

# 基于证据理论的温室投资风险效益评估专家系统\*

王纪章<sup>1</sup> 李冬生<sup>1,2</sup> 李萍萍<sup>1</sup>

(1. 江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室, 镇江 212013;

2. 南华大学经济管理学院, 衡阳 421001)

**【摘要】** 通过建立温室投资风险效益评估指标体系,利用修正层次分析法建立各因素之间的权重,采用D-S证据理论方法建立温室投资风险效益评估模型,并开发温室投资风险效益评估专家系统。系统可通过不同专家进行评估,再进行温室投资方案的综合评估,为温室投资者选择合适的温室结构类型提供参考依据。

**关键词:** 温室 风险效益评估 D-S证据理论 专家系统

中图分类号: S625 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)05-0203-05

## Expert System for Investment Risk-benefit Assessment of Greenhouse Based on D-S Evidence Theory

Wang Jizhang<sup>1</sup> Li Dongsheng<sup>1,2</sup> Li Pingping<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education & Jiangsu Province, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China 2. School of Economics and Management, University of South China, Hengyang 421001, China)

### Abstract

In order to analyze the risk-benefit assessment for greenhouse investment, risk-benefit assessment index system for greenhouse investment was established, and the weight of the factors was determined by using revised analytic hierarchy process. The risk-benefit assessment model of greenhouse investment was established based on D-S evidence theory. Expert system for risk-benefit assessment of greenhouse investment was developed. By means of the expert system, each expert can give the assessment for every program, and then the system assesses the risk-benefit comprehensively according to the ideas of each expert. The result can provide the basis for the investors to choose the proper greenhouse structure.

**Key words** Greenhouse, Risk-benefit assessment, D-S evidence theory, Expert system

### 引言

近年来我国设施农业发展迅猛,截止2008年面积已达308万hm<sup>2</sup>。国内已设计开发了多种适合各地区的温室结构类型,如何进行温室投资的风险效益评估,为温室投资者选择温室类型提供决策参考,是一项很有意义的课题<sup>[1~2]</sup>。

证据理论作为一种不确定性推理方法,能很好地处理决策中证据不完备、不直接、模糊性等情况,

将人们“很多、较高、很低”等不确定性因素的判断语言量化,并给出多个因素评价结果合成的方法,最终确定评价结果。证据理论已被广泛应用于网络安全风险评估<sup>[3]</sup>、事故倾向性综合测评<sup>[4]</sup>、农业机械选型<sup>[5]</sup>、故障诊断<sup>[6]</sup>等领域中。本文建立温室投资风险效益评估指标,以证据理论合成规则与修正层次分析法<sup>[7~8]</sup>相结合的方法对不同温室类型的风险损失和风险收益综合评价,为温室结构选型提供依据。

收稿日期: 2010-05-11 修回日期: 2010-07-12

\* 国家自然科学基金资助项目(30771259)、江苏省科技支撑计划资助项目(BE2010347)、江苏省高校基础研究重大项目(08KJA210001)和江苏大学人才启动基金资助项目(06JDC038)

作者简介: 王纪章,助理研究员,博士生,主要从事设施农业工程技术研究,E-mail: whxh@ujs.edu.cn

通讯作者: 李萍萍,教授,博士生导师,主要从事设施农业工程技术研究,E-mail: lipingping@ujs.edu.cn

## 1 温室投资风险效益评估模型

温室投资风险效益模型包括风险损失和风险收益两部分。图1为温室投资风险效益模型的层次结构框图;其中第1层为目标层,对温室投资的风险效益进行综合评价;第2层为指标层,由风险损失指标和风险收益指标组成;第3层为因素层,由影响温室投资风险效益因素组成;第4层为评判层,评判者根据自己的知识、经验和偏好给出评判信息,评判信息应在给定的模糊评语集中进行选择,并给出基本概率赋值。图中 $x_1 \sim x_4$ 分别为市场风险损失、技术风险损失、生产经营风险损失和其他风险损失; $y_1 \sim y_4$ 分别为市场风险收益、技术风险收益、生产经营风险收益和其他风险收益;PP为评判者。

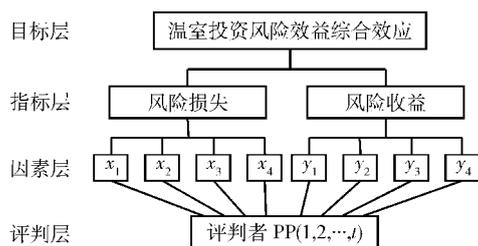


图1 温室投资风险效益模型层次结构

Fig.1 Structure of investment risk-benefit assessment model of greenhouse

## 2 基于D-S证据理论的温室投资风险效益评估

### 2.1 温室投资风险评价指标

#### (1) 市场风险

主要指温室农产品季节性淡季与旺季造成价格波动引起的风险,生产单位的营销方式、营销网络及市场体系健全程度而引起的风险,竞争力变化引起的风险等。

#### (2) 生产经营风险

主要指与日常生产经营有关的风险,如与作物栽培管理和温室环境调控管理相联系的风险。一般温室作物生长周期长,各品种在各生育阶段对环境因子要求不尽相同,加之环境条件复杂多变,造成日常生产管理对作物品质和产量产生不利的影

#### (3) 技术风险

主要指与温室结构设计技术、环境控制系统设计技术等方面相联系的风险。如结构设计不合理可能导致透光不足、冬季保温性差等问题;由于国内技术不足会使温室投资者可能转向购买高价进口设备,从而加大费用投入等。

#### (4) 其他风险

指以上3类风险以外的温室投资风险,主要包

括政策风险、自然灾害风险、财务风险等。如与温室生产有关的经济政策的稳定性、连续性和可控性会给温室带来风险;超高温、超低温、病虫害、冰雪灾害等带来的风险;生产单位由于负债融资而引起企业盈余变动的风险等。

### 2.2 基于模糊的影响因素基本概率赋值

若 $\Omega = \{H_1, H_2, \dots, H_z\}$ 为模糊评语集,其中 $H_l$  ( $l=1, 2, \dots, z$ )为具体评语。例如,评判者关于风险损失因素可能给出的评语 $\Omega = \{\text{很小}(H_1), \text{较小}(H_2), \text{中等}(H_3), \text{较大}(H_4), \text{很大}(H_5)\}$ 。  $u(\Omega) = \{u(H_1), u(H_2), \dots, u(H_z)\}$ 为决策者给出的模糊评语的效用值集,  $u(\Omega) = \{u(H_1), u(H_2), \dots, u(H_z)\}$ 为对应于模糊评语 $H_l$ 的模糊效用值,其取值范围为 $0 \leq u(H_l) \leq 1$ 。

设 $p$ 个评判者对与所有 $s$ 个风险损失因素相对应 $H_l$  ( $l=1, 2, \dots, z$ )的基本概率赋值分别为 $\beta_{t,l}^{x_j}$  ( $t=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, s$ );对与所有 $s$ 个风险收益因素相对应 $H_l$  ( $l=1, 2, \dots, z$ )的基本概率赋值分别为 $\beta_{t,l}^{y_j}$  ( $t=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, s; l=1, 2, \dots, z$ )。

### 2.3 影响因素的确信度与综合效应值

分配给 $p$ 个评判者关于所有风险损失因素的权重相同,均为 $w_t^1$  ( $t=1, 2, \dots, p; \sum_{t=1}^p w_t^1 = 1$ );评判者 $t$  ( $t=1, 2, \dots, p$ )对风险损失因素 $x_j$  ( $j=1, 2, \dots, s$ )的可信度定义为

$$\gamma_t^{x_j} = v_t^{x_j} \delta_t^1 \quad (1)$$

$$\text{其中 } \delta_t^1 = \begin{cases} 1 & (w_t^1 \geq 1/p) \\ pw_t^1 & (w_t^1 < 1/p) \end{cases}$$

式中  $\delta_t^1$ ——权重折扣因子

$v_t^{x_j}$ ——权重修正系数,一般 $0.9 \leq v_t^{x_j} \leq 1$

又设评判者 $t$ 对风险损失因素 $x_j$ 关于 $H_l$  ( $l=1, 2, \dots, z$ )的基本概率赋值为 $m_{t,l}^{x_j}$  ( $t=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, s$ )及不确信度为 $m_{t,\Omega}^{x_j}$ ,则有

$$\begin{cases} m_{t,l}^{x_j} = \beta_{t,l}^{x_j} \gamma_t^{x_j} \\ m_{t,\Omega}^{x_j} = 1 - \sum_{l=1}^z \beta_{t,l}^{x_j} \gamma_t^{x_j} \end{cases} \quad (2)$$

根据 Dempster 合成法则可将所有评判者的基本概率赋值融合,得到风险损失因素 $x_j$ 的确信度 $\beta_{g,l}^{x_j}$  ( $j=1, 2, \dots, s; l=1, 2, \dots, z$ )和不确信度 $\beta_{g,\Omega}^{x_j} = 1 - \sum_{l=1}^z \beta_{g,l}^{x_j} \gamma_t^{x_j}$ 。设风险损失因素 $x_j$ 的综合效应值为 $\beta_g^{x_j}$ ,则

$$\beta_g^{x_j} = \sum_{l=1}^z u(H_l) \beta_{g,l}^{x_j} \quad (j=1, 2, \dots, s) \quad (3)$$

分配给 $p$ 个评判者关于所有风险收益因素的权

重均为  $w_t^2$  ( $t = 1, 2, \dots, p; \sum_{t=1}^p w_t^2 = 1$ ), 同理可以得到各风险收益的确信度  $\beta_{g,l}^{y_j}$  和不确信度  $\beta_{g,\Omega}^{y_j}$ 。设风险收益因素  $y_j$  的综合效应值为  $\beta_g^{y_j}$ , 则

$$\beta_g^{y_j} = \sum_{l=1}^z u(H_l) \beta_{g,l}^{y_j} \quad (j = 1, 2, \dots, s) \quad (4)$$

### 2.4 基于修正层次法的权重

风险损失因素  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, s$ ) 的权重为  $c_j$ , 其中  $\sum_{j=1}^s c_j = 1$ 。  $c_j$  可根据修正层次分析法计算得到, 具体方法见文献[9]。风险收益因素  $y_j$  ( $j = 1, 2, \dots, s$ ) 的权重为  $d_j$ , 其中  $\sum_{j=1}^s d_j = 1$ 。  $d_j$  也可根据修正层次分析法计算得到。

### 2.5 综合评价

设评判者作评判时, 评判者  $t$  ( $t = 1, 2, \dots, p$ ) 给出风险损失指标 ( $x$ ) 和风险收益指标 ( $y$ ) 的权重分别为  $a_t, b_t$  ( $a_t + b_t = 1$ ), 分配给评判者  $t$  关于风险损失指标和风险收益指标的权重均为  $w_t$  ( $\sum_{t=1}^p w_t = 1$ ), 则评判群体关于风险损失指标和风险收益指标的综合权重分别为  $\lambda = \sum_{t=1}^p w_t b_t, 1 - \lambda = \sum_{t=1}^p w_t a_t$ 。从而可得出评判群体对各类温室风险损失评价值  $R_g$ 、风险收益评价值  $V_g$  和风险效应综合评价值  $F_g$ , 计算公式为

$$\begin{cases} R_g = \sum_{j=1}^s c_j \beta_g^{x_j} \\ V_g = \sum_{j=1}^s d_j \beta_g^{y_j} \\ F_g = \lambda V_g - (1 - \lambda) R_g \end{cases} \quad (5)$$

## 3 评估专家系统开发

### 3.1 系统的基本结构

根据温室投资风险效益评估专家系统的需求分析, 该系统由系统管理、专家打分、评估分析和用户管理等模块组成。其中系统管理模块主要实现系统的设定功能, 包括评估任务的新建、方案的设定和结果分析等功能。专家打分模块的主要功能是专家进入系统后根据风险效益评估的要求对不同方案的投资风险损失和风险收益进行评分。评估分析模块是在所有专家打分后, 用基于 D-S 证据理论的温室投资风险效益评估方法进行分析。用户管理功能对专家信息、管理员和普通用户进行管理。其结构如图 2 所示。

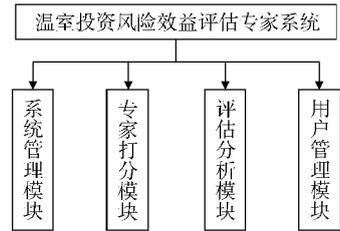


图2 专家系统基本结构

Fig. 2 Structure of the expert system

### 3.2 系统的实现

基于 SQL Server 2000 数据库, 利用 ASP 开发了基于 WEB 的温室投资风险效益评估专家系统, 系统在给定评估任务后, 分别由专家对各投资方案进行风险效益评估, 同时对各风险因素的重要性进行评判, 系统基于修正层次法和 D-S 证据理论方法进行项目的风险效益评估, 为投资者提供建议, 图 3 为基于修正层次法和 D-S 证据理论进行评估的实现过程。系统管理员通过系统管理模块进行系统的设定, 给出评价方案和评价专家账号。评价专家根据所给定的账号进行系统登录, 分别对设定的方案进行风险损失和风险收益评价, 并分别对风险损失和风险收益的各评价指标重要性进行评价。当所有专家对给定方案进行评价完成后, 系统进行综合评价, 并给出评价结果。

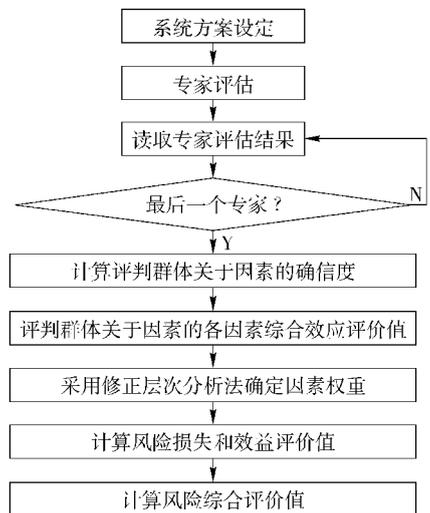


图3 系统评估过程

Fig. 3 Process of assessment

### 3.3 运行实例

系统设定玻璃自控温室、连栋塑料温室、单栋塑料大棚 3 种温室方案, 由 4 个专家分别对 3 种方案进行打分评估, 可得出他们对 3 类温室投资的风险和收益 4 个影响因素的基本概率分布。系统设定分配给评判者的关于风险损失 (收益) 因素的权重分别为  $w_1 = 0.3, w_2 = 0.3, w_3 = 0.2, w_4 = 0.2$ , 根据各位专家给出的风险损失和收益权重, 可计算出风险

损失指标和风险收益指标的综合权重分别为  $a_1 = 0.42, b_1 = 0.58, a_2 = 0.38, b_2 = 0.62, a_3 = 0.30, b_3 = 0.70, a_4 = 0.40, b_4 = 0.60$ 。因此,可以得到  $\lambda = \sum_{i=1}^4 w_i b_i = 0.62, 1 - \lambda = 0.38$ 。

根据专家打分结果,得出市场损失风险、技术损失风险、生产经营损失风险、其他风险损失等 4 个因素的判断矩阵  $C$ ,各风险收益因素判断矩阵与之相同,判断矩阵表示为

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1/2 & 2 \\ 1 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

根据  $C$ ,采用修正层次分析法得出市场风险损失(收益)、技术风险损失(收益)、生产经营风险损失(收益)、其他风险损失(收益)的权重分别为:  $c_1 = d_1 = 0.2025, c_2 = d_2 = 0.2865, c_3 = d_3 = 0.3407,$

$c_4 = d_4 = 0.1703$ 。

由基本概率分布值和证据理论 Dempster 合成法则根据式(1)得到的评判群体关于风险损失和风险效益因素确信度  $\gamma_i$  的结果如表 1 所示,其中所有风险损失与收益的权重修正系数  $v_i^{x_j}$  与  $v_i^{y_j}$  均取 1。根据所得到的评判群体关于因素的确信度  $\gamma_i$  及相应模糊评语的效应值  $H_i$ ,根据式(3)、(4)分别求出风险损失和风险效益的各因素综合效应值  $\beta_g$ ,结果如表 2 所示。根据各因素综合效应值和风险损失、收益综合权重,利用式(5)分别得出评判群体对各类温室风险损失评价值  $R_g$ 、风险收益评价值  $V_g$  和风险效应综合评价值  $F_g$ ,其结果如图 4 所示。从评价结果中可以看出,玻璃自控温室风险损失评价值、风险收益评价值均最大,风险综合效应评价值也最大;其次是连栋塑料温室;单栋塑料大棚风险损失评价值、风险收益评价值均最小,风险综合效应评价值也最小。

表 1 评判群体关于因素的确信度

Tab. 1 Confidence result about factors of evaluation experts

类型	模糊评语	风险损失				风险收益				
		市场风险损失	技术风险损失	生产经营风险损失	其他风险损失	市场风险收益	技术风险收益	生产经营风险收益	其他风险收益	
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	
玻璃自控温室	$H_2$	0.017 0	0.008 5	0.002 0	0.020 3	$H_3$	0.018 9	0.010 2	0.004 1	0.103 5
	$H_3$	0.272 8	0.136 8	0.096 2	0.304 0	$H_4$	0.037 7	0.307 2	0.073 8	0.344 8
	$H_4$	0.710 2	0.854 7	0.901 8	0.675 7	$H_5$	0.943 4	0.682 6	0.922 1	0.551 7
连栋塑料温室	$H_2$	0.003 6	0.013 2	0.002 8	0.004 4	$H_3$	0.545 5	0.369 2	0.2143	0.161 4
	$H_3$	0.9528	0.197 4	0.443 2	0.925 1	$H_4$	0.181 8	0.138 5	0.357 1	0.7175
	$H_4$	0.043 6	0.789 5	0.554 0	0.070 5	$H_5$	0.272 7	0.492 3	0.428 6	0.121 1
单栋塑料大棚	$H_2$	0.903 6	0.852 3	0.903 6	0.878 0	$H_3$	0.877 2	0.925 9	0.949 4	0.981 8
	$H_3$	0.086 7	0.136 4	0.086 7	0.117 1	$H_4$	0.105 3	0.029 6	0.025 3	0.015 6
	$H_4$	0.009 6	0.011 4	0.009 6	0.004 9	$H_5$	0.017 5	0.044 4	0.025 3	0.002 6

表 2 评判群体关于指标的综合效应评价值

Tab. 2 Assessment result of evaluation experts

类型	风险损失				风险收益			
	市场风险损失 $x_1$	技术风险损失 $x_2$	生产经营风险损失 $x_3$	其他风险损失 $x_4$	市场风险收益 $y_1$	技术风险收益 $y_2$	生产经营风险收益 $y_3$	其他风险收益 $y_4$
玻璃自控温室	0.709 7	0.754 7	0.770 1	0.698 6	0.935 8	0.899 3	0.937 1	0.851 7
连栋塑料温室	0.512 3	0.734 2	0.665 7	0.520 3	0.677 3	0.763 1	0.800 0	0.769 7
单栋塑料大棚	0.322 2	0.333 0	0.322 2	0.325 9	0.539 5	0.528 9	0.519 0	0.505 8

#### 4 结束语

针对目前温室投资分析过程中所收集到的信息

大多不精确、模糊甚至互相矛盾的问题,对温室投资风险效益评估模型进行了研究,建立了温室投资评估的风险损失和风险收益评价指标体系,提出采用

温室投资风险效益评估专家系统			
评估结果			
方案	风险损失评价值	收益收益评价值	风险损失-收益评价值
塑料大棚模式	0.3028	0.3256	0.0228
玻璃温室模式	0.3114	0.3169	-0.0055
薄膜覆盖模式	0.3239	0.2985	0.0254

图4 温室风险效益评价结果

Fig.4 Results of investment risk benefit assessment of greenhouse

D-S 证据理论与修正层次相结合进行温室风险损失和风险评估的方法,针对评估专家对各因素的评判无法量化,利用模糊评语集进行各因素基本概率赋值的确定。基于 WEB 开发了温室投资风险效益评估专家系统,系统能根据各专家对温室投资的风险损失和收益的评估结果对温室投资方案进行综合评判,从而为温室投资者提供参考。

## 参 考 文 献

- 张淑娟,王双喜,何勇. 基于模糊综合评价法的日光温室设计质量评价[J]. 农业机械学报, 2002, 33(5): 67~70.  
Zhang Shujuan, Wang Shuangxi, He Yong. The evaluation of design quality of a sunlight greenhouse based on the fuzzy method[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002, 33(5): 67~70. (in Chinese)
- 魏云冰,孙玉胜,崔光照,等. 基于可拓学理论的日光温室设计质量综合评价[J]. 江苏大学学报:自然科学版, 2008, 29(3): 198~201.  
Wei Yunbing, Sun Yusheng, Cui Guangzhao, et al. Comprehensive evaluation approach for design quality of solar greenhouses based on extension theory [J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2008, 29(3): 198~201. (in Chinese)
- 高会生,朱静. 基于 D-S 证据理论的网络安全风险评估模型[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(6):157~168.  
Gao Huisheng, Zhu Jing. Security risk assessment model of network based on D-S evidence theory [J]. Computer Engineering and Application, 2008, 44(6):157~168. (in Chinese)
- 高珍伟,朱卫东,张晨. 基于证据理论的事故倾向性综合测评研究[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版, 2008, 31(6):918~921.  
Gao Zhenwei, Zhu Weidong, Zhang Chen. Research on general assessment of the accident-proneness based on theory of evidence [J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science Edition, 2008, 31(6): 918~921. (in Chinese)
- 黄玉祥,郭康权,朱瑞祥,等. 基于证据理论的农业机械选型风险因素评价方法[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 135~141.  
Huang Yuxiang, Guo Kangquan, Zhu Ruixiang, et al. Research on general assessment of the accident-proneness based on theory of evidence[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(4): 135~141. (in Chinese)
- 李宏坤,马孝江,王珍. 基于多征兆信息融合论的柴油机故障诊断[J]. 农业机械学报, 2004, 35(1): 121~124.  
Li Hongkun, Ma Xiaojiang, Wang Zhen. Diesel engine fault diagnosis based on multi-symptom information fusion [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(1): 121~124. (in Chinese)
- 姜元春,刘业政,林文龙,等. 基于粗糙集与证据理论的决策规则合成方法[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(4):951~955.  
Jiang Yuanchun, Liu Yezheng, Lin Wenlong, et al. Rough sets and evidence theory-based method to combine decision rules [J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(4): 951~955. (in Chinese)
- 鞠彦兵,王爱华. 基于证据理论的风险收益评价模型及其应用[J]. 数学的实践与认识, 2006, 36(12):19~28.  
Ju Yanbing, Wang Aihua. Research on the evaluation of risk-return based on Dempster-Shafer theory[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2006, 36(12): 19~28. (in Chinese)
- 李冬生,李萍萍. 基于修正层次分析法的温室经济效益综合评价方法及其应用研究[J]. 江苏农业科学, 2009(6): 447~450.  
Li Dongsheng, Li Pingping. Comprehensive evaluation on economic benefit of greenhouse based on revised AHP analysis method[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2009(6):447~450. (in Chinese)