

科研院所 R&D 人力资本投资风险评价

——基于改进突变理论

王德江^{1,2}, 孙剑平¹

(1 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094; 2 南京电子技术研究所, 南京 210039)

摘 要: 风险评价是科研院所 R&D 人力资本投资风险管理的重要内容。针对现有评价方法在指标权重设置方面的缺陷, 本文将突变理论应用于科研院所 R&D 人力资本投资风险评价中, 并对突变综合评价方法进行改进, 以提高综合评价结果的分辨水平。应用实例分析结果表明该方法能够清晰地反映评价值的等级和大小, 且计算出的风险值的分布更趋于合理。

关键词: 风险评价; 突变理论; R&D 人力资本; 科研院所

中图分类号: F224; C931 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002- 980X(2010) 04- 0006- 06

随着我国科学技术的发展, 作为中坚力量的科研院所, 其 R&D 人力资本价值更加凸显。科研院所要保持连续、高效、敏捷的创新能力也必须通过对 R&D 人力资本的投资来实现。然而, 科研院所 R&D 人力资本的各种特性以及所隐含的高不确定性导致了人力资本投资的高风险性。根据风险管理理论, 风险评价(risk evaluation) 就是在风险因素识别的基础上确定风险的整体水平。科研院所 R&D 人力资本投资风险评价是指对投资风险进行定性或定量分析, 评价其发生的概率或可能性, 以及对风险后果的影响程度。其中, 风险因素发生的概率或可能性取决于风险因素的暴露程度以及触发因素发生的可能性^[1]。风险因素发生的后果则可用风险发生的可能性与潜在的损失严重程度来衡量^[2]。

对于科研院所 R&D 人力资本投资风险评价问题, 主要涉及到风险评价指标体系的设立、评价指标权重的确定以及评价算法或模型的选择。已有的人力资本投资风险评价研究或采用主观定权方法, 或采用客观定权法, 或采用组合赋权法计算。而本文提出的基于突变理论的科研院所 R&D 人力资本投资风险评价方法并没有利用权重对评价指标进行赋值, 而是利用初始模糊隶属函数和归一公式对构建的递阶评价指标体系进行量化递归计算, 得到总突变隶属函数值。该方法的优点在于: 通过考虑指标间的相对重要性实现综合评价, 减少了评价过程中主观因素的影响, 使评价和分析更趋于实际, 且计算过程较为简易, 容易接受与推广。

1 初等突变模型

假定系统在任何时刻的状态都可以完全由给定的 n 个状态变量 $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 的值来确定, n 是有限大的整数, 则称 $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 为系统的状态变量或内部变量。假定系统受 m 个独立变量 $(u_1, u_2, \dots, u_m)$ 的控制, 即 m 个变量的值决定了 $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 的值, 则称 $(u_1, u_2, \dots, u_m)$ 为系统的控制变量或外部变量。如果假定系统的动力学可以由一个光滑的势函数导出, Thom 用拓扑学的方法证明了: 可能出现性质不同的不连续构造的数目并不取决于状态变量的数目, 而取决于控制变量的数目^[3]。只要控制变量的个数不超过 5, 那么按某种意义的等价性分类, 共有 11 种突变类型 (表示不连续现象的几何形状)。但发生在三维空间和一维时间 4 个变量控制下的多种初等突变, 概况起来只有如表 1 所示的 7 种不同的基本类型。

表 1 7 种初等突变类型及其势函数

突变类型	控制变量维数	状态变量维数	势函数
折迭型突变	1	1	$f(x) = x^3 + ux$
尖点型突变	2	1	$f(x) = x^4 + ux^3 + vx$
燕尾型突变	3	1	$f(x) = x^5 + ux^4 + vx^3 + wx$
蝴蝶型突变	4	1	$f(x) = x^6 + tx^4 + ux^3 + vx^2 + wx$
双曲脐点型突变	3	2	$f(x) = x^3 + y^3 + wxy - ux - vy$
椭圆脐点型突变	3	2	$f(x) = \frac{1}{3}x^3 - xy^2 + w(x^2 + y^2) - ux + vy$
抛物脐点型突变	4	2	$f(x) = y^4 + x^2y + wx^2 + ty^2 - ux - vy$

收稿日期: 2010- 01- 20

作者简介: 王德江 (1965—), 男, 江苏盐城人, 南京理工大学经济管理学院博士研究生, 研究方向: 人力资源管理; 孙剑平 (1953—), 男, 江苏南京人, 南京理工大学经济管理学院教授, 博士生导师, 研究方向: 人力资源管理、知识管理。

2 基于改进突变理论的综合评价方法

2.1 归一化公式及相应原则

归一化公式是把系统内各控制变量的不同质态转化为同一质态, 即把控制变量统一化为状态变量表示的质态^[4]。在归一化公式中, x 及各控制变量皆取 0~1 范围的数值。归一化公式可由突变模型的分歧方程以分解的形式求得。

对于尖点突变模型, 其分歧方程为 $8u^3 + 27v^2 = 0$ 。其分解形式为: $u = -6x^2; v = 8x^3$ 。将其化为突变模糊隶属函数可得到如下归一化公式:

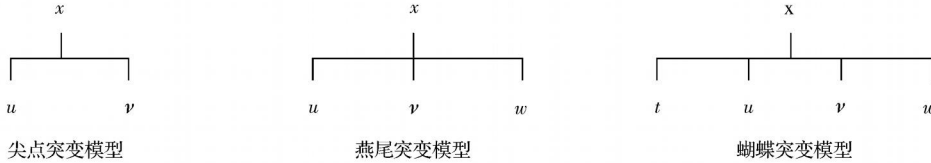


图 1 系统状态变量与控制变量间的关系

根据多准则模糊决策理论, 对于同一方案和多准则 $B_1, B_2, \dots, B_m$, 理想的决策策略为 $C = B_1 \cap B_2 \cap \dots \cap B_m$, 其隶属函数为:

$$u(x) = u_{B_1}(x) \wedge u_{B_2}(x) \wedge \dots \wedge u_{B_m}(x). \quad (4)$$

其中 $u_{B_i}(x)$ 为 B_i 的隶属函数, 定义为该方案的隶属函数, 这里“ $\wedge$ ”为取各准则隶属函数最小值。在突变评价系统中, 如果各个指标(控制变量)间不存在明显的相互关联作用, 归一公式计算的 x 值应采取“大中取小”的非互补原则; 如果各个指标(控制变量)间存在明显的相互关联作用, 则取其平均数, 在对现最后的比较时采取“小中取大”原则, 即对评价对象按宗评价之比的得分大小排序^[5]。

2.2 突变综合评价方法的具体步骤

突变综合评价方法是在突变理论的基础上发展起来的一种新型综合评价方法^[6-10], 其主要的评价步骤可概述为:

1) 根据评价目标, 按照系统的内在作用机理, 对其影响因素(评价指标)进行分组, 构成递阶的层次结构。

2) 对指标进行量化处理。指标之间一般存在着不可公度量性, 即不同指标有不同的度量标准。具体来说, 各指标的度量单位不同、量纲不同、数量级不同, 另外根据指标的评价方法不同, 又将指标分为正向指标、逆向指标等不同的类型。因此, 需要先消除各指标的量纲、数量级和指标类型的影响, 再进行综合评价和排序, 即对量化的原始数据进行无量纲化处理, 使之转化为 0~1 的突变系数。具体方法:

$$y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} (x \in B); \quad (5)$$

$$x_u = u^{1/2}; x_v = v^{1/3}. \quad (1)$$

其实, 在式(1)中为保持 x 及各控制变量皆取 0~1 范围的数值, 对原 u 和 v 值进行了缩小处理, 其中将 u 缩小至 $1/6$ 而对 v 缩小至 $1/8$ 。

同理, 燕尾突变模型的归一化公式:

$$x_u = u^{1/2}; x_v = v^{1/3}; x_w = w^{1/4}. \quad (2)$$

蝴蝶突变模型的归一化公式:

$$x_t = t^{1/2}; x_u = u^{1/3}; x_v = v^{1/4}; x_w = w^{1/5}. \quad (3)$$

图 1 分别给出了尖点突变、燕尾突变以及蝴蝶突变模型中的状态变量 x 与控制变量 t, u, v, w 之间的关系。

$$y = \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}} (x \in C). \quad (6)$$

其中, B 为正向指标, C 为逆向指标, $x_{\max}$ 为同一指标序列中的最大值, $x_{\min}$ 为同一指标序列中的最小值。

3) 对上述底层指标进行突变模型识别, 然后利用对应的归一化公式进行综合量化递归运算, 依据指标之间的相互关联关系(互补或非互补原则), 可以求出评价系统的总突变隶属度。

4) 重复上述步骤, 依据总突变隶属度进行综合排序和评价。

2.3 对突变综合评价法的改进

虽然突变综合评价法只对底层指标的相对重要性比较, 弥补了模糊综合评价法中关于指标权重设置的缺陷, 并且该方法计算过程较为简易, 但突变综合评价方法仍有其不足之处^[10]。

首先, 运用该方法得到的评价结果基本趋于 1 (一般均比较高)。这样不同系统(方案)综合价值之间的差距就较小。虽然通过数值的绝对判断仍可以进行结果的排序, 以分出“优劣”, 但显然这种结果形式并不直观, 也较欠说服力。另外, 也有学者发现, 对评价指标的顺序的调整也会对最终的综合评价结果产生影响^[12]。

基于上述分析, 在文献[11]的基础上, 本文尝试对突变综合评价方法进行改进, 从而使评价结果分析更为直观, 结果更为可靠。

对于评价结果集中趋于 1 的问题, 可以采用如下解决方法: 对底层指标对应的隶属度皆取 $r_i (i =$

1, 2, ..., n), 其中 n 为方案数或待评对象数, 并设由突变综合评价法得到的综合评价值为 $s_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 一般来说由于归一化公式的原因, 因此 s_i 都比较接近于 1。显然, 当 n 足够大时, 可建立 s_i, r_i 间

表 2 r 与 s 的对应关系

r	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
s	$s_{0.1}$	$s_{0.2}$	$s_{0.3}$	$s_{0.4}$	$s_{0.5}$	$s_{0.6}$	$s_{0.7}$	$s_{0.8}$	$s_{0.9}$	$s_{1.0}$

这样, 如果得到的综合评价值 $y \in (s_{0.1}, s_{0.2})$, 则改进后的评价值 $y' \in (0.1, 0.2)$ 。类似, 可得到改进后的评价值 y' 的表达式:

$$y' = \frac{y - s_k}{s_{k+1} - s_k} \times (r_{k+1} - r_k) + r_k.$$

(7)

这里, 设 $y \in (s_k, s_{k+1})$, 对应的 $x \in (r_k, r_{k+1})$ 。显然, 经过改进后的综合评价值之间的差距增大, 提升了决策分辨水平。如果分辨水平仍不够, 可对 $[0, 1]$ 区间进一步划分。

对于评价指标顺序对评价结果的影响, 本文所设计的科研院所 R&D 人力资本投资风险评价指标体系是从系统内部的运作机理出发, 通过因子分析与回归分析进行了检验, 最终选定了互补性的显著关键风险因素, 可有效避免此类问题。

改进后的突变综合评价流程如图 2 所示。

3 应用实例分析

科研院所 R&D 人力资本投资风险影响因素众

的映射关系。通常可以令 r 分别为 $\{0.1, 0.2, \dots, 1.0\}$, 则对应的 s 分别为 $\{s_{0.1}, s_{0.2}, \dots, s_{1.0}\}$, 则其对应关系见表 2。

多, 结构较为复杂, 适合运用突变理论。为检验提出的改进突变综合评价方法的有效性, 以 ETRI、JSS-TI、JSERI、YHCNC、JSCMI、JSDAWN、C724 等 7 家科研院所为评价对象进行实例分析。

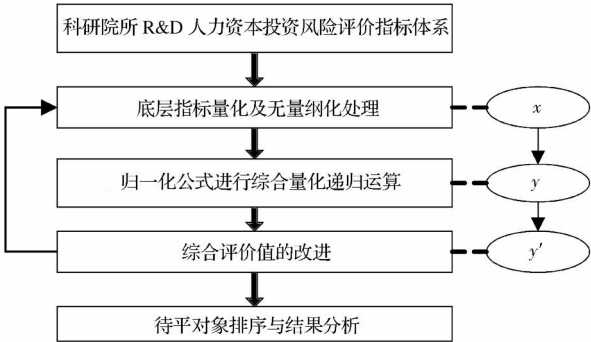


图 2 改进后的突变综合评价流程图

3.1 科研院所 R&D 人力资本投资风险评价指标体系的构建

为使评价指标体系满足初等突变的基本模型, 对部分指标进行了分类, 结果如图 3。

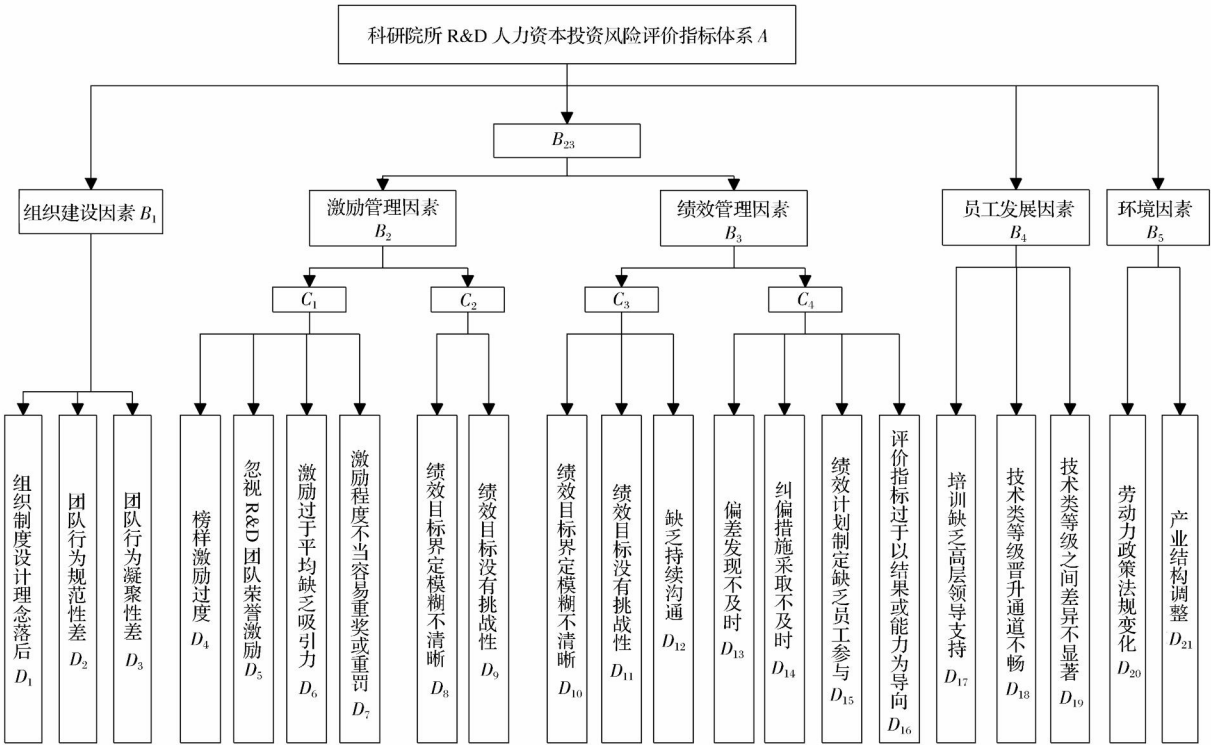


图 3 符合初等突变模型的科研院所 R&D 人力资本投资风险评价指标体系

3 2 评价指标赋值及无量纲化处理

本文将评价指标的评语分为 5 个等级, 记为 V , $V = \{ \text{风险水平高, 风险水平较高, 风险水平中等, 风险水平较低, 风险水平低} \}$ 。用数值刻度, 则可将评

语集对应于集合 $\{ 5, 4, 3, 2, 1 \}$ 。为获得各待评对象的实际数据, 主要以访谈的形式对各院所进行调查, 然后对调查后的数据进行整理、综合以及无量纲化处理, 得到标准化后的评价值, 如表 3 所示。

表 3 标准化后的评价值

变量	ETRI	JSSTI	JSERI	YHCNC	JSCMI	JSDAWN	C724
D_1	0 500	0 223	0 292	0 521	0 499	0 678	1. 000
D_2	0 231	0 333	0 708	1. 000	0 539	0 299	0. 572
D_3	0 154	0 445	0 542	1. 000	0 766	0 699	0. 143
D_4	0 539	0 389	0 583	0 247	0 399	0 250	0. 786
D_5	0 269	0 833	0 000	0 384	0 632	0 749	0. 214
D_6	0 615	0 945	0 417	0 726	0 699	0 649	1. 000
D_7	0 531	0 778	0 517	0 932	0 566	0 529	0. 072
D_8	0 346	0 000	0 083	0 247	0 832	0 100	0. 357
D_9	0 539	0 778	0 500	0 000	0 000	0 549	0. 072
D_{10}	1. 000	0 611	1. 000	0 726	0 379	0 150	0. 643
D_{11}	0 231	0 889	0 333	0 384	0 832	0 649	0. 428
D_{12}	0 346	0 778	0 750	0 959	0 968	0 499	0. 514
D_{13}	0 077	0 556	0 500	0 411	0 433	0 798	0. 643
D_{14}	0 615	0 589	0 183	0 932	0 632	0 549	0. 572
D_{15}	0 000	0 500	0 458	0 493	0 799	0 250	0. 643
D_{16}	0 346	0 778	0 483	0 178	0 965	0 549	0. 286
D_{17}	0 461	1. 000	0 542	0 657	0 666	0 000	0. 143
D_{18}	0 539	0 267	0 750	0 384	0 599	0 649	0. 786
D_{19}	0 254	0 556	0 625	0 726	0 566	0 299	0. 000
D_{20}	0 539	0 545	0 500	0 562	0 779	0 269	0. 643
D_{21}	0 463	0 947	0 877	0 934	1. 000	1. 000	0. 289

3 3 归一化处理及综合评价

按照突变综合评价方法、采用各突变系统的归一公式逐步向上综合计算, 直到算出最高层指标的突变系统。具体计算过程(以 ETRI 为例) 如下:

如图 1 所示, 底层指标 D_1 、 D_2 、 D_3 构成燕尾突变, 采用归一公式(2) 有:

$$X_{D_1} = (0. 5)^{1/2} = 0. 707; X_{D_2} = (0. 231)^{1/3} = 0. 614; X_{D_3} = (0. 154)^{1/4} = 0. 626。$$

由于各控制变量之间可以相互弥补不足, 因此根据互补原则, 取均值:

$$B_1 = (0. 707 + 0. 614 + 0. 626)/3 = 0. 649。$$

而指标 D_4 、 D_5 、 D_6 、 D_7 构成蝴蝶突变, 采用归一公式(3) 有:

$$X_{D_4} = (0. 539)^{1/2} = 0. 734; X_{D_5} = (0. 269)^{1/3} = 0. 646; X_{D_6} = (0. 615)^{1/4} = 0. 886; X_{D_7} = (0. 531)^{1/5} = 0. 881。$$

根据互补原则, 取均值有:

$$C_1 = (0. 734 + 0. 646 + 0. 886 + 0. 881)/4 = 0. 787。$$

指标 D_8 、 D_9 构成尖点突变, 采用归一公式(1) 有:

$$X_{D_8} = (0. 346)^{1/2} = 0. 588; X_{D_9} = (0. 539)^{1/3} = 0. 814。$$

根据互补原则, 取均值有:

$$C_2 = (0. 588 + 0. 814)/2 = 0. 701。$$

准则层指标 C_1 、 C_2 构成尖点突变, 采用归一公式(1) 有:

$$X_{C_1} = (0. 787)^{1/2} = 0. 887; X_{C_2} = (0. 701)^{1/3} = 0. 888。$$

根据互补原则, 取均值有:

$$B_2 = (0. 887 + 0. 888)/2 = 0. 888。$$

同理, 可计算其他指标的突变隶属度, 并计算出 JSSTI、JSERI、YHCNC、JSCMI、JSDAWN、C724 的综合评价值, 具体结果见表 4。

表 4 科研院所 R&D 人力资本投资风险综合评价结果

变量	ETRI	JSSTI	JSERI	YHCNC	JSCMI	JSDAWN	C724
D_1	0 707	0 472	0 540	0 722	0 706	0 823	1. 000
D_2	0 614	0 693	0 891	1. 000	0 814	0 669	0. 830
D_3	0 626	0 817	0 858	1. 000	0 936	0 914	0. 615
D_4	0 734	0 624	0 764	0 497	0 632	0 500	0. 887
D_5	0 646	0 941	0 000	0 727	0 858	0 908	0. 598
D_6	0 886	0 986	0 804	0 923	0 914	0 898	1. 000
D_7	0 881	0 951	0 876	0 986	0 892	0 880	0. 591
D_8	0 588	0 000	0 288	0 497	0 912	0 316	0. 597
D_9	0 814	0 920	0 794	0 000	0 000	0 819	0. 416
D_{10}	1. 000	0 782	1. 000	0 852	0 616	0 387	0. 802
D_{11}	0 614	0 962	0 693	0 727	0 941	0 866	0. 754
D_{12}	0 767	0 939	0 931	0 990	0 992	0 840	0. 847
D_{13}	0 277	0 746	0 707	0 641	0 658	0 893	0. 802
D_{14}	0 850	0 838	0 568	0 977	0 858	0 819	0. 830
D_{15}	0 000	0 841	0 823	0 838	0 945	0 707	0. 895
D_{16}	0 809	0 951	0 865	0 708	0 993	0 887	0. 779
D_{17}	0 679	1. 000	0 736	0 811	0 816	0 000	0. 378
D_{18}	0 814	0 644	0 909	0 727	0 843	0 866	0. 923
D_{19}	0 710	0 864	0 889	0 923	0 867	0 739	0. 000
D_{20}	0 734	0 738	0 707	0 750	0 883	0 519	0. 802
D_{21}	0 774	0 982	0 957	0 977	1. 000	1. 000	0. 661
B_1	0 649	0 661	0 763	0 907	0 819	0 802	0. 815
B_2	0 888	0 854	0 798	0 757	0 839	0 860	0. 837
B_3	0 838	0 945	0 920	0 925	0 937	0 887	0. 917
B_4	0 734	0 836	0 845	0 820	0 842	0 535	0. 434
B_5	0 754	0 860	0 832	0 864	0 941	0 759	0. 732
A	0 914	0 931	0 943	0 962	0 958	0 920	0. 909

3 4 结果分析

为了提高结果分析的分辨水平,对综合评价结果进行改进。首先构建 r 与 s 的对应关系,如图 4 所示。

根据式(7)对原综合评价值进行改进,改进后的值见表 5。

从表 5 可以看出, YH CNC R& D 人力资本投资整体风险最高,应引起高度重视。JSCMI 次之, C724 的投资风险为最低。为进一步分析各主要风险因素的状态,为科研院所提供更为详尽的决策信息,继续对各准则层展开分析。这里,为了标识风险

状态,拟定标准如表 6 所示。以此为标准,对各准则层指标评价值进行转换,改进后的各准则层综合评价值及风险状态如表 7 所示。

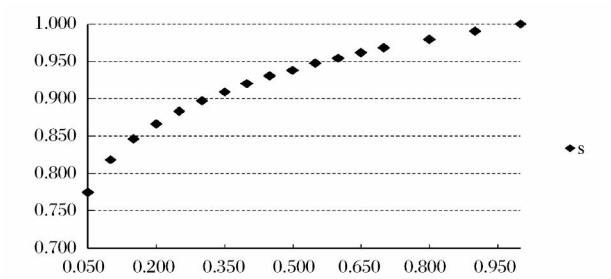


图 4 r 与 s 的对应关系图

表 5 改进后的评价值与结果比较

院所名称	ETRI	JSSTI	JSERI	YHCNC	JSCMI	JSDAWN	C724
改进后的评价值	0 369	0 456	0 528	0 657	0 629	0 4	0 350
排序结果	6	4	3	1	2	5	7

表 6 科研院所 R&D 人力资本投资风险 状态等级参考标准

风险等级	特大风险 V	重大风险 IV	中度风险 III	较小风险 II	轻度风险 I
风险值	[1, 0 95]	(0 95, 0 85]	(0 85, 0 5]	(0 5, 0 3]	(0. 3, 0]

表 7 带有准则层信息的综合评价结果及风险状态

变量	ETRI	JSSTI	JSERI	YHCNC	JSCMI	JSDAWN	C724
B_1	0.04193 轻度风险	0.0427 轻度风险	0.049289 轻度风险	0.341667 较小风险	0.100179 轻度风险	0.081818 轻度风险	0.096591 轻度风险
B_2	0.26786 轻度风险	0.17 轻度风险	0.077273 轻度风险	0.048902 轻度风险	0.10375 轻度风险	0.185 轻度风险	0.103393 轻度风险
B_3	0.10357 轻度风险	0.503889 中度风险	0.4 较小风险	0.425 较小风险	0.49375 较小风险	0.264286 轻度风险	0.386364 较小风险
B_4	0.04742 轻度风险	0.103214 轻度风险	0.104821 轻度风险	0.100357 轻度风险	0.104286 轻度风险	0.034561 轻度风险	0.028036 轻度风险
B_5	0.04871 轻度风险	0.185 轻度风险	0.1025 轻度风险	0.195 轻度风险	0.501667 中度风险	0.049031 轻度风险	0.047287 轻度风险
A	0.369 较小风险	0.456 较小风险	0.528 中度风险	0.657 中度风险	0.629 中度风险	0.4 较小风险	0.350 较小风险

4 结束语

突变综合评价方法是处理多准则评价决策问题的有效方法。该方法不需要对评价指标进行定权,减少了评价的主观性。用突变模糊隶属函数把突变理论同模糊数学结合起来,形成对复杂的抽象目标(概念、范畴)的模糊隶属函数,用它来计算通常模糊数学的多目标评价决策问题,就更适宜和更准确。针对突变综合评价方法的两个缺陷问题,本文对其进行了改进,通过建立 $s_i、r_i$ 间的映射关系避免了此类问题的发生。实例分析的结果也表明改进的突变综合评价方法计算过程简单,避免了确定权重等主观因素的影响,并且提高了结果分析的辨识水平。

参考文献

[1] THOM. Structural Stability and Morphogenesis[M]. New York: Benja Addison Wealer, 1975: 17-23
[2] HARLNAD C, BERNCHLEY R, WALKER H. Risk in supply networks[J]. Journal of Purchasing and Supply

Management, 2003, 9(2): 51-62.
[3] COREKOFDRD N. An Introduction to Risk Management [M]. Cambridge: Woodhead Faulkner, 1986: 134-158.
[4] 朱顺泉. 基于突变级数法的上市公司绩效综合评价研究[J]. 系统工程理论与实践, 2002(2): 90-94.
[5] 孟浩, 王艳慧. 基于突变评价法的研究型大学知识创新综合评价[J]. 运筹与管理, 2008(3): 80-87.
[6] 魏婷, 朱晓东, 李杨帆, 等. 突变级数法在厦门城市生态安全评价中的应用[J]. 应用生态学报, 2008(7): 7-11.
[7] 魏婷, 朱晓东, 李杨帆. 基于突变级数法的厦门城市生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2008(12): 75-76.
[8] 李绍飞, 孙书洪, 王向余. 突变理论在海河流域地下水环境风险评价中的应用[J]. 水利学报, 2007(11): 103-105.
[9] 谷新建, 柴红保. 应用突变评价理论选择采矿方法[J]. 中国安全科学学报, 2004(7): 1999-2005.
[10] 高晶, 关涛, 王雅林. 基于突变理论的企业集团生态位状态评价研究[J]. 软科学, 2007(6): 57-61.
[11] 唐明, 邵东国, 姚成林, 等. 改进的突变评价法在旱灾风险评价中的应用[J]. 水利学报, 2009(7): 858-862.
[12] 史志富, 张安, 刘海燕, 等. 基于突变理论与模糊集的复杂系统多准则决策[J]. 系统工程与电子技术, 2006(7): 1010-1013.

Investment Risk Evaluation of R&D Human Capital in Scientific Research Institutions:
Based on Improved Catastrophe Theory

Wang Dejiang^{1,2}, Sun Jianping¹

(1. School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;
2. Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210039, China)

Abstract: Risk evaluation is an important content of risk management for R & D human capital investment in scientific research institutions. In order to solve the flaws of traditional methods in weight setting of indices, catastrophe theory is applied to investment risk evaluation for R&D human capital investment in scientific research institutions in this paper. Furthermore, the catastrophe comprehensive evaluation method is improved as to increase the distinguishing level to comprehensive evaluation results. The application example indicates that the proposed method can clearly reflect the evaluation grade and the calculated risk distribution is more reasonable.
Key words: risk evaluation; catastrophe theory; R&D human capital; scientific research institutions