风险投资组合评价的一种新方法

邱亿如，袁 磊

（江汉石油学院 经济管理系，湖北 荆州 434000）

摘 要：依据风险投资的特点，运用灰色系统理论及相关知识，将风险投资评价与风险投资组合有机地结合起来，提出了一套评价风险投资组合的新方法。

关键词：风险投资评价；风险投资组合；评价体系；灰色系统理论；决策模型

中图分类号：F830.593　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001-7348(2004)05-0037-03

0 前言

目前，许多学者已在风险投资的特点、风险投资的运作过程、风险投资项目及其组合评价等方面进行了较为深入的探讨，但在风险投资评价研究与风险投资组合研究之间缺乏一定的联系。一方面，对风险投资评价的研究着重于单项目的评价，即通过评价体系和评价指标，测出各项目的综合得分，从而确定各项目的排序；而另一方面，对风险投资项目组合的研究则着重于说明项目间存在着哪些关系，以及从数学上论证哪些项目组合在一起能使总投资的收益最大和风险最小，但是对如何确定项目成功率(P_i)、以及项目间的相关系数(ρ_{ij})的大小却没有给予详细的说明。本文认为，由于风险投资的特点，在不能利用贝叶斯法则和蒙特卡罗技术计算 P_i 和 ρ_{ij} 时，可利用风险投资评价的评价体系及评价指标，借助灰色系统理论的方法求得，然后再结合风险投资组合中的决策模型对投资组合进行评价，从而将两者有机地结合起来。

1 单项目评价

1.1 建立单项目评价体系

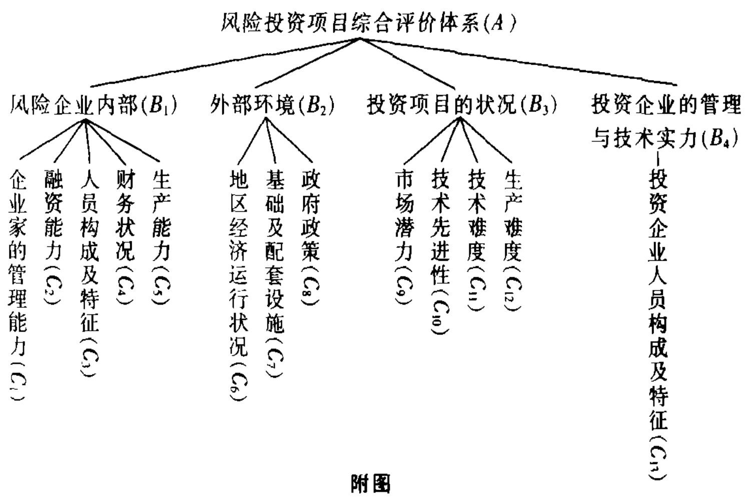
由于风险投资是专业投资机构向有潜在发展前景的新创立或市值被低估的公司、项目、产品注入的权益性资本，在评价某风险投资项目时，应主要从4个方面进行：即风险企业内部、风险企业外部环境、投资项目的状况以及本投资机构的管理和技术实力（见附图）。

1.2 计算单项目的投资成功率(P_i)和期望盈利率(ER_i)

在风险投资评价中，许多学者建立评价体系的目的是为了项目间的排序与筛选，然而，本文建立评价体系的目的却是利用其确定项目的成功率(P_i)和期望利率(ER_i)，具体计算方法如下：

第一，设定投资项目的参考数列(X_0)和确定各项投资在参考数列条件下的可获得利润(R_0)。任何投资项目的成功都需要一定的条件，这些条件是由评价体系中的各评价指标所反映出来的。当一个投资项目的条件较好，即该投资项目的评价指标较高时，这个项目的成功概率就较大，否则就较小。投资项目的参考数列就是投资项目实施条件最好的情况，那么在参考数列条件下的投资项目的成功概率就为1，即 $P(X_0)=1$。利用专家调查法，确定各项目在参考数列情况下可获得的利润(R_0)。

第二，评价各投资项目的实际指标。由于此评价体系主要以定性指标为主，所以分别用"4，3，2，1"4个分值来评价各实施条件是否有利于投资项目的成功。对于参考数列，可以迅速确定其各指标得分均为"4"；而对于各实际投资项目，则必须通过实地考察、市场调研以及专家调查等方法得出各投资项目指标的值 $X_i(k)$（表示第 i 项投资的第 k 个指标值）。



附图

收稿日期：2003-08-15

作者简介：邱亿如(1957-)，教授，博士，研究生导师，江汉石油学院经济管理系主任，中国软科学协会会员，湖北青年科学协会理事，主要研究方向为技术经济与国际工程承包；袁磊(1979-)，江汉石油学院经济管理系2002级硕士研究生，主要研究方向为技术创新管理。

第三，与参考数列相比较，求关联度(γ_i)。前面已指出，项目实施条件越好，成功概率越大，也就是说，各投资项目的实施指标值与参考数列越接近，其成功概率就越大。关联度(γ_i)就是评价各项目指标值与参考数列相近程度的一个值。

其具体计算方法是，将各投资项目的指标值与对应的参考数列的指标值相减，得到$\Delta i(k)$；从而可以确定$\min\limits_i\min\limits_k\Delta i(k)$与$\max\limits_i\max\limits_k\Delta i(k)$。再接着计算关联系数$\zeta i(k)=(\min\limits_i\min\limits_k\Delta i(k)+\rho\max\limits_i\max\limits_k\Delta i(k))/(\Delta i(k)+\rho\max\limits_i\max\limits_k\Delta i(k))$，公式(1)；其中$\rho$为分辨率，一般取为0.5。由于各指标的权重不同，因此可以通过AHP法求得各指标的综合权重$W_i(k)$。最后，计算$\gamma_i=\sum\limits_{k=1}^{n}W_i(k)\times\zeta_i(k)$，公式(2)；求得各投资项目的关联度。

第四，计划期望盈利率。γ_i描绘了第i项投资项目的实际条件与参考数列X_0的关联度，即γ_i越高，项目成功概率$P(X_i)$就越大，所以可用关联度γ_i近似代替$P(X_i)$。由于项目成功后可获得利润R_{0i}，所以期望利润$ER_i=R_{0i}\cdot P(X_i)$。

2 项目组合评价

2.1 确定相关系数ρ_{ij}

在项目组合评价中，最难确定，也是最为关键的系数就是相关系数。本文对相关系数ρ_{ij}的计算，主要采用的是改进关联度$\sigma(X_i,X_j)$，而没有采用概率论中对ρ_{ij}的求解方法，其原因如下：

第一，由于项目评价所涉及的因素已经非常繁多，当把项目组合起来，则所涉及的因素更加繁杂。因此，就无法十分准确地计算出项目组合的成功概率$P(X_i,X_j)$，从而也就无法用概率论的方法准确地计算出ρ_{ij}。

第二，概率论中的ρ_{ij}所描绘的是一种线性相关性，而在项目组合中，项目间并不一定呈线性关系。所以，用概率论中的ρ_{ij}计算的结果不一定准确。

第三，利用改进关联度$\sigma(X_i,X_j)$，一方面可以避开求$P(X_i,X_j)$的繁琐工作，利用以前的评价指标，减少费用；另一方面，也能较准确地反映出项目间的相关程度，而且还能满足对称性，即$\sigma(X_i,X_j)=\sigma(X_j,X_i)$；通过计算关联极性，还能判定项目间的关联性质，即是正关联，还是负关联。因此，利用改进关联度，能很好地反映项目间的相关性。

改进关联度及关联极性的计算步骤：

第一，以X_i为参考数列，以$X_2,X_3,\cdots,X_n$为比较数列。

第二，计算$G_i(k)=(X_1(k)\wedge X_i(k))/(X_1(k)\vee X_i(k))$，公式(3)；其中，"$\vee$"为取最大，"$\wedge$"为取最小，$i=1,2,\cdots,n$。

第三，计算$\sigma(X_i,X_j)=\frac{1}{2(m-1)}[G_i(1)+G_i(m)+2(G_i(2)+\cdots+G_i(m-1))]$，公式(4)。由于改进关联度具有对称性，所以只用求$\sigma(X_i,X_j)$，其中$i<j$。对于$\sigma(X_2,X_3),\cdots,\sigma(X_{n-1},X_n)$的计算，可以重复以上3步。

第四，计算$\lambda_i=\sum\limits_{k=1}^{n}kX_i(k)-\sum\limits_{k=1}^{n}X_i(k)\sum\limits_{k=1}^{n}\frac{k}{n}$，公式(5)。

第五，计算$\lambda_k=\sum\limits_{k=1}^{n}k^2-\left(\sum\limits_{k=1}^{n}k\right)^2/n$，公式(6)。

第六，将λ_i,λ_k代入$\mathrm{sgn}(\lambda_i/\lambda_k)$中，其中$\mathrm{sgn}(X)$为符号函数。

$$\begin{cases}\mathrm{sgn}(X)=+1,X>0\\ \mathrm{sgn}(X)=0,X=0\\ \mathrm{sgn}(X)=-1,x<0\end{cases}\qquad 公式(7)$$

$\mathrm{sgn}(\lambda_i/\lambda_k)=\mathrm{sgn}(\lambda_j/\lambda_k)$时，项目$i$与项目$j$正关联。

$\mathrm{sgn}(\lambda_i/\lambda_k)=-\mathrm{sgn}(\lambda_j/\lambda_k)$时，项目$i$与项目$j$负关联。

由于可以判定ρ_{ij}，当项目i与项目j正关联时，$\rho_{ij}=\sigma(X_i,X_j)$；当项目$i$与项目$j$负关联时，$\rho_{ij}=-\sigma(X_i,X_j)$。

2.2 模型的建立

假定：各项目是独立的；项目组合不改变单个项目的风险状况，而改变总投资的风险状况。

$$\max Z=\sum_{i=1}^{n}S_i\cdot ER_i\cdot X_i$$

$$\min F=\sum_{i=1}^{n}\sigma_i^2X_i^2+2\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=1}^{n}\sigma_i\sigma_j\rho_{ij}X_iX_j$$

$$\text{s.t.}\begin{cases}\sum\limits_{i=1}^{n}I_i\cdot X_i\leqslant N\\ X_i=0,1\quad i=1,2,\cdots,n\end{cases}$$

2.3 符号说明

S_i为第i项投资项目的投资占总投资的比重；

ER_i为第i项投资的期望利润率；

X_i为第i项投资的决策变量；

σ_i^2为第i项投资的方差；

ρ_{ij}为第i项投资与第j项投资的相关系数；

I_i为第i项投资的投资额；

N为投资限额；

Z为总投资的期望利润率；

F为总投资风险。

2.4 模型的求解

利用妥协约束法，对此多目标规划进行求解。

第一，解线性规划$\max Z=\sum\limits_{i=1}^{n}S_i\cdot ER_i\cdot X_i$

$$\text{s.t}\begin{cases}\sum\limits_{i=1}^{n}I_i\cdot X_i\leqslant N\\ X_i=0,1\quad i=1,2,\cdots,n\end{cases}$$

得到最优解$X^{(1)}$及相应的$Z^{(1)}$值。

第二，解线性规划$\min F=\sum\limits_{i=1}^{n}\sigma_i^2X_i^2+2\sum\limits_{i=1}^{n-1}\sum\limits_{j=1}^{n}\sigma_i\sigma_j\rho_{ij}X_iX_j$

$$\text{s.t}\begin{cases}\sum\limits_{i=1}^{n}I_i\cdot X_i\leqslant N\\ X_i=0,1\quad i=1,2,\cdots,n\end{cases}$$

得到最优解$X^{(2)}$及相应的$F^{(1)}$值。

第三，构造妥协约束R^1：$w_1[Z-Z^{(1)}]-w_2[-(F-F^{(1)})]=0$，其中$X$满足约束条件s.t；$w_1$、$w_2$为权重，由投资者给出，它反映了投资者的风险类型。

第四，解线性规划$\max\limits_{X\in R^1}Z$，或解$\min\limits_{X\in R^1}F$，所得到的解即为妥协解。

3 计算实例

某风险投资机构有6个待投资项目，该机构通过实地考察、市场调查以及专家调查，得出各投资项目的评价指标值$X_i(k)$，各投资项目在参考数列条件下的利润R_{0i}，以及各投资项目的投资额I_i，见表1，表2。求哪些项目的组合最能满足投资者的要求。该风险投资机构的资金限额为1 800万元。

第一，将各投资项目的指标值与参考数列的指标值相减，获得$\Delta i(k)$，找出$\min\limits_i\min\limits_k\Delta i(k)$与$\max\limits_i\max\limits_k\Delta i(k)$，利用公式(1)，可求得关联系数$\zeta_i(k)$，见表3。

第二，通过专家调查，获得该评价体系各层次的判断矩阵，见表4、表5、表6、表7。

表 1

指标	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
C_1	4	2.9	2.5	2.6	3.1	2.5	2.7
C_2	4	1.4	2.0	1.8	1.8	2.0	1.6
C_3	4	2.9	2.7	2.6	2.8	2.5	2.6
C_4	4	1.5	2.2	1.7	1.7	2.1	1.9
C_5	4	2.0	2.1	1.9	1.6	2.6	2.1
C_6	4	3.0	2.8	2.4	2.0	1.7	1.9
C_7	4	2.8	2.5	2.3	2.0	2.2	2.7
C_8	4	2.5	2.0	2.0	3.0	3.1	3.0
C_9	4	3.2	2.7	3.1	3.0	2.9	2.8
C_{10}	4	3.5	2.8	3.4	3.1	2.8	2.9
C_{11}	4	1.2	1.9	1.4	1.9	2.1	2.0
C_{12}	4	1.4	1.9	1.5	1.3	2.2	1.9
C_{13}	4	1.6	2.5	2.6	2.5	1.8	2.5

表 2 单位:万元

X_i	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
I_i	900	400	750	650	500	550
R_{0i}	250	95	200	160	110	120

表 3

	ζ_1	ζ_2	ζ_3	ζ_4	ζ_5	ζ_6
C_1	0.76	0.66	0.68	0.83	0.66	0.70
C_2	0.48	0.56	0.53	0.53	0.56	0.50
C_3	0.76	0.70	0.68	0.73	0.66	0.68
C_4	0.49	0.59	0.51	0.51	0.58	0.54
C_5	0.56	0.58	0.54	0.5	0.68	0.58
C_6	0.79	0.73	0.63	0.56	0.51	0.54
C_7	0.73	0.66	0.61	0.56	0.59	0.70
C_8	0.66	0.56	0.56	0.79	0.83	0.79
C_9	0.86	0.70	0.83	0.79	0.76	0.73
C_{10}	1	0.73	0.95	0.83	0.73	0.76
C_{11}	0.45	0.54	0.48	0.54	0.58	0.56
C_{12}	0.48	0.54	0.49	0.46	0.59	0.54
C_{13}	0.5	0.66	0.68	0.66	0.54	0.66

表 4

A	B_1	B_2	B_3	B_4
B_1	1	4	1/2	3
B_2	1/4	1	1/5	1/3
B_3	2	5	1	3
B_4	1/3	3	1/3	1

表 5

B_1	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	1	4	2	3	3
C_2	1/4	1	1/3	1/2	1/2
C_3	1/2	3	1	3	3
C_4	1/3	2	1/3	1	2
C_5	1/3	2	1/3	1/2	1

通过计算,获得各指标的综合权重,见表 8。

第三,将上述关联系数值与综合权重带入公式(2),求得各项目的关联度,即成功概率 P_i,从而也可计算出各项目的方差 σ_i^2,见表 9、表 10。

表 6

B_2	C_6	C_7	C_8
C_6	1	2	1/2
C_7	1/2	1	1/2
C_8	2	2	1

表 7

B_3	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
C_9	1	4	3	3
C_{10}	1/4	1	1/3	1/3
C_{11}	1.3	3	1	2
C_{12}	1/3	3	1/2	1

表 8

A	B_1	B_2	B_3	B_4	综合权重
	0.31	0.073	0.461	0.156	
C_1	0.388				0.12
C_2	0.077				0.024
C_3	0.28				0.0868
C_4	0.144				0.045
C_5	0.111				0.034
C_6		0.312			0.023
C_7		0.198			0.014
C_8		0.49			0.036
C_9			0.495		0.228
C_{10}			0.086		0.04
C_{11}			0.242		0.112
C_{12}			0.177		0.082
C_{13}				1	0.156
CI	0.039	0.027	0.049	0	0.03665
RI	1.12	0.58	0.9	0	0.80444
CR	0.03	0.05	0.05	0	0.05

表 9

X_i	P_i	X_i	P_i	X_i	P_i
X_1	0.666	X_3	0.6632	X_5	0.6481
X_2	0.6427	X_4	0.6791	X_6	0.6565

表 10

X_i	σ_i^2	X_i	σ_i^2	X_i	σ_i^2
X_1	0.224	X_3	0.2234	X_5	0.2281
X_2	0.2296	X_4	0.2179	X_6	0.2256

第四,将表 1 中数据带入公式(3),求得 $G_i(k)$;再将 $G_i(k)$ 带入公式(4),求得项目间的改进关联度 $\sigma(X_i,X_j)$,构成下列矩阵。

$$\sigma(X_i,X_j)=\begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ 0.805 & 1 & & & & \\ 0.868 & 0.875 & 1 & & & \\ 0.818 & 0.831 & 0.877 & 1 & & \\ 0.749 & 0.865 & 0.804 & 0.8395 & 1 & \\ 0.814 & 0.895 & 0.851 & 0.884 & 0.894 & 1 \end{bmatrix}$$

表 11

X_i	$\text{sgn}(\lambda_i/\lambda_k)$	X_i	$\text{sgn}(\lambda_i/\lambda_k)$	X_i	$\text{sgn}(\lambda_i/\lambda_k)$
X_1	−1	X_3	1	X_5	−1
X_2	−1	X_4	−1	X_6	1

第五,将表 1 中的数据带入公式(5)、(6),分别计算 λ_i 与 λ_k,并将这些值带入公式(7),见表 11。

由此可以看出,项目 1、2、4、5 之间是正相关,它们与项目 3、6 负相关,从而可以求出 ρ_{ij}。

第六,将以上结果带入模型。

$$\max Z=\frac{1}{900X_1+400X_2+750X_3+650X_4+500X_5+550X_6}\times(0.666\times250X_1+0.6427\times95X_2+0.6632\times200X_3+0.6791\times160X_4+0.6481\times110X_5+0.6565\times120X_6)$$

$$\min F=0.224X_1+0.2296X_2+0.2234X_3+0.2179X_4+0.2281X_5+0.2255X_6+0.3638X_1X_2-0.3870X_1X_3+0.3601X_1X_4+0.3374X_1X_5-0.3646X_1X_6-0.3963X_2X_3+0.3717X_2X_4+0.3959X_2X_5-0.4073X_2X_6-0.3870X_3X_4-0.3630X_3X_5+0.382X_3X_6+0.3743X_4X_5-0.3919X_4X_6-0.4055X_5X_6$$

$$\text{s.t}\begin{cases}900X_1+400X_2+750X_3+650X_4+500X_5+550X_6\leqslant 1\,800\\ X_i=0,i=1\cdots6\end{cases}$$

利用妥协约束法,求得:$X^{(1)}=(1,0,1,0,0,0)$,$Z^{(1)}=18.13\%$,$F_{X^{(1)}}=6.04\%$;$X^{(2)}=(0,,0,0,1,0,1)$,$F^{(1)}=3.79\%$,$Z_{X^{(2)}}=15.62\%$。

假如投资者是风险中性的,即 $w_1=w_2=0.5$,则构造的妥协约束条件 R^1 为:

$0.5[Z-Z^{(1)}]-0.5[-(F-F^{(1)})]=0$。

解 $\max\limits_{X\in R^1} Z$,求得妥协解 $X^*=(0,0,1,1,0,0)$,$Z^*=17.24\%$,$F^*=5.43\%$。

所以,取项目 3、4 能够满足投资者的收益和风险要求。

参考文献:

[1]周欢,李晓琴.风险投资的多目标模糊决策分析[J].武汉水利电力大学学报(社会科学版),2000,(9).

[2]樊治平.高新技术企业风险投资的一种决策方法[J].东北大学学报(自然科学版),1999,(2).

[3]张辉,晏敬东.风险投资中组合投资机理的微观分析[J].当代经济,2002,(7).

[4]邓刚毅,许剑勇,周斌.风险投资组合的线性规划模型[J].数学的实践与认识,1999,(1).

(责任编辑:曙 光)