或者变动总方向。

9. 长期趋势常用的测定方法

(1) 时距扩大法

①做法：它是将原有时间序列中较小时距单位的若干个数据加以合并，得出扩大了时距单位的数据，形成新的时间序列，通过这种方式求得的新的时间序列可以消除较小时距单位所受到的偶然因素的影响，使研究现象发展变化的基本趋势显示得更为明显。时距扩大法把较小时间跨度转化为较大时间跨度。

②优缺点：时距扩大法的优点是操作简便而且直观。但它的缺点也很明显，具体表现在时距扩大之后，所形成的新时间序列包含数据大大减少，导致信息量流失较多，使进一步分析受到一定制约。

(2) 移动平均法

①概念：移动平均法是对时距扩大法的一种改良。它是采用逐期递推移动的方法计算一系列扩大时距的序时平均数，并以这一系列移动平均数作为其对应时期的趋势值。通过移动平均数对原时间序列指标值的修匀，可以更清楚地看出所研究现象变动的基本趋势。

②移动平均数的做法：从时间序列的第一项数值开始，按一定的项数求序时平均数，逐项移动，得出一个由移动平均数构成的新的时间序列。这个派生时间序列把受某些偶然因素影响所表现的波动修匀了，使整个时间序列的总趋势更加明显。

(3) 数学模型法

①概念：用数学模型来测定长期趋势，就是在对原有的时间序列进行分析的基础上，根据其发展变动的特点，寻找一个与其相匹配的趋势线数学模型，并以此来测定长期趋势的变动规律。

②常用的数学模型：直线、指数曲线、二次曲线、修正指数曲线、逻辑曲线、龚珀茨曲线和双指数曲线。

③数学模型类别的判别

a. 图形法

若以横轴表示原时间序列中的时间（变量） t ，以纵轴表示原时间序列中的指标 y ，将原时间序列中的时间与对应的指标值（ t_i 、 y_i ）作为坐标点描在直角坐标系中便形成散点图。然后根据散点图的走势，就可以大致判断出原时间序列的趋势线模型。

b. 指标法

即通过计算出一系列指标来判别原时间序列的趋势线类型。一般来讲，若原时间序列的逐期增长量大致相等，则应采用直线趋势模型；若原时间序列的环比发展速度大致相等，则应采用指数曲线趋势模型；若原时间序列的二级增长量即逐期增长量的逐期增长量大致相等，则应采用二次曲线趋势模型；若原时间序列的逐期增长量的环比发展速度大致相等，则应采用修正指数曲线趋势模型等等。

④直线趋势模型的拟合与预测

a. 直线趋势模型的判断：当时间序列各期指标值的逐期增长量（又称一级增长量、一阶差或一次差）大致相等时，时间序列的发展趋势近似于一条直线，这时就可以根据原时间序列配合一条直线来描述趋势变动情况。

b. 趋势方程的一般形式：

$$\hat{y}_t = a + bt$$

式中， a 和 b 为两个待定参数。 a 是直角坐标系上趋势直线在 y 轴上的截距，其实际意义为：当 $t=0$ 时，该期的趋势值。 b 为直线趋势方程斜率，其实际意义为：当 t 每变动一个单位时，趋势值 y_t 平均变动的数量。

c. 拟合直线趋势线时，求解参数 a 和 b 的方法：

最小二乘法，又称最小平方法，是估计趋势方程中参数的最常用方法。其基本的数学原理是：原时间序列的实际值与趋势线上的趋势值得离差平方和为最小。

分割平均法配合直线趋势线：利用分割平均法配合直线趋势线的基本思路是：利用几何学上“两点确定一直线”原理。具体的做法是：若时间序列属于直线趋势，就可以将时间序列分成相等的两半，每半边各算出两个平均数来，然后将两个平均数绘在图上，据此可以确定两点，连接两点成一直线，即为趋势直线。如果时间序列的项数为奇数，一般可以删去最早一期的数值。

3.4 季节变动的测定和预测

10. 季节变动的测定与预测

(1) 概念：测定季节变动的主要方法是计算季节比率（又称季节指数），它是各月（季）平均数与全时期平均数的比值，通常以全时期平均数为 100 来表示。

(2) 计算季节比率的方法：

①按月（季）平均法

a. 概念：按月（季）平均法是测定被研究现象季节变动的最简单方法。首先根据各年同一月（季）的数值资料，计算出它们的月（季）平均数，然后再根据各年全部资料计算出总的月（季）平均数，最后把各年同月（季）的平均数与总的月（季）平均数进行对比，即为各月（季）的季节比率。

b. 用符号表示如下： $SI = \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}}$ （ $i=1, 2, 3, \dots, 12$ 或 $1, 2, 3, 4$ ）

SI 代表季节比率； \bar{y}_i 代表隔年同月（季）的平均数； \bar{y} 代表各年总的月（季）的平均数。

c. 按月（季）平均法的优缺点：优点是计算简便，容易理解。缺点是所求得的季节比率因为没有考虑长期趋势的影响，有时不够准确。

②趋势剔除法

在具有明显的长期趋势变动的时间序列中，为了测定季节变动，必须首先将趋势变动因素在时间中的影响因素加以剔除。这种事先剔除长期趋势变动的因素，而后季节比率的方法，就称为趋势剔除法。趋势剔除法可以分为移动趋势剔除法和配合趋势线趋势剔除法。

(3) 季节变动的预测

①简单季节模型预测方法

在没有明显的长期趋势的月（季）度资料或允许不考虑长期趋势存在的情况下，可以应用简单季节模型进行外推预测。基本做法是计算过去若干年的月（季）平均季节比率，并以此作为预测下一年各月（季）预测值调整的依据。

②如果已知下一年的全年预测值，则各月（季）的预测值等于月（季）平均预测值乘以该月（季）的季节比率。用公式表示为：

$$\hat{y}_i = \bar{y}_i \times S_i$$

\hat{y}_i 代表月（季）的预测值； \bar{y}_i 测算的预测年度各月（季）平均值； S_i 代表月（季）季节比率。

③如果已知下一年前几个月的实际数，则以后各月（季）的预测值等于已知月（季）的实际数乘以已知月（季）季节比率与以后各月（季）季节比率的比值。用公式表示为：

$$\hat{y}_i = y_k (S_i / S_k)$$

式中： y_k 代表已知月（季）的实际值；

S_k 代表已知月（季）的季节比率；

S_F 代表预测月（季）的季节比率。

3.5 循环变动和不规则变动的测定

11. 循环变动和不规则变动的测定

（1）概念：循环变动一般都没有固定的周期，成因也比较复杂，往往难以事先预知。因此，循环变动的测定不仅要借助统计分析方法，有时还要借助于定性的经济理论分析和历史经验的帮助。

（2）循环变动的测定方法

①直接测定法

计算步骤如下：

第一，计算各期的年距环比发展速度。得到的年距环比发展速度序列仅包含循环变动和随机变动。

第二，计算各期的循环指数。对年距环比发展速度序列进行移动平均，使随机变动的影响相互抵消，即可得出各期的循环指数。

②剩余测定法

剩余测定法也称分解法。这种方法基本思路是：假定时间序列各影响因素对现象发展影响的模型为乘法模型： $Y=T \cdot S \cdot C \cdot I$ ，利用分解分析原理，首先在时间序列中剔除长期趋势和季节变动，然后再消除随机变动因素，从而揭示循环变动的特性。其计算步骤如下：

第一，计算剔除长期趋势和季节变动后的剩余序列。

第二，计算循环指数。

（3）随机变动的测定

对于一个具体时间序列，由上面介绍的各种方法可分别求得其中的长期趋势（T）、季节变动（S）和循环变动（C）。再依据乘法模型，分别从该模型中剔除长期趋势、季节变动和循环变动的影响，则其剩余即为随机变动。其计算公式为：

$$I = \frac{y_t}{T \cdot S \cdot C}$$

第4章 统计指数

4.1 统计指数的概念和种类

1. 统计指数的概念

从广义上讲，一切说明社会现象数量对比关系的相对数都是指数。它包括不同时间的同类现象，不同空间（地区、部门、单位）的同类现象，以及实际与计划对比的相对数。从这个角度来说，动态相对数、比较相对数以及计划完成相对数都可以成为指数。从狭义上讲，指数则是一种特殊的相对数，它是反映不能直接相加的多种事物数量综合变动情况的相对数。

2. 统计指数的作用

- （1）综合反映事物的变动方向和程度：这是总指数的主要作用。
- （2）分析受多因素影响的现象总变动中各个因素的影响方向和程度。
- （3）研究事物在长时间内的变动趋势。

3. 统计指数的分类

- （1）个体指数和总指数：按照所反映对象的范围不同，统计指数可以分为个体指数和总指数。

- ①个体指数：是反映单个事物的数量在不同时间或不同空间上的变动程度。个体指数的计算方法比较简单，因为它所说明的是同一种现象，直接相加没有困难，只要将报告期指标与基期指标相对比计算其发展速度即可。

$$\text{个体销售量指数：} K_q = \frac{q_1}{q_0}$$

$$\text{个体物价指数：} K_p = \frac{p_1}{p_0}$$

$$\text{个体成本指数：} K_z = \frac{z_1}{z_0}$$

式中：K_q、K_p、K_z 分别代表商品（产品）数量、价格、成本的个体指数；

q₀、q₁ 代表基期与报告期的商品（产品）数量；

p₀、p₁ 代表基期与报告期的价格；

z₀、z₁ 代表基期与报告期的单位产品成本。

- ②总指数，是反映多种不同的产品或商品的数量、成本、价格等现象在不同时间或不同空间上的总变动程度的一种特殊的相对数。
- ③组指数（或种类指数），它是把指数分析法和分组法结合起来的一种运用，它是在总指数中通过分组来计算各个组的指数。
- ④总指数和个体指数的联系与区别：总指数与个体指数之间既有区别又有联系。区别在于总指数反映多种事物的变动，而个体指数值反映某一种事物的变动。联系在于总指数是个体指数的平均数，所以其数值是介于最大的个体指数与最小的个体指数之间。

- (2) 数量指标指数和质量指标指数：按照所反映的现象的特征和内容不同，统计指数分为数量指标指数和质量指标指数。
- ①数量指标指数：是反映数量指标变动的相对数，因而它往往是把多种不能直接相加的数量指标在不同时间或空间等方面的变动程度平均化、综合化。
- ②质量指标指数：是反映质量指标变动的相对数，因而它往往把多种看似能直接相加实际不能直接相加的质量指标在不同时间或空间等方面的变动程度平均化、综合化，如价格总指数、成本总指数等。
- (3) 综合指数和平均指数：照编制方法不同，统计指数分为综合指数和平均指数。
- ①综合指数是通过两个总量指标在不同时间或不同空间对比计算出来的；
- ②平均指数则是个体指数的加权平均数。
- (4) 时间指数和空间指数：按照对比内容的不同，统计指数分为时间指数和空间指数。
- ①时间指数是指某种数量在两个不同时间的数值比率指标。
- ②空间指数是指某种数量在两个不同地域的数值比率指标。
- (5) 总指数和狭义指数的区别和联系：总指数和狭义指数并不等同，它们是两个内涵与外延不相同的概念，应注意两者的区别和联系。虽然狭义指数都是总指数，但总指数并不都是狭义指数。总指数中既包括全部个体不同度量的数量在不同时间或不同空间上的综合相对比率，也包括全部个体同度量的数量在不同时间或不同空间上的总相对比率。因此，总指数中包含狭义指数。

4.2 综合指数

4. 综合指数

- (1) 概念：综合指数是总指数的基本形式，它是由两个总量指标对比形成的指数。凡是一个总量指标可以分解为两个或两个以上因素指标的乘积时，其中一个或一个以上的因素指标固定下来，仅观察其中一个因素指标的变动程度，这样的总指数就称为综合指数。
- (2) 综合指数的公式：设 q_0 、 q_1 、 p_0 、 p_1 分别代表基期、报告期的销售量和价格， $\overline{K_q}$ 、 $\overline{K_p}$ 分别代表销售量总指数和价格总指数，则综合指数的公式如下：

$$\overline{K_q} = \frac{\sum p_0 q_1}{\sum p_0 q_0} \quad \overline{K_p} = \frac{\sum p_1 q_1}{\sum p_0 q_1}$$

- (3) 编制综合指数应解决的问题

需要指出两点：其一，不同度量的情况，一般表现在总量指标分解为乘积的因素指标中，组成总量指标的各个个体数量一般是同度量，而组成因素指标的各个个体数量是不同度量的。这样，在编制各因素指标总指数时，均需要解决同度量的问题。其二，在编制销售量总指数和价格总指数时，分别用价格和销售量作为同度量因素，但从编制销售量总指数和价格总指数的目的来看，销售量总指数是反映各种商品销售量的综

合变动情况，作为同度量因素的价格应该固定在某一时期，价格总指数是反映各种商品价格的综合变动情况，作为同度量因素的销售量也应该固定在某一时期。

5. 综合指数公式的编制

(1) 拉氏指数

拉氏指数是由德国学者拉斯佩雷斯(E. laspeyres)于 1864 年提出的一种综合指数。

用 \overline{K}_q 来表示物量总指数，用 \overline{K}_p 表示物价总指数，拉氏综合指数的计算公式为：

$$\overline{K}_q = \frac{\sum p_0 q_1}{\sum p_0 q_0} \quad \overline{K}_p = \frac{\sum p_1 q_0}{\sum p_0 q_0}$$

拉氏指数公式的特点是，不论数量指标总指数，还是质量指标总指数，其同度量因素都固定在基期。

(2) 派氏指数

派氏指数是由德国学者派煦于 1874 年提出的一种综合指数。派氏物量总指数 \overline{K}_q 和

物价总指数 \overline{K}_p 的计算公式为：

$$\overline{K}_q = \frac{\sum p_1 q_1}{\sum p_1 q_0} \quad \overline{K}_p = \frac{\sum p_1 q_1}{\sum p_0 q_1}$$

(3) 杨格指数

杨格指数是由杨格于 1818 年提出的一种综合指数。用 p_n 和 q_n 分别表示特定时期的物价和物量，则杨格综合指数的计算公式为：

$$\overline{K}_q = \frac{\sum p_n q_1}{\sum p_n q_0} \quad \overline{K}_p = \frac{\sum p_1 q_n}{\sum p_0 q_n}$$

杨格指数公式的特点是，无论数量指标总指数，还是质量指标总指数，其同度量因素都固定在某个特定时期。

(4) 埃马指数

埃马指数是由美国学者埃奇渥斯和马歇尔提出的一种综合指数。埃马物量总指数 \overline{K}_q

和物价总指数 \overline{K}_p 的计算公式为：

$$\overline{K}_q = \frac{\sum q_1(p_0 + p_1)}{\sum q_0(p_0 + p_1)} \quad \overline{K}_p = \frac{\sum p_1(q_0 + q_1)}{\sum p_0(q_0 + q_1)}$$

埃马指数公式的特点是，用基期和报告期的平均价格作为同度量因素编制物量总指数，用基期和报告期的平均物量作为同度量因素来编制物价总指数。

(5) 费暄理想指数

费暄理想指数是由美国学者费暄于 20 世纪 20 年代提出的一种指数，费暄理想指数的物量总指数和物价总指数的计算公式为：

$$\overline{K}_q = \sqrt{\frac{\sum p_0 q_1}{\sum p_0 q_0} \times \frac{\sum p_1 q_1}{\sum p_1 q_0}} \quad \overline{K}_p = \sqrt{\frac{\sum p_1 q_0}{\sum p_0 q_0} \times \frac{\sum p_1 q_1}{\sum p_0 q_1}}$$

费暄理想指数公式的特点是，将拉氏指数和派氏指数经过简单的几何平均而得到。

在编制综合指数中，指数化因素乘以同度量因素，就使各个不同度量的数值转化为同度量的数量加总求和，但又使其所乘同度量因素数值的大小而具有不同的权数，从而影响所求总指数的数值。因此，选择适当的同度量因素，是编制综合指数的关键。

4.3 平均指数

6. 平均指数

(1) 平均指数的概念：将各个个体指数进行综合平均而得出的综合比率指标，即平均化指标。平均指数与综合指数既有区别又有联系。两者的联系在于，在一定的权数下，平均指数就是综合指数的一种变形。但是，作为一种独立的总指数形式，平均指数在实际应用中不仅作为综合指数的变形使用，而且它本身也具有独特的广泛应用价值。

(2) 平均指数公式的编制方法

平均指数其实是用求平均数的方法来求指数，其所使用的方法主要有加权算术平均和加权调和平均两种

①加权算术平均指数公式的编制

a. 以综合指数变形为权数编制的加权算术平均指数公式。

以拉氏物量总指数和物价总指数为例来说明其公式的编制方法。

$$\overline{K}_q = \frac{\sum p_0 q_1}{\sum p_0 q_0} \quad \overline{K}_p = \frac{\sum p_1 q_0}{\sum p_0 q_0}$$

上式是以 K_q 和 K_p 为变量值，以 $p_0 q_0$ 为权数的加权算术平均指数公式。将这两个指数公式称之为综合指数变形权数和加权算术平均指数公式。

b. 固定权数加权算术平均指数。

$$\overline{K} = \frac{\sum KW}{\sum W}$$

②加权调和平均指数公式的编制

a. 以综合指数变形为权数编制的加权调和平均指数公式

以派氏物量总指数和物价总指数为例来说明其公式的编制方法

$$\overline{K}_q = \frac{\sum p_1 q_1}{\sum p_1 q_0} \quad \overline{K}_p = \frac{\sum p_1 q_1}{\sum p_0 q_1}$$

b. 固定权数加权调和平均指数

使用较多的是综合指数变形权数的加权调和平均指数和加权算术平均指数。

$$\text{加权调和平均指数} = \frac{\sum W}{\sum \frac{1}{K} W}$$

(3) 用加权算术平均法求指数应具备两个条件

其一是已知各种事物的个体指数；其二是已知各种事物基期的价值量资料。

(4) 用加权调和平均法求指数也应具备两个条件。

其一是已知各种事物的个体指数；其二是已知各种事物报告期的价值量资料。

4.4 指数体系与因素分析法

7. 指数体系的概念及编制

(1) 指数体系的概念

指数体系的概念：若干个有联系的经济指数之间如能构成一定数量对应关系，就可以把这种经济上有联系、数量上保持一定关系的指数之间的客观联系称为指数体系。指数体系一般保持两个对等关系，即若干因素指数的乘积等于总变动指数，若干因素指数的影响差额之和等于实际发生的总差额。

(2) 指数体系的编制

编制指数体系应以编制综合指数的一般原理为依据。由于在编制综合指数时，同度量因素可以固定在基期或报告期，所以可编制不同的指数体系。应当遵守的原则是：同一个指数体系中的两个因素指数的同度量因素要分别固定在不同时期。

一般来说，编制质量指标指数，应将作为同度量因素的数量指标固定在报告期（即采用派氏指数公式）；编制数量指标指数，应将作为同度量因素的质量指标固定在基期（即采用拉氏指数公式）。

8. 因素分析法

(1) 因素分析法的概念：因素分析法是指根据指数体系中多种因素影响的社会经济现象的总变动情况，分析其受各因素的影响方向和影响程度的一种方法。分析时，要固定一个或几个因素，仅观察其中一个因素的变动情况，从而揭示出现象变动中的具体情况和原因，这种方法称之为因素分析法。

(2) 因素分析法的种类

- ①按分析对象的特点不同，可分为简单现象因素分析和复杂现象因素分析。
- ②按分析指标的表现形式不同，可分为总量指标变动因素分析和平均指标、相对指标变动因素分析。
- ③按影响因素的多少不同，可分为量因素分析和多因素分析。

(3) 因素分析法的步骤与方法

第一，在定性分析的基础上，确定要分析的对象及影响的因素。

第二，根据指标间数量对等关系的基本要求，确定分析所采用的对象指标和因素指标，并列出具关系式。

第三，根据指标关系式建立分析指数体系及相应的绝对增减量关系式。

第四，应用实际资料，根据指数体系及绝对量关系式，依次分析每一个因素变动对对象变动影响的相对程度及绝对数量。

(4) 因素分析法的应用

总量指标变动的两因素分析

总量指标的变动可以从总体单位数和总平均水平两个因素的影响进行分析,因素指数可以直接计算。

$$E=ab$$
$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{a_1b_1}{a_0b_0} = \frac{a_1b_0}{a_0b_0} \times \frac{a_1b_1}{a_1b_0}$$
$$E_1-E_0=a_1b_1-a_0b_0=(a_1b_0-a_0b_0)+(a_1b_1-a_1b_0)$$

第 5 章 线性规划介绍

5.1 线性规划问题的数学模型

1. 线性规划的概念：

规划论要解决的问题是在给定条件下，按某一衡量指标来寻找安排的最优方案，可将之表示为函数在约束条件下的极值问题；当约束方程和目标函数都是线性的，就属线性规划问题。

2. 线性规划问题的数学模型：数学模型是描述实际问题共性的抽象的数学形式。

5.2 使用线性规划的基本技巧

3. 使用线性规划的基本技巧（线性规划常用的解决办法）

①针对生产能力的合理分配问题，可用效率比法。

②针对原料的有限库存，合理安排两种产品的产量使生产效益最大，可用图解法

图解法的步骤：

a. 写出约束条件和建立目标函数。

b. 再在直角坐标平面上画由约束条件确定的 X_1 和 X_2 的可行解域。

c. 再将二元的目标函数的因变量看常数 h ，改为关于 X_1 、 X_2 的二元方程，其集合意义也是一条直线，此直线上的点的坐标总能使目标函数的值为 h 。

d. 转化为目标函数取得最大值，向右平移。

e. 通过联立通过顶点的两条直线的方程组，其解即顶点坐标，也称最优解。

③针对物资调运问题，可用表上作业法；

④针对指派问题或旅行商问题，可用匈牙利算法。

5.3 运输问题（了解）

第6章 统计决策分析

6.1 统计决策的要素和程序

1. 统计决策的概念

在经济管理和商务活动以及各种日常生活中，人们常常要针对面临的问题和客观环境，做出某种行动的决定。这种做出决定的过程就是决策。如果在决策过程中所使用的分析推断方法主要是统计分析推断方法，那么这种决策就被称为统计决策。

2. 统计决策的要素

- (1) 客观环境的可能状态集
- (2) 决策者的可行行动集
- (3) 决策行动的收益函数或损失函数
 - ①线性损失函数②平方误差损失函数

3. 统计决策的程序

(1) 确定决策目标

决策目标不是越大越好，而是越具体越好，目标越具体越明确，行动方案的制定就越容易，越符合实际。

(2) 拟定各种可行的行动方案

决策目标确定之后，接下来就需要分析实现决策目标都有哪些可能的途径，并根据对各种可能途径的分析拟定出多个可行的行动方案。这些可行的行动方案就构成了决策者的行动方案集。

(3) 通过比较分析选出最佳的行动方案

对于已拟定出的各种行动方案，还需要进一步对其进行比较分析，以选出对决策者来说最佳的行动方案。

(4) 决策的执行

找到最佳的行动方案以后，决策者就需要按照这一行动方案去行动，也就是执行这一决策行动方案。

4. 非概率型决策

决策者在仅仅知道客观环境可能有哪几种状态，但却不知道每一种可能状态出现概率的条件下的决策。也就是说，非概率决策也就是在仅仅具备决策的三个基本要素的条件下的决策。

6.2 非概率型决策

5. 非概率型决策的准则

- (1) 大中取大准则

大中取大准则也称为乐观准则，决策者按照对客观环境状态的最乐观的设想，寻求取得最大的收益。

(2) 小中取大准则

小中取大准则也称为悲观准则，决策者按照对客观环境状态的最悲观的设想，寻求取得最大的收益。

(3) 折中准则

折中准则又称为赫维茨准则，它是赫维茨提出的一种决策准则。赫维茨认为，对客观环境状态的判断既不能盲目乐观，也不应过分悲观，决策者不应该按照某种极端的准则行事，而是应该在两种极端之间寻求平衡。

(4) 大中取小准则

大中取大准则和小中取大准则都是从收益函数出发给出的决策准则，决策问题除去可以从收益的角度进行分析外，还可以从其反面即损失的角度进行分析。

6.3 先验概率型决策

6. 先验概率型决策

(1) 概念：决策者除了掌握客观环境的可能状态集、决策者的可行动集和决策行动的收益函数或损失函数这三个进行决策分析的基本要素之外，还掌握客观环境各种可能状态出现的先验概率分布。

(2) 先验概率型决策的准则

①期望损益准则

所谓期望损益准则，就是以每个行动方案的期望收益或期望损失为标准，选出期望收益最大或者期望损失最小的行动方案，作为最终确定的行动方案。

要选择期望损失最小的行动方案，也就是要选择风险最小的行动方案。期望损失最小的决策准则也可以称为风险最小的决策准则。

②最大可能准则

所谓最大可能准则，就是选择在最有可能出现的客观状态下收益最大或损失最小的行动方案作为最终选定的行动方案。

③渴望水平准则

所谓渴望水平准则，就是以决策者的渴望收益值为标准，选取最大可能取得次渴望收益值的行动方案作为所选择的行动方案。

7. 决策树技术

统计决策还可以用图的形式进行。决策实践中常用的图形是决策树。在决策树中，若同一状态点所引出来的状态枝末梢的损益值相同，则可将这些损益值相同的状态枝合并为一个状态枝，将原状态枝上的概率相加作为合并后的状态枝上的概率，状态枝末梢的损益值不变，从而可将决策树简化。

决策树与损益表相比,使得决策问题形象直观,思路清晰,但是决策树并不仅仅是决策分析的一种较形象简明的方法,更重要的是它在一些比较复杂的决策问题中有着独特的作用。

8. 边际分析决策

在不确定性决策问题中,如果行动方案和客观状态都是有序的数量,那么就可各用一个变量来表示,分别称为决策变量和状态变量,决策的目标就是确定出最佳的决策变量值。在决策变量的某个给定水平上,若再增加一个单位的数值给决策者带来的收益大于其成本,即边际收益大于边际成本,则决策者得到的边际利润为正数,决策变量值就应该增加;反之,若边际收益小于边际成本,则决策者得到的边际利润为负数,决策变量值就应该减少。显然,只有当边际收益等于边际成本时,即边际利润等于 0 时,决策变量值才达到了最优水平,因为这时不论是增加还是减少决策变量值都会使边际利润为负数,所以只有使决策变量值保持不变才能使总利润最大。因此,边际收益等于边际成本,即边际利润等于 0,是决策变量取值最优的必要条件。

由于决策者面对的客观环境是不确定的,所以决策变量每增加一个单位的数值,都会面临着两种可能的情形:一是客观环境有利,决策者得到的边际利润为整数;二是客观环境不利,决策者得到的边际利润为负数。

临界概率或临界比,它是决策变量值每增加一个单位的边际利润期望值由正转负的转折概率。也就是说,如果客观环境的有利情形出现的概率大于此临界概率值,决策变量值增加,边际利润的期望值就会增加,决策者就应该继续使决策变量值增加,直到客观环境的有利情形出现的概率等于此临界概率值时为止,因为此后再继续增加决策变量值,不但不会使边际利润的期望值再继续增加,反而会使其减少。

6.4 后验概率型决策

9. 后验概率型决策

决策者事先对客观环境各种可能状态的概率分布的估计或判断,就是先验概率分布,而通过样本调查观测所取得的有关客观环境总体的信息,就是样本信息,根据样本信息对原有的先验概率分布加以修正,所得到的修正后的有关客观环境各种可能状态出现的概率分布,通常称为后验概率分布。

10. 信息的价值

(1) 完全信息期望价值

如果决策者获得的信息能够完全消除决策中的不确定性,也就是说决策者根据所获得的信息可以完全确知客观环境肯定是哪一种状态,那么这种信息就称为完全信息。如果决策者拥有完全信息,那么决策者将会获得最大期望收益。

(2) 样本信息期望价值

用后验概率条件下的最大期望收益与先验概率条件下的最大期望收益相减,就可以计算出样本信息的价值,此样本信息价值就称为样本信息期望价值。

(3) 抽样期望净得益

样本信息期望价值与取得样本信息的费用之间的差额,称为抽样期望净得益。

11. 敏感性分析

- (1) 概念: 对最优方案的稳定性即可靠性进行分析,称为敏感性分析,就是分析客观环境可能状态出现概率的变化对最优方案的影响。
- (2) 决策分析中各行动方案的取舍,取决于两方面的因素,一是各行动方案在各种状态下的损益值,二是各种客观状态出现的概率值。在最优方案不稳定的情况中,决策者对各种行动方案的取舍必须特别小心谨慎。因此,有必要对最优方案的稳定性进行分析,以避免决策的失误。
- (3) 通常所用的方法是先根据客观环境各种可能状态的损益值计算出引起最优行动方案改选的转折概率,然后再将实际估定的概率与此转折概率比较,根据二者差距的大小来判断所选最优行动方案的稳定性。

第7章 与决策相关的成本、风险和不确定性

7.1 相关性与滞留成本

1. 相关性的概念：相关性一般是指信息与决策相关的特性。如果信息是相关的，那么其应当符合以下两项标准：

第一，它必须是对未来状况的预测，包括预计的未来收入、成本数据等。值得注意的是，相关信息必须是对未来结果的预测，而不是对历史的总结。

第二，它必须包含各方案之间的差别因素。在预期的未来结果中，只有那些会随所选方案的不同而改变的结果才是与决策相关的。反之，任何一个不随着选择方案的改变而变化的项目，对决策来说就是不相关的。

2. 相关性与准确性

相关性是信息从属于决策主要质量特征之一，除此以外还应当考虑信息的准确性。所以，为进行决策而收集信息时，必须在相关性和准确性之间进行权衡。

准确但不相关的信息对决策而言是毫无价值的。但是，不准确但相关的信息却可能对决策有用。在决策时，相关信息必须具备合理的准确性，但并不并要求十分精确。

信息的相关性或准确性程度往往取决于它的定性或定量化程度。但由于在决策中信息的相关性比准确性更具有关键意义，所以在许多决策中，定性因素的影响可能比定量因素拥有更大的权重。在决策中，应当注意将各种定性因素与定量因素相结合，综合考虑，衡量利弊得失，这样才能保证决策的科学性。

3. 与决策有关的特定成本

(1) 差量成本：差量成本是指不同备选方案之间预计成本的差额。

(2) 边际成本：指总成本对产量的无限小变化的变动部分。因此，边际成本的实际计量，就是当产量增加或减少一个单位时总成本所发生的变化量。

第一，当某产品的平均成本（AC）与边际成本相等（ $MC=AC$ ）时，平均成本最低。

第二，当某产品的边际收入（MR）与边际成本相等（ $MR=MC$ ）时，企业利润最大。

(3) 机会成本

机会成本是指在经营决策中应由中选的最优方案负担的、按所放弃的次优方案潜在收益计算的那部分资源损失。

(4) 付现成本

付现成本又称为现金支出成本，它是指由现在或将来的任何决策所能够改变其支出数额的成本。

与付现成本相反的是沉没成本，它是指过去已经发生的、现在或将来的任何决策所无法改变的成本，例如企业购路机器设备所耗费的历史性支出。

付现成本和沉没成本在决策时往往易被忽视，进而导致决策失误。

(5) 重置成本

重置成本又称现行成本,它是指按当前市场价格重新取得某项现有资产所需支付的成本。与重置成本相对应的概念是历史成本,它是指过去已经发生的实际支出,对于资料的利用总是考虑其现时状况,所以历史成本在当前的决策中大多被看成沉没成本而不加考虑。

(6) 专属成本

专属成本又称特定成本,它是指那些能够明确归属于特定决策方案的固定成本或混合成本。它往往是为了弥补企业生产能力不足的缺陷,增加机器设备等有关固定资产而发生的。

(7) 可避免成本

可避免成本是指通过某项决策行动可以改变其数额的成本。这种成本发生与否,完全取决于与之相联系的特定备选方案是否被选中。

不可避免成本是同可避免成本相对应的一个成本概念,它是指某项决策行动无法改变其数额的成本。

(8) 可延缓成本

可延缓成本是指在决策中对其暂缓开支不会对企业未来的生产经营活动产生重大影响的那部分成本。这种成本与某一特定备选方案相联系,由于各种原因推迟该方案的实施时,它可以随之推迟发生。

不可延缓成本是同可延缓成本相对应的一个成本概念,它是指在决策中对其暂缓开支将对企业未来的生产经营活动产生重大影响的那部分成本。

4. 滞留成本

(1) 滞留成本的概念

滞留成本不是未来成本,而是由企业现在承担的、但需要在不久的将来偿付的成本。滞留成本既不是企业的实际支出,也不必记账,它们只是企业使用某种经济资源而需要支付的代价。

(2) 滞留成本的计算

① 个别资本成本

个别资本成本是指通过各种筹资方式使用经济资源的成本,包括长期借款资本成本、债券资本成本、普通股和优先股资本成本等。计算公式为:

$$K = \frac{D}{P(1-f)}$$

式中: K 为资本成本,以百分比表示;

D 为资金年实际占用费;

P 为该资金的筹资总额;

f 为筹资费用率,即筹资费用与筹资总额的比率。

②综合资本成本

企业的筹资方式通常不是单一的，因此企业总的资本成本应当是各类个别资本成本的综合，即综合资本成本。它是以各种资本占全部资本的比重作为权数，对各类个别资本成本进行加权平均计算出来的。其计算公式为：

$$K_w = \sum_{j=1}^n K_j W_j$$

式中：K_w 为综合资本成本；

K_j 为第 j 类个别资本成本；

K_j 为第 j 类个别资本占全部资本的比重，可以按资本的账面价值、市场价值或目标价值来确定。

7.2 决策风险与不确定性

5. 决策风险与不确定性

(1) 风险与不确定性的含义

- ①风险是指事前可以预知所有可能的结果，以及每种结果出现的概率。从决策的角度说，风险主要是指无法达到预期报酬的可能性。
- ②不确定性是指事前不能预知所有可能结果，或者尽管预知所有可能结果，但不知道它们出现的概率。
- ③应当注意的是，风险与不确定性有时难以区分。风险问题的概率往往不能准确知道，不确定性问题也可以事先估计一个概率，因此在实务领域可能并不严格区分风险与不确定性，而是把它们都视作风险问题来处理，并把风险理解为一种可测定概率的不确定性。

(2) 决策的分类

①确定性决策

确定性决策是指与决策相关的那些客观条件或自然状态是肯定的、明确的，每个备选方案通常只有一种确定的结果，并且可用具体的数字表示出来。

②风险性决策

风险性决策是指与决策相关的那些因素的未来状况不能完全肯定，但可以根据有关方法通过预测来确定其客观规律

③不确定性决策

不确定性决策是指与决策相关的那些因素不仅不能肯定，而且每种可能结果出现的概率也无法确切地预计，各种备选方案的条件只能以决策人员者通过经验判断所确定的主观概率作为依据。

(3) 决策者的分类

- ①风险偏好者：风险偏好者是指总是对最好的结果感兴趣，而不管风险有多大的决策者。

②风险中性者：风险中性者是指关注最有可能结果的决策者。

③风险规避者：风险规避者是指总是关注可能的最坏结果的决策者。

6. 决策风险的衡量

(1) 决策风险的衡量方法

以概率论原理为基础，针对那些有多种可能结果的不确定因素而采取的一种定量分析方法。

主要遵循以下几个步骤：

①确定决策方案的概率与概率分布

在决策时，应当针对决策问题确定各个备选方案可能出现的结果，并估计每种结果出现的概率。

②计算决策方案的期望值

决策方案的期望值是一个概率分布中各个备选方案所有可能出现结果以其相对应的概率为权数计算的加权平均值。其计算公式为：

$$\bar{E} = \sum_{i=1}^n X_i P_i$$

式中： \bar{E} 为决策结果的期望值；

n 为所有可能出现结果的个数；

X_i 为第 i 种可能出现结果的取值；

P_i 为第 i 种可能结果出现的概率。

③计算决策方案的标准差

决策方案的标准差反映了一个概率分布中各个备选方案所有可能出现结果对已知期望值的偏离程度，通常用 σ 表示。其计算公式为：

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{E})^2 \cdot P_i}$$

决策方案的标准差是以绝对数来衡量每个备选方案的风险程度。在期望值相同的情况下， σ 越大，决策方案的风险就越大；反之， σ 越小，决策方案的风险就越小。对属于风险规避者的决策人员来说，他进行决策时一般倾向于选择 σ 较小的方案。

④计算决策方案的标准差系数

决策方案的标准差系数是指各个备选方案标准差与期望值之间的比值，通常用 V 表示。其计算公式为：

$$V = \frac{\sigma}{\bar{E}} \times 100\%$$

决策方案的标准差系数是以相对数来衡量决策方案的风险程度。对于期望值不同的决策方案，用 V 表示风险程度： V 越大，决策方案的风险就越大； V 越小，决策方案的风险就越小。

(2) 决策风险衡量方法的应用

7.3 风险与不确定条件下的决策分析

7. 风险性决策分析方法

(1) 期望损益值的决策方法

期望损益值的决策方法是指决策损益表，分别计算各个备选方案的期望损益值，并从中选择期望收益值最大（或期望损失值最小）的方案作为最优方案的一种决策方法。

在做出风险性决策时，决策人员利用期望损益值的决策方法的基本步骤包括：

第一，在确定决策目标的基础上，设计各种可行的备选方案。

第二，分析各个备选方案实施后可能遇到的自然状态，并估计每种自然状态出现的概率。

第三，计算各个备选方案在各种自然状态下可能取得的收益值（或损失值），如企业贡献毛益总额、利润总额、投资收益等。

第四，决策人员可以把各个备选方案、自然状态及其发生的概率以及收益值（或损失值）在一张表上反映出来，这样就形成了所谓的决策损益表。

第五，计算并比较各个备选方案期望收益值（或期望损失值）的大小，从中选出具有最大期望收益值（或最小期望损失值）的方案最为最优方案。在某一备选方案下，根据各种自然状态出现额概率计算期望收益值（或期望损失值）。其计算公式为：

$$\bar{E}_i = \sum_{j=1}^m X_{ij}P(\theta_j)$$

式中： \bar{E}_i 为备选方案 i 的期望收益值（或期望损失值）；

m 为可能出现的自然状态的个数；

X_{ij} 为采用第 i 种方案且出现第 j 种状态时的收益值（或损失值）；

$P(\theta_j)$ 为第 j 种状态发生的概率。

(2) 等概率（合理性）的决策方法

在风险决策中，决策人员有时无法预测各种自然状态出现的概率，这时他们可以采用等概率（合理性）的决策方法。这种方法是指在预先假定几种自然状态出现的概率相等（即 $P = \frac{1}{n}$ ）的情况下，分别计算各个备选方案的期望损益值，并从中选择期望收益值最大（或期望损失值最小）的备选方案作为最优方案的一种决策方法。

等（即 $P = \frac{1}{n}$ ）的情况下，分别计算各个备选方案的期望损益值，并从中选择期望收益值最大（或期望损失值最小）的备选方案作为最优方案的一种决策方法。

(3) 最大可能性的决策方法

最大可能性的决策方法是指以自然状态出现的可能性大小作为选择最优方案的标准，而不考虑其经济结果的一种决策方法。采用这种方法时，决策人员首先应当确定最有可能出现的自然状态，然后比较该状态情况下各个备选方案可以获取的损益值，并从中选择具有最大收益值（或最小损失值）的方案作为最优方案。

8. 不确定性决策分析方法

(1) 保守的决策方法

① 小中取大法

小中取大法，又称为悲观决策方法或者最大的最小收益值法，它是指在几种不确定的结果中，选择在最不利的市场需求情况下收益值最大的方案作为最优方案的一种决策方法。

②大中取小法

大中取小法，又称为最小的最大后悔值法，它是指在几种不确定的结果中，选择在最大后悔值中的最小值方案作为最优方案的一种决策方法。

(2) 乐观的决策方法

如果决策者属于风险偏好者，其对未来决策行动持有乐观态度且充满信心，那么他们在进行不确定性决策时则可以采用乐观的决策方法。这种方法主要包括大中取大法，它是指在几种不确定的结果中，选择在最有利的市场需求情况下具有最大收益值的方案作为最优方案的一种决策方法。

(3) 折衷的决策方法

如果决策人员对未来决策行动较为乐观，同时也考虑到不利形势发生的影响，那么他们在进行不确定性决策时可以采用折衷的决策方法。这种方法是指在计算各个备选方案预期收益值的基础上，选择预期收益值最大的方案作为最优方案的一种决策方法。该方法的具体步骤是：

第一，要求决策者根据实际情况和自己的实践经验确定一个乐观系数 α 。应当注意， α 的取值范围是 $0 \leq \alpha \leq 1$ 。

第二，计算各个备选方案的预期收益值。其计算公式为：

各个方面的预期收益值 = 最高收益值 $\times \alpha$ + 最低收益值 $\times (1 - \alpha)$

第三，比较各个备选方案的预期收益值，从中选出具有最大预期收益值的方案作为决策的最优方案。

第 8 章 模拟决策技巧和排队理论

8.1 排队论概述

1. 排队系统的特征

- (1) 排队的可以是人，也可以是物。
- (2) “排队”是指处于服务机构中要求服务的对象的一个等待队列，而“排队论”则是研究各种排队现象的理论。
- (3) 在排队论中，一般把要求服务的对象称为顾客，把从事服务的机构或人称为服务台。
- (4) 在排队系统中，随机性是排队系统的基本特征。因为一般来说，顾客到达的时刻和服务台进行服务的时间是无法精确预知的，所以排队论又称为随机服务系统理论。

2. 排队系统的运行结构

- (1) 输入过程：顾客到达排队系统的过程称为输入过程。
- (2) 服务机构：在服务机构中，包含了服务台的数目、接受服务的顾客数以及服务时间和服务方式等，这些因素都是不确定的，其中服务台数与服务时间是主要因素。
- (3) 排队规则：排队规则是指从队列中挑选顾客进行服务的规则。

3. 排队系统的数量指标

- (1) 排队长：系统内排队等待的顾客数称为排队长，其平均值用 L_q 表示。
- (2) 队长：系统内的顾客总数简称队长，它等于排队队长与正在接受服务顾客数的总和，其平均值用 L 表示。
- (3) 等待时间：顾客进入系统后的排队等待时间简称等待时间，一般用 w 表示平均等待时间。
- (4) 停留时间：顾客在系统内的时间简称停留时间，它等于排队等待时间与接受服务时间的总和，其平均时间用 W 表示。

4. 排队论的研究内容、目的和方法

- (1) 排队论研究的首要问题是排队系统主要的数量指标的概率分布，然后研究系统的优化问题。具体说来，可大体分成统计问题和最优化问题两大类。
- (2) 统计问题时排队系统建模中的一个组成部分，它主要研究对现实数据的处理问题。
- (3) 排队系统的优化问题涉及到系统的设计、控制以及有效性评价等方面的内容。
- (4) 总之，合理地设计和保持服务系统的最优运营是现代决策者面临的一个主要问题，也是人们研究排队论的最终目的。作为一种分析工具，处理排队问题的过程可以概括为以下四步：第一，确定排队问题的各个变量，建立它们之间的相互关系；第二，根据已知的统计数据，运用适当的统计检验方法以确定相关的概率分布；第三，根据所

得到的概率分布，确定整个系统的运行特征；第四，根据服务系统的运行特征，按照一定的目的，改进系统的功能。

8.2 M/M/1 排队模型

5. M/M/1 系统的状态方程

$p_n = \rho^n (1 - \rho)$ ($n \geq 0$) (n 为排队的顾客数， ρ 为服务强度) 可以得出 $\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1$ 是系统能够达到统计平衡状态的充分必要条件；在 $\rho \geq 1$ 的情况下，系统没有平衡解。

8.3 M/M/C 排队模型

6. M/M/C 排队模型

M/M/C 表示服务台数目 $C \geq 2$ 的排队模型，其顾客到达间隔时间服从参数为 λ 的泊松分布，服务时间遵从参数为 $\frac{1}{\mu}$ 的指数分布，系统内并排 C 个服务台，顾客在系统内仅排成一行等待服务，排队空间是无限的。

M/M/C 系统的状态方程为：

$$P_0 = \left[\sum_{n=1}^{C-1} \frac{C^n \rho^n}{n!} + \frac{C^C \rho^C}{C!(1-\rho)} \right]^{-1} \quad \text{式中, } \rho < 1。$$

第9章 成本、产出和效益分析

9.1 成本/产出/效益分析概述

1. 成本/产出/效益分析的基本假设

(1) 成本习性分析假设

该假设要求企业所发生的全部成本可以按其习性划分为变动成本和固定成本两部分。

(2) 线性关系假设

该假设要求企业有关 之间的数量关系可以用特定的线性函数来描述，它由报考两方面的内容：

①销售收入函数

假设产品的单位销售价格一经确定，即保持不变，这时销售收入与销售量呈正比例关系，销售收入函数就表现为线性方程。

②总成本函数

假设在相关范围内，固定成本总额和单位变动成本保持不变，这时总成本与生产量呈现一次线性关系，总成本函数表现为一次线性方程。

(3) 产销量平衡假设

该假设要求企业生产出来的产品总是可以找到市场出售，即生产量和销售量相等，可以实现产销平衡。

(4) 品种结构稳定假设

该假设要求在一个生产多种产品的企业中，当产销量发生变化时，原来各种产品的产销量占全部产品产销总量的比重不会发生变化，或者说各种产品的销售收入在总收入中所占的比重不会发生变化。

2. 成本/产出/效益分析的基本模型

在成本/产出/效益分析中，将成本、业务量和利润之间的数量关系用方程式来表示，就得到了其基本模型，即：

利润=销售收入-总成本

=销售收入-（变动成本+固定成本）

=销售单价×销售量-单位变动成本×销售量-固定成本

=（销售单价-单位变动成本）×销售量-固定成本

现设利润为 P ，单位销售价格为 p ，销售量为 x ，固定成本总额为 a ，单位变动成本为 b ，那么上述基本模型可以表示为：

$$P = (p - b) x - a$$

3. 贡献毛益及相关指标的计算

贡献毛益的定义：是指产品的销售收入减去变动成本后的余额。

(1) 贡献毛益总额

贡献毛益总额 (Tcm) 是指产品的销售收入总额减去变动成本后的余额。其计算公式为:

$$Tcm = px - bx = (p - b)x$$

式中: Tcm 为贡献毛益总额;

p 为产品的单位销售价格;

b 为产品的单位变动成本;

x 为产品的销售量。

从成本/产出/效益分析的基本模型可知,企业各种产品所提供的贡献毛益总额并不是企业的最终利润,因为还需要补偿一定的固定成本 (a)。很明显,如果 $Tcm > a$, 企业才能获取利润;如果 $Tcm < a$, 企业就会出现亏损;如果 $Tcm = a$, 则企业恰好处于不盈不亏的状态。而且,在 a 保持不变时, Tcm 的值越大,企业可以获取的利润就越高。因此,贡献毛益总额是衡量企业每种产品获利能力的重要指标,它反映了本期产品销售为企业利润总额所作的贡献。

(2) 单位贡献毛益

单位贡献毛益 (cm) 是指产品的单位销售价格减去单位变动成本后的余额。其计算公式为:

$$cm = p - b = \frac{Tcm}{x}$$

单位贡献毛益反映了单位产品的获利能力,因为它反映了在现有销售量的基础上,再多销售一单位产品所增加的利润,所有它实际上与产品的边际利润相等。

(3) 贡献毛益率

贡献毛益率 (mR) 是指贡献毛益总额占销售收入总额的百分比,或者单位贡献毛益占单位销售价格的百分比。其计算公式为:

$$mR = \frac{Tcm}{px} \times 100\% = \frac{cm}{p} \times 100\%$$

贡献毛益率是以相对数的形式反映产品的获利能力。贡献毛益率越高,盈利能力就越大;反之,则获利能力就越小。

(4) 变动成本率

变动成本率 (bR) 是一个与贡献毛益率相对应的指标,它是指变动成本总额占销售收入总额的百分比,或者单位变动成本占单位销售价格的百分比。其计算公式为:

$$bR = \frac{V}{px} \times 100\% = \frac{b}{p} \times 100\% \quad \text{式中: } V \text{ 为变动成本总额,即 } V = bx。$$

变动成本率是反映企业产品获利能力的一个反向指标。变动成本率越高,获利能力就越小;反之,则获利能力越大。

(5) 贡献毛益率与变动成本率的关系

就企业某种产品而言，贡献贸易率与变动成本率存在特定的数量关系，二者之和等于

1。证明过程如下：
$$mR+bR=\frac{Tcm}{px}+\frac{V}{px}=\frac{px-bx}{px}+\frac{bx}{px}=1$$
 或者：

$$mR+bR=\frac{cm}{p}+\frac{b}{P}=\frac{p-b}{P}+\frac{b}{P}=1$$

9.2 损益平衡分析

4. 损益平衡点

损益平衡点是指使企业处于不盈不亏状态时的业务量。在业务量水平上，企业销售收入扣除成本后的余额（贡献毛益总额）恰好等于固定成本，企业所获取的利润为零。

5. 单一产品损益平衡点模型

$$S_0=px_0$$

根据这一公式，又已知 $x_0=\frac{a}{p-b}=\frac{a}{cm}$ ，因此可以推导出计算损益平衡点销售额的另一公式：

$$S_0=p \cdot \frac{a}{cm} = \frac{a}{\frac{cm}{p}} = \frac{a}{mR}$$

6. 安全边际和安全边际率模型

安全边际和安全边际率模型是在一产品损益平衡点模型基础上建立的，主要用于分析企业实际或预计经营状况的安全程度。

(1) 安全边际

安全边际是指企业实际或预计业务量与损益平衡点业务量之间的差额。与损益平衡点一样，它也可以用实物单位和金额单位两种方式来表示。其计算公式为：安全边际量 = 实际或预计销售量 - 损益平衡点销售量 = $x - x_0$ 安全边际额 = 实际或预计销售额 - 损益平衡点销售额 = $S - S_0$

安全边际的经济含义是指企业在现有的业务量水平上再降低多少就将由盈转亏，因此它是以绝对数形式来反映企业经营的安全程度，其值越高，企业经营就越安全；反之，则企业经营就越危险。

(2) 安全边际率

安全边际率（B）是指安全边际与实际或预计业务量的比率。其计算公式为：

$$\text{安全边际率} = \frac{\text{安全边际量}}{\text{实际或预计销售量}} \times 100\% = \frac{x - x_0}{x} \times 100\%$$

$$\text{安全边际率} = \frac{\text{安全边际额}}{\text{实际或预计销售额}} \times 100\% = \frac{S - S_0}{S} \times 100\%$$

安全边际率是以相对数形式来反映企业经营的安全程度。它的值越大，企业经营就越安全；反之，则企业经营就越危险。

与安全边际率密切相关的是保本作业率,它是指损益平衡点业务量与实际或预计业务量的比率。其计算公式为:

$$\text{保本作业率} = \frac{\text{损益平衡销售量}}{\text{实际或预计销售量}} \times 100\% = \frac{x_0}{x} \times 100\%$$

$$\text{保本作业率} = \frac{\text{损益平衡销售额}}{\text{实际或预计销售额}} \times 100\% = \frac{S_0}{S} \times 100\%$$

可见,保本作业率与安全边际率之和等于 1。这意味着,它是衡量企业经营安全程度的一个反向指标,其越小说明企业经营越安全。此外,保本作业率还可以表明企业在损益平衡状态下生产能力的利用程度。

(3) 销售利润率与安全边际率的关系

销售利润率与安全边际率之间的关系可用如下公式表示:

$$\begin{aligned} \text{销售利润率} &= \frac{\text{利润}}{\text{销售收入}} \\ &= \frac{(\text{实际或预计业务量} - \text{损益平衡点业务量}) \times (\text{单位销售价格} - \text{单位变动成本})}{\text{实际或预计业务量} \times \text{单位销售价格}} \\ &= \frac{\text{实际或预计业务量} - \text{损益平衡点业务量}}{\text{实际或预计业务量}} \times \frac{\text{单位销售价格} - \text{单位变价成本}}{\text{单位销售价格}} \\ &= \text{安全边际率} \times \text{贡献毛益率} \\ \text{销售利润率} &= \frac{P}{S} = \frac{(x - x_0)(p - b)}{px} = \frac{x - x_0}{x} \times \frac{p - b}{p} = B \times mR \end{aligned}$$

该公式的经济含义是,只有安全边际部分(即超过损益平衡点的业务量)所产生的贡献毛益才能成为企业的利润。

7. 实现目标利润模型

(1) 实现税前目标利润的模型:

与损益平衡点相似,实现目标利润的业务量也可以用金额单位表示,即实现目标利润的销售额,用 S_t 表示。其计算公式为:

$$S_t = px_t = \frac{P_t + a}{mR}$$

(2) 实现税后目标利润的模型

将该公式代入上述实现税前目标利润模型中,并以 x_n 表示实现税后目标利润的销售量, S_n 为实现税后目标利润的销售量,则实现税后目标利润模型可以表示为:

$$\begin{aligned} x_n &= \frac{\frac{P_t}{1-t} + a}{p - b} \\ S_n = px_n &= \frac{\frac{P_t}{1-t} + a}{mR} \end{aligned}$$

8. 损益平衡图

损益平衡图是围绕损益平衡点，将影响企业利润的有关因素及其对应关系，在一张坐标图上形象而具体地表达出来。通过它们，可以直观地发现有关因素变动对利润的影响，从而有助于决策人员提高经营管理活动中的主动性和预见性。

9. 损益平衡图不同的绘制形式

(1) 传统式

传统式损益平衡图作为最基本的形式，其特点是将固定成本落于变动成本之下，从而反映出固定成本总额不随业务量变动的特征，同时揭示损益平衡点、安全边际、盈利区域亏损区的关系。传统式损益平衡图的绘制方法如下：

第一，建立直角坐标系。第二，绘制固定成本线。第三，绘制销售收入线。第四，绘制总成本线。第五，销售收入线与总成本线的交点就是损益平衡点。

传统式损益平衡图以图示方法，集中而形象地反映了销售量、成本与利润之间的相互关系。可以得出以下重要规律：

第一，在损益平衡点保持不变的情况下，销售量越大，企业可以实现的利润就越多，或亏损越少；反之，销售量越小，企业可以实现的利润就越少，或亏损越大。

第二，在销售量保持不变的情况下，损益平衡点越低，企业可以实现的利润就越多，或亏损越少；反之，损益平衡点越高，企业可以实现的利润就越少，或亏损越大。

第三，在销售收入保持不变的情况下，损益平衡点的高低取决于单位变动成本和固定成本的高低。

第四，在总成本保持不变的情况下，损益平衡点的高低取决于单位销售价格的高低。

(2) 贡献毛益式

与传统式损益平衡图相比，贡献毛益式损益平衡图的主要特点是将固定成本落于变动成本之上，以形象地反映贡献毛益的形成过程及其与利润之间的关系。贡献毛益式损益平衡图的绘制方法如下：第一，建立直角坐标系。第二，绘制变动成本线。第三，绘制销售收入线。第四，绘制总成本线。第五，销售收入线与总成本线的交点就是损益平衡点。

传统式损益平衡图以图示方法，形象地反映了销售收入、变动成本、贡献毛益以及利润之间的相互关系。可以得出以下重要规律：

第一，销售收入线与变动成本线都从原点出发，二者都随着业务量成正比例变化，它们之间的垂直距离便是贡献毛益总额。

第二， $\angle \alpha$ 和 $\angle \beta$ 分别代表销售收入线与变动成本线的斜率，而且它们分别等于单位销售价格和单位变动成本。

第三， $\angle \theta$ 与 $\angle \alpha - \angle \beta$ 相等，其大小反映着贡献毛益率的高低，并直接影响着利润的增减变化。也就是说， $\angle \theta$ 越大，特定销售量下的利润就越高，或亏损越小；反之，则利润就越低，或亏损越大。

第四，贡献毛益应当首先用于补偿固定成本。只有超出的部分才能形成企业的利润，否则就会出现亏损。

贡献毛益式损益平衡图更加直观地反映出贡献毛益与其他有关因素之间的依存关系，但它却无法表明固定成本在相关范围内保持稳定不变的特征。

(3) 利量式

利量式损益平衡图是上述两种损益平衡图的一种变化形式，其特点是直接突出反映利润与业务量之间的依存关系。其中，业务量既可以用销售量表示，也可以用销售收入表示。利量式损益平衡图的绘制方法如下：

第一，在直角坐标系中，以横轴代表业务量（可以用实物或金额单位），纵轴表示利润或亏损。第二，绘制损益平衡线。第三，在损益平衡线下面的纵轴上确定固定成本的金额（-a），该点就是业务量为零时的亏损数。第四，绘制利润线。第五，利润线与损益平衡线的交点就是损益平衡点。

利量式损益平衡图直接揭示了利润与业务量之间的依存关系。可以得出以下重要规律：

第一，利润线斜率的含义取决于用以表示业务量的实物或金额单位。

第二，在贡献毛益指标大于零的条件下，当业务量为零时，企业发生最大的亏损，其金额等于固定成本总额。

第三，当产品单位销售价格和成本水平保持不变时，销售量越大，利润就越高，或亏损越少；反之，销售量越小，利润就越低，或亏损越大。

利量式损益平衡图可以清晰地反映出业务量变动对利润的影响，因此具有简单明了、易于理解的优点，受到企业高层管理人员的普遍欢迎，但其也同样存在不足之处，主要在于不能反映业务量变动对销售收入、成本和贡献毛益等有关因素的影响。

10. 有关因素变动对损益平衡点和利润的影响

有关因素的变化对利润的影响程度不同，这可以通过数量方法计算其敏感系数来反映。

敏感系数的计算公式为：

$$\text{敏感系数} = \frac{\text{利润(或亏损)变动百分比}}{\text{有关因素变动百分比}}$$

(1) 销售价格变动的影响

在其他因素保持不变时，随着单位销售价格的提高，每单位产品所产生的贡献毛益也随之提高，因此较少数量产品的贡献毛益就足以弥补固定成本。而且，在一定销售量下可以实现的利润将会增加，或者亏损将会减少。

(2) 销售量变动的影响

在其他因素保持不变时，销售量变动不会对损益平衡点产生影响，因为其不能改变每单位产品的贡献毛益。但是，随着销售量的增加，企业贡献毛益总额将会增加，进而使其可实现利润增加，或者亏损减少。

(3) 单位变动成本变动的影响

在其他因素保持不变时，随着单位变动成本的提高，每单位产品所产生的贡献毛益随之降低，因此需要更多数量产品的贡献毛益来弥补固定成本，所以损益平衡点会相应地提高。随着单位单位变动成本的提高，表现为总成本线的斜率变大，原有的销售收入线与新的总成本线相交时对应的损益平衡点提高。而且，在一定销售量下可以实现的利润将会降低，或者亏损将会增加。

(4) 固定成本变动的影响

通常情况下，固定成本的大小直接取决于企业的生产经营规模。也就是说，企业的生产经营规模越大，其应负担的固定成本就越高。在其他因素保持不变时，随着固定成本总额的增加，企业损益平衡点销售量和销售额就会越大，因为其需要更多数量产品所形成的贡献毛益来弥补固定成本。随着固定成本的增加，总成本线的位置会平行上升，从而与原有的销售收入线相交于更高的点上，即损益平衡点提高。而且，在一定销售量下可以实现的利润将会降低，或者亏损将会增加。

11. 有关因素变动对损益平衡点和利润的影响

项目	损益平衡点	利润
单位销售价格	反方向	同方向
单位变动成本	同方向	反方向
固定成本	同方向	反方向
销售量	不影响	同方向

9.3 损益平衡分析与决策

12. 损益平衡分析对决策的意义

(1) 成本结构决策

成本结构是指企业中变动成本与固定成本之间的比例关系，其具体情况影响着企业在不同产销量水平上的损益平衡点和获利能力。

(2) 生产决策

生产决策是指短期内在生产活动中围绕是否生产、生产什么、如何生产以及生产多少等问题而进行的决策，例如新产品开发的品种决策、亏损产品是否停产的决策、有关产品是否深加工决策、零部件取得方式决策等。

(3) 定价决策

企业必须为其产品或劳务定出合理的销售价格，除了可以在预期销售量下抵偿总成本外，还应当能够保证企业获取最大的利润。

13. 损益平衡分析在决策中的应用

损益平衡分析以数量模型和图示方法，揭示了成本、贡献毛益和利润等有关因素之间的数量关系，可以为不同备选方案的选择提供必要的衡量标准，所以被广泛地应用于决策分析之中。

(1) 成本结构决策

不同的成本结构虽然可以使企业生产的产品在质量、价格和业务量方面保持一致，但在利润大小及其稳定性方面往往表现出差异性。为了比较不同成本结构方案的优越性，可以借助损益平衡分析的原理来进行评价。

(2) 生产决策

在生产决策中运用损益平衡分析，通常是以数量模型或图示方法描述销售收入、成本和利润之间的依存关系，从而确定企业经营活动的亏损界限，掌握企业的最优生产规模，使企业获得最大的经济效益，以做出合理的选择。

(3) 定价决策

定价决策是企业生产经营管理中的一项重要活动，其目的在于通过适当的定价，保证企业获取最大的利润。由于损益平衡分析涉及产品销售价格、利润等有关因素，因此企业可以借助该分析方法来做出恰当的定价决策。（具体应用见课本 P292 例 9.13）

14. 损益平衡分析的局限性

(1) 静态分析

损益平衡分析是一种静止的、孤立的考察企业经营活动的方法。

(2) 短期分析

损益平衡分析是一种短期分析方法，主要关注企业在一个特定期间内（通常是一年或一个营业周期）的经营活动。

(3) 一次线性分析

损益平衡分析的结果受制于一系列因素的影响，因此缺少客观性、准确性。

第 10 章 标杆分析

10.1 标杆分析概述

1. 标杆分析概念：就是将本企业各项活动与从事该项活动最佳者进行比较，从而提出行动方法，以弥补自身的不足。

2. 标杆管理的分类

（1）内部标杆分析

内部标杆分析是以企业内部操作为基准的标杆管理，是最简单、最易操作的标杆分析方式之一。

（2）竞争标杆分析

竞争标杆分析是以竞争对手为基准的标杆分析。

（3）职能标杆分析

职能标杆分析是以行业领先者或者某些企业的优秀职能运作为基础进行标杆管理。

（4）操作性标杆分析

操作性标杆分析是一种注重公司整体或某个环节的具体运作，找出达到同行最好水平的运作方法。

（5）战略性标杆分析

战略性标杆分析是在与同行业最好企业进行比较的基础上，从总体上关注企业如何发展，明确和改进公司战略运作水平。

3. 标杆分析的五大阶段

阶段 1，标杆分析准备阶段；阶段 2，内部数据收集与分析；阶段 3，外部数据收集与分析；阶段 4，改进项目绩效；阶段 5，持续改进。

10.2 标杆分析计划阶段

4. 标杆分析计划阶段

（1）明确标杆分析的对象

（2）获取决策层支持

明确标杆管理的具体对象之后，接下来的工作就是要使标杆管理项目获得高层领导的全力支持，并要求领导从组织结构上予以保证。最为重要的是，标杆分析的成果只有在决策管理层的支持下才能发挥实质性作用。

（3）制定评测方案

（4）制定数据收集计划

第一，确定标杆管理项目在组织内部其他单位如何运作的信息（即内部标杆管理）：收集各种公开发表的有关组织的相关信息，收集未公开发表的信息（即对内部组织进行探索性研究）。

第二，标杆管理项目在组织外部的其他单位或地点运作情况信息（即外部标杆管理）：收集各种公开发表的有关外部组织的相关信息，收集尚未发表的信息（即对外部组织进行探索性研究）。

（5）与专家一起审定计划

（6）评定标杆管理项目

这里需要完成的工作包括：制定数据收集工作计划；对相关人员进行培训，提高数据收集质量；制定数据收集和表格的模板；对管理项目进行评定；建立标杆管理数据库；形成评测矩阵；具体实施组织变革方案的早期工作。

5. 内部数据收集与分析

（1）收集与分析内部公开信息

本阶段就是严格执行方案，进行数据收集工作。

（2）选择潜在的内部标杆分析伙伴

选择内部标杆合作伙伴时，应该选择那些愿意与标杆管理项目小组共享信息的合作伙伴。

（3）收集内部第一手研究信息

一手研究信息是指没有现成的资料，对任何组织尚未公开发表的内容。

（4）进行内部访谈与问卷调查

标杆管理活动进行到此，项目小组的重要任务就是找到标杆项目在自己内部与合作伙伴单位之间存在差距的根本原因，并制定出相应的改进方案。

（5）建立内部标杆管理委员会

对于有些标杆管理项目，由来自每一个内部合作伙伴的代表以及其他技术专家组成标杆管理委员会，对于标杆管理项目来说可以更好地进行，使得项目的成功可以更好地得以应用，各部门均受益。

（6）进行内部标杆管理现场考察

在内部标杆合作伙伴单位之中，需要对其中某些伙伴进行现场考察。

6. 外部数据收集与分析

（1）收集外部公开发布的信息

外部公开数据的收集相对容易，只要根据先前确定的与标杆管理项目相关的外部公开出版物，进行数据收集即可。

（2）收集外部一手研究信息

第一，更新标杆管理计划并从外部专家那里获取相关数据。第二，与外部标杆管理合作伙伴交换信息。第三，对外部顾客进行调查。第四，购买竞争对手产品。第五，对竞争对手产品进行“逆向工程”。第六，更新标杆数据库。

7. 改进项目绩效

- (1) 确定改进方案 (2) 制定实施方案
- (3) 改进方案获得决策层通过 (4) 执行方案并评估效果

8. 持续改进

- (1) 维护标杆管理数据库

标杆管理小组花了大量资源建立了标杆管理数据库。对数据库进行持续维护与更新，能够节约时间和资源。

- (2) 实施持续绩效改进

一旦行动方案得以付诸实施并且运行良好，标杆管理项目小组就可以解散了，标杆管理绩效持续改进的工作与责任应该全部或部分移交给专门负责这一工作的部门。

10.3 内部数据收集与分析（了解）

10.4 外部数据收集与分析（了解）

10.5 改进项目绩效（了解）

10.6 持续改进（了解）

第 11 章 商业信息的电子表格程序和计算机分析

11.1 电子表格基本操作（了解）

11.2 电子表格功能应用举例（了解）

11.3 电子表格高级功能简介（了解）