

农业建设投资项目风险分析方法及应用

朱绪荣

(农业部规划设计研究院农业规划所, 北京 100125)

摘要: 针对农业建设项目普遍采用的敏感性分析和决策树分析方法存在假设各风险因素相互独立、风险因素取值主观臆断和取值范围不完整的弊病, 该文引进条件概率量化了风险因素间的关联性; 通过计算财务净现值(NPV)的离散值并生成其连续型概率分布函数, 据此计算风险发生概率。理论推导和案例计算结果表明, 这种改进方法更加符合实际且简便易行, 可有效避免现有方法的不足, 减少风险因素取值误差, 提高风险指标估算精度。还能为非农业项目风险分析提供参考, 为项目投资者和管理部门提供更为科学的决策依据。

关键词: 投资, 项目管理, 条件概率, 风险分析

中图分类号: F303

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-12-0297-05

朱绪荣. 农业建设投资项目风险分析方法及应用[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 297—301.

Zhu Xurong. Method for risk analysis of agricultural investment projects and its application[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(12): 297—301.(in Chinese with English abstract)

0 引言

建设现代农业是我国农业发展的必然选择, 与此配套的各类农业建设项目将越来越多地应用到农业生产和开发领域中。农业建设项目的效果常常受自然条件、生物特性、小规模经营特性等许多不可控制和不可预期因素的影响, 使投资结果偏离其预期值, 引起投资决策的风险性和不确定性。农业建设项目投资的风险分析在项目可行性研究中显得尤为重要。

目前, 农业建设项目风险分析方法主要有如下几种类型: ①敏感性分析方法^[1]: 选择投资费用、经营成本和销售收入三个风险因素, 而且假设这几个风险因素相互独立, 通过测算各风险因素变化对项目效益的影响来判断项目所能承担的风险。②决策树分析方法^[2], 选择主要的风险因素, 考虑风险因素间的相互联系, 通过分析风险因素向不同方向变化的概率, 来计算风险指标。③其他分析方法如层次分析法^[3]、蒙特卡罗模拟法^[4]、综合风险评价法^[5]等: 需要选择无限个风险因素, 理清各风险因素的层次关系, 建立复杂的结构模型, 最终计算风险评价指标; 这些方法需要收集大量的实际数据, 而且必须利用特有的软件, 计算难度很大, 可操作性不强, 目前仅限于学者假设和理论研究中。

在实际工作中, 应用较多的是敏感性分析方法和决策树分析方法, 这两种方法尽管简便易行, 但仍存在如下问题:

1) 风险因素的独立性假设不符合项目实际

项目敏感性分析方法一般把投资费用、经营成本和销售收入作为主要风险因素且认为其变化相对独立, 但在农业建设项目中这种情况很少。如农产品加工类项目

产值高附加值低, 外购原材料的采购成本占据很大比例, 其产品的销售价格和原材料的采购价格成很强的正相关关系, 也就是说, 当项目的经营成本增加时, 产品的销售收入必定会相应提高, 他们之间存在着很强的依存关系, 而决非相互独立的。

2) 风险因素和概率取值不完整

在敏感性分析方法和决策树分析方法中, 风险因素的取值相对于基本方案的变化值是由项目分析者事先设定的枚举法, 如 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 或 $\pm 20\%$ 等, 再根据假定的变化值, 多次计算项目的经济评价指标来对项目进行风险估计, 但没有对风险因素的取值进行估计。这种分析方法只有以下两个假设成立时才是可行的: 一是风险因素的变化量一致, 二是发生的概率相同。但事实上风险因素的变动数值不仅是连续的, 其发生的概率也不完全一致。

针对上述问题, 本文将引进条件概率、离散分布和连续性分布等函数对其进行研究。

1 研究途径和方法

1.1 引进条件概率分析法

从经济评价的角度分析, 项目实际运营中的经营成本和产品的销售收入之间存在着较强的依从关系, 在一定程度上还存在着因果关系。如由于技术改进或原材料价格的降低引起项目经营成本的减少(事件A), 必然导致该产品的销售价格呈下降趋势(事件B)的可能性增大。利用概率来表示这种可能性, 就是在事件A出现的条件下, 事件B的概率, 计为 $P(B/A)$ 。根据概率论知识, 在一般情况下, 如果 $P(A) > 0$, 事件A出现下事件B的条件概率为:

$$P(B/A) = P(AB)/P(A) \quad (1)$$

由式(1)得

$$P(AB) = P(A)P(B/A) \quad (2)$$

式(2)称为概率的乘法定理, 由此可知, 经营成本

收稿日期: 2008-11-07 修订日期: 2008-12-05

作者简介: 朱绪荣 (1964—), 女, 湖北人, 高级工程师, 主要从事农业规划与项目咨询。北京市朝阳区麦子店街 41 号 农业部规划设计研究院, 100125。Email: caezxr@sina.com.cn

和销售收入同时降低（事件 A 和事件 B 同时发生）的概率 $P(AB)$ 等于经营成本降低这种情况出现的概率 $P(A)$ 与在经营成本降低前提下销售收入降低这一情况出现的条件概率 $P(B/A)$ 的积。

如某一饲料加工项目，在项目的运营中，经营成本降低的可能性为 0.2，在只考虑经营成本降低的前提下，项目的销售收入相应降低、不变、增加的概率分别为 0.5、0.3、0.2。对整个项目而言，利用概率的乘法定理可以得出：经营成本和销售收入同时降低的概率为 0.1 ($=0.2 \times 0.5$)；经营成本降低而销售收入不变的概率为 0.06 ($=0.2 \times 0.3$)；经营成本降低而销售收入反而提高的概率为 0.04 ($=0.2 \times 0.2$)。

现将投资费用一起进行考虑，假设“投资费用降低”这一事件出现的概率为 $P(C)$ ，由于投资费用的变化只发生在项目的建设期内，对生产期内的经营成本和销售收入影响较小，因而仍可认为投资费用与项目的经营成本和产品的销售收入之间相互独立，则经营成本、销售收入和投资费用同时降低的概率为：

$$P(ABC) = P(A)P(B/A)P(C) \quad (3)$$

式 (3) 可被用于计算三种风险因素，其中两种之间相互关联另一种相对独立，出现不同组合的概率。对于更多种的风险因素分析，在理论分析上是一样的，首先应判断各因素之间是相互对立还是相互关联，若因素相互独立，可以用现有风险分析方法进行处理，计算比较简单；若因素相互关联，其计算过程将会有很大的难度。

1.2 风险因素的取值

影响农业建设投资项目的风险因素多种多样，其变化值可以分为以下两种情况：

1) 离散型分布：风险因素可能取的值数量有限，不可能连续取值。如政策因素等，可能发生三种情况：对项目有利，不发生变化和对项目不利。在离散型分布中还有一种比较特殊的情况是 (0, 1) 型分布，即风险因素只能取两个值，发生和不发生，如某种特定的自然灾害等。

2) 连续型分布：风险因素取值分布在一定区域内。如销售量、销售价格等，在一定区域内，可以取任意值。由于连续型分布只有在分布函数已知的情况下才能进行数学计算，需要大量的统计资料作为基础。在实际工作中，可以将连续分布离散化。也即根据历史资料和经验估计风险因素最有可能发生变化的值。

1.3 风险分析评价指标的计算

风险分析常用的经济评价指标是项目的财务净现值（下文简称 NPV ），风险的评价指标就是项目 $NPV < 0$ 的概率，由此来判定项目的风险程度。

NPV 在项目的实际运营中将受到各种因素的影响，如自然灾害、原料和产品市场价格、工期延误、技术与管理失误等，任何一种因素的变化都可能引起项目 NPV 的改变，可见项目 NPV 具有不确定性，在正常情况下， NPV 同风险因素一样，它的取值将在一定区域内以不同的概率进行分布。按照统计学的原理，如果研究对象受大量偶然因素的影响，并且每个因素在总的影响中只占

很小部分，那么这个总影响引起数量上的变化，就近似服从正态分布。如上所述 NPV 将会受到大量偶然因素的影响，可认为服从正态分布。服从正态分布随机变量的密度函数一般可用下式表示：

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\alpha)^2}{2\sigma^2}} \quad (\sigma > 0) \quad (4)$$

该密度函数由两个常数 (α 和 σ) 所决定，其中 α 为随机变量的期望值、 σ 为随机变量的方差。

随机变量的期望值估计：项目的 NPV 取值为 x_i 的概率为 p_i ，则该随机变量 ξ 的期望值可用下式进行估算：

$$\alpha = E(\xi) = \sum_i x_i p_i \quad (5)$$

随机变量的方差估计：根据概率论方差的定义，可用下式进行估算：

$$\sigma^2 = E(\xi - \alpha)^2 = \sum_i p_i (x_i - \alpha)^2 \quad (6)$$

根据项目 NPV 的分布密度函数，可用式 (7) 计算 $NPV < 0$ 的概率：

$$p(x < 0) = \int_{-\infty}^0 \varphi(x) dx = \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\alpha)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (7)$$

根据式 (7) 计算 $NPV < 0$ 的概率，将作为风险分析的评价指标。

2 案例分析

农业建设投资项目风险分析的基础是项目的全部投资现金流量表。假设某一饲料加工项目的全部投资现金流量表如表 1。

表 1 列出了项目现金流入与流出的取值，按 12% 折现率进行计算，项目税后内部收益率为 16.70%， NPV 为 46.27 万元。

考虑该项目的主要风险因素有 3 种：投资费用、销售收入和经营成本，由于每种风险因素的变动有 3 种可能性，3 种风险因素共有 3^3 个不同的可能组合。利用这 27 种组合（或称样本），对 NPV 的分布密度函数的特征值进行估算，依次计算 $NPV < 0$ 的概率，作为风险分析的评价指标。

2.1 确定概率分布

在所掌握的资料不够充分的情况下，根据经验判断和专家调查等方法，确定该项目的主观概率见表 2。

表 2 表示投资费用与经营成本两因素变动相对独立，该两因素发生变化的概率为简单概率，如投资费用保持不变的概率为 0.45，而增加的概率为 0.30 等，减少的概率为 0.3。

但实际中销售收入的变动概率则取决于经营成本的变化方向。如表 3 在经营成本减少的情况下，销售收入减少的可能性就高，该项目销售收入减少的概率为 0.50，保持不变的概率为 0.30，增加的可能性为 0.20。

根据表 3 给出的数据，利用公式 (3) 可以计算出投资费用、经营成本和销售收入发生变化时所有的 27 种组合各自出现的概率，例如投资费用、经营成本和销售收

入同时增加的概率为 $0.054(0.30 \times 0.30 \times 0.60)$ ，其他组合出现的概率均可依次计算。

表 1 饲料加工项目总投资现金流量表

Table 1 Cash flow of total investment of the feedstuff processing project 万元

类 别	第1年	第2年	第3年	第4年	第5年	第6年	第7年	第8年	第9年	第10年
现金流入	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
销售收入	—	—	120	240	240	240	240	240	240	240
回收固定资产残值	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.5
回收流动资金	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100
流入小计	—	—	120	240	240	240	240	240	240	347.5
现金流出	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
投资费用	100	50	—	—	—	—	—	—	—	—
经营成本	—	—	65	130	130	130	130	130	130	130
流动资金	—	50	50	—	—	—	—	—	—	—
销售税金及附加	—	—	12.5	25	25	25	25	25	25	25
所得税	—	—	12.5	25	25	25	25	25	25	25
流出小计	100	100	140	180	180	180	180	180	180	180
现金净流量	-100	-100	-20	60	60	60	60	60	60	167.5
累计现金净流量	-100	-200	-220	-160	-100	-40	20	80	140	307.5

表 2 风险因素发生的简单概率分布

Table 2 Simple probability distribution of risk factors

变动方向	减少	不变	增加
投资费用	0.25	0.45	0.30
经营成本	0.20	0.50	0.30

表 3 投资费用保持不变时销售收入随经营成本变化的条件概率

Table 3 Conditional probability of sales income changed with the change of operating cost under the condition of invariant investment

经营成本概率	减少时			不变时			增加时		
	减少	不变	增加	减少	不变	增加	减少	不变	增加
销售收入概率	0.5	0.3	0.2	0.2	0.6	0.2	0.1	0.3	0.6

2.2 风险因素的取值

对饲料加工项目，如果经营成本降低，估计的经营成本降低 8%的可能性最大，在此前提下，销售收入仍然可能出现三种情况：根据经营成本和销售收入之间的关系，预计降低 7%的可能性最大；如果遇到某种特殊情况发生可能引起销售收入增加，估计增加 4%的可能性最大。这里的 8%、7%和 4%，就是根据历史资料 and 实际经验对风险因素的取值。其它类推，如表 4。

表 4 饲料加工项目各风险因素的取值表

Table 4 Values of risk factors of the feedstuff processing project

变动方向	投资费用变化 /%	经营成本变化 /%	销售收入变化/%	
			变动方向	变化率/%
减少	-6	-8	减少	-7
			不变	0
			增加	4
不变	0	0	减少	-5
			不变	0
			增加	5
增加	10	12	减少	-5
			不变	0
			增加	10

2.3 计算各种设定情况出现的概率和项目 NPV

依据全部投资现金流量表、各风险因素变动的概率及其期望值，可以计算出各种组合出现的概率及其对应的 NPV，计算结果列于表 5。

从表 5 计算可知，该项目 $NPV < 0$ 时的风险因素有 7 种组合，并计算出了期望值为 44.57 万元，方差为 1527.12。

2.4 估计项目 NPV 分布的特性值

将表5中计算出的27个NPV看作该随机事件（NPV）的样本，将这27个NPV从小到大排列，依据不同NPV出现的概率，所表示的分布情况见图1。图中折线是由27个样本形成的，连续光滑的曲线为其啮合线，该曲线具有如下特征：①27个样本（NPV）所对应各自概率的和等于1；②在形状上，与 $N(\alpha, \sigma)$ 正态分布的密度函数曲线相似；③以中轴线为中心对称分布，且中轴线对应于样本的期望值；④从中轴线为中心以样本的标准差为界，曲线下方面积占该曲线包容总面积的68.26%；⑤x左半轴与曲线包容的面积与曲线下方面积的比等于 $N(\alpha, \sigma)$ 正态分布 $p(x < 0)$ 的概率。由图1可见，该啮合线是比较理想的。

表 5 相关因素风险分析结果

Table 5 Results of risk analysis of related factors

组合 序号	变动期望值			综合 概率 (P)	净现值 (NPV) /万元	期望值 (P×NPV) /万元	方差 σ^2
	投资费用 变化/%	经营成本 变化/%	销售收入 变化/%				
1	-6	-8	-7	0.025	30.96	0.77	4.63
2	-6	-8	0	0.015	91.51	1.37	33.05
3	-6	-8	4	0.01	126.11	1.26	66.49
4	-6	0	-5	0.025	10.77	0.27	28.55
5	-6	0	0	0.075	54.02	4.05	6.71
6	-6	0	5	0.025	97.28	2.43	69.45
7	-6	12	-5	0.0075	-45.45	-0.34	60.78
8	-6	12	0	0.0225	-2.20	-0.05	49.22
9	-6	12	10	0.045	84.3	3.79	71.04
10	0	-8	-7	0.045	23.21	1.04	20.53
11	0	-8	0	0.027	83.76	2.26	41.47
12	0	-8	4	0.018	118.36	2.13	98.02
13	0	0	-5	0.045	3.02	0.14	77.67
14	0	0	0	0.135	46.27	6.25	0.39
15	0	0	5	0.045	89.53	4.03	90.95
16	0	12	-5	0.0135	-53.20	-0.72	129.05
17	0	12	0	0.0405	-9.95	-0.4	120.38
18	0	12	10	0.081	76.55	6.2	82.85
19	10	-8	-7	0.03	10.29	0.31	35.24
20	10	-8	0	0.018	70.84	1.28	12.43
21	10	-8	4	0.012	105.45	1.27	44.47
22	10	0	-5	0.03	-9.89	-0.3	88.97
23	10	0	0	0.09	33.36	3	11.31
24	10	0	5	0.03	76.61	2.3	30.8
25	10	12	-5	0.009	-66.12	-0.6	110.26
26	10	12	0	0.027	-22.87	-0.62	122.78
27	10	12	10	0.054	63.64	3.44	19.63
合计	—	—	—	1	—	44.57	1527.12

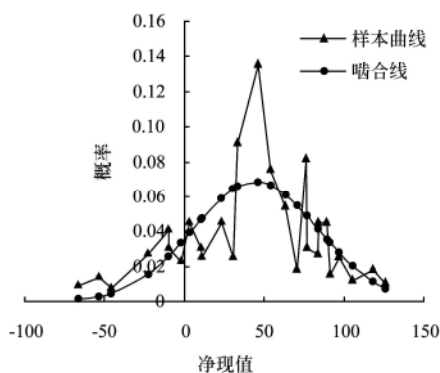


图 1 样本曲线与啮合线分布图

Fig.1 Distribution map of sample curve and mesh line

通过表 5 计算, 该项目 NPV 的期望值 α 为 44.57 万元, 方差 σ^2 为 1527.15, 标准差为 39.08。根据该随机变量数字特征的估计值, 可得该项目的 NPV 服从 $N(44.57, 39.08)$ 分布, 其分布密度函数为:

$$\varphi(x) = \frac{1}{39.08 \times \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-44.57)^2}{3054.3}} \quad (8)$$

2.5 计算风险分析评价指标

理论上通过上式从 $-\infty$ 到 0 进行积分, 可以由公式

(8) 计算出 $NPV < 0$ 的概率, 但实际分析时这样计算是很困难的。一般很多资料都提供标准正态分布的分布函数 $F_{0,1}(X)$ 表, 借助于 $F_{0,1}(X)$ 函数表, $NPV < 0$ 的概率可利用式 (9) 求得。

$$p(x < 0) = F_{0,1}\left(\frac{-\alpha}{\sigma}\right) = 1 - F_{0,1}\left(\frac{\alpha}{\sigma}\right) \quad (9)$$

对于该项目 $\left(\frac{\alpha}{\sigma}\right) = \frac{44.57}{39.08} = 1.17$ 查标准正态分布函数

$F_{0,1}(X)$ 可得:

$$F_{0,1}(1.17) = 0.879$$

由此可得该项目 $NPV < 0$ 的概率为 0.121 ($=1-0.879$), 可见该项目的风险是比较小的。

如果运用现有方法, 即假设投资费用、经营成本和销售收入等风险因素变化相互独立, 根据表 4, 此时计算得该项目 $NPV < 0$ 的概率为 0.30。如果风险因素变化不独立, 引进条件概率, 但仅仅运用离散概率估算, 根据表 5, 该项目 $NPV < 0$ 的概率为 0.259。这两种情况计算的风险指标都比上述利用连续型概率估算数值偏大 2~3 倍。这两种结果均没有考虑到实际上是由风险指标分布不均匀造成的。

3 结 论

1) 农业建设项目的效益受多种因素的综合影响, 风险分析应用敏感性分析和决策树分析会导致结果偏差;

2) 本文提出的风险分析改进方法可以纠正现有方法的不足, 使项目风险估计更加合理。条件概率方法可以有效地量化风险因素间的关联作用, 体现风险因素对评价指标的综合影响;

3) 通过离散分布推导连续分布的方法计算风险发生概率, 可以弥补风险因素取值不完整的弊病;

4) 饲料加工项目案例结果表明通过本文风险分析改进方法计算的风险指标值更加符合实际且简便易行。

5) 本文风险分析改进方法还能为非农业项目风险分析提供参考, 为项目投资者和管理部门提供更为科学的决策依据。

尽管文中计算饲料加工项目离散分布所需要的风险因素发生概率和风险因素取值采用了历史数据、经验数据和专家调查法, 但仍然具有主观成分, 如何更为科学地进行取值, 有待进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] 董须强, 孙延琼, 郇文聚. 农业项目经济评价实用手册(第 2 版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 161—183.
- [2] 全国注册咨询工程师(投资)资格考试参考教材编写委员会. 注册咨询工程师(投资)资格考试参考教材之四——项目决策分析与评价(第 2 版)[M]. 北京: 中国计划出版社, 2007: 388—441.
- [3] 刘相锋. 层次分析法在项目风险分析中的应用[J]. 甘肃农业, 2006, (3): 150—151.
- [4] 张 影, 周国华. 蒙特卡罗模拟在投资项目风险分析中的应用[J]. 商场现代化, 2007, (30): 189—190.
- [5] 陈勇强, 宋 莹. 综合风险评价法在工程项目风险分析中的应用[J]. 天津理工大学学报, 2007, 23(4): 50—53.

- [6] 宋 薇, 王振泽. 中国现行农业建设项目管理存在问题及对策[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 296—300.
- [7] 袁柏瑞. 农业建设项目与科学决策[J]. 农业工程学报, 1995, 11(1): 184—188.
- [8] 蔡建春, 王 勇, 李汉铃. 风险投资中投资风险的灰色多层次评价[J]. 管理工程学报, 2003, 17(2): 94—97.
- [9] 李晓宇, 张明玉, 张凯. 工程项目风险评价体系研究[J]. 科技进步与对策, 2005, 22(6): 32—37.
- [10] 郭 辉. 农业非营利性项目风险分析[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.
- [11] 卫学众, 卢荣安. 土地整理项目风险探析[J]. 现代农业科技, 2008, (3): 231—237.
- [12] 李 德, 钱颂迪. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1982: 431—463.
- [13] 卢有杰, 卢家仪. 项目风险管理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998: 6—83.
- [14] 建设部. 建设项目经济评价方法与参数(第 3 版)[M]. 北京: 新华出版社, 2006: 10—60.
- [15] 明道绪. 生物统计附试验设计(第 3 版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 28—359.
- [16] 牛炳昆, 于香梅. 政府投资项目风险分析和风险防范[Z]. 集团经济研究, 2006, (36): 15—16.
- [17] 乔永峰. 项目风险分析评价的方法研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古工业大学, 2005.

Method for risk analysis of agricultural investment projects and its application

Zhu Xurong

(Institute of Planning and Consulting, Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China)

Abstract: The present methods for risk analysis, such as sensibility analysis and “decision tree” analysis, have the following disadvantages such as assumption of factor independence, subjective factors in value taking and incomplete range of factor value. A new approach to risk analysis was studied with the introduction of conditional probability to correlate the risk factors. A probability distribution function derived by calculating a series of net present values of the project was used to decide the probability of risk. As a result, the theory and case study show that the improved method for risk analysis can effectively characterize the interactive relationship between risk factors, and can also achieve a better estimation of project risk. The method can offer preference for the risk analysis of non-agricultural projects and provide decision-making basis for investors and administrators.

Key words: investment, project management, conditional probability, risk analysis