

第七届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛

承诺书

我们仔细阅读了第七届“认证杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们接受相应处理结果。

我们允许数学中国网站(www.madio.net)公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛队号为：1051

参赛队员（签名）：

队员 1：

队员 2：

队员 3：

参赛队教练员（签名）：

参赛队伍组别：本科组

第七届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛

编号专用页

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）：

1051

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

2014 年第七届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛第二阶段论文

题 目 土地储存方案的风险评估

关 键 词 差异性分析、聚类分析、BP 神经网络分类、
综合评价模型、改进的一次二阶矩方法

摘 要

本文基于土地储存方案的评分指标和理化指标，建立了差异性分析模型、聚类分析模型、BP 神经网络分类模型、综合评价模型，对 5 个部门的评分结果差异性进行了分析，并进行可信度的比较，对 74 个土地储存方案进行了分类，分析各理化指标和评分指标的联系，论证了用理化指标和评分指标综合评价土地储存方案的可行性，建立更高可信度的模型，并通过改进的一次二阶矩方法，单独对各个指标进行敏感度分析，最后在不影响评价模型的基础上，给出各个指标的合理变化范围。

对于问题三，为了判断 5 个部门评分有无显著性差异，首先进行了异常数据处理以及数据的正态性检验，建立基于秩和检验的显著性差异分析模型，得到在 $\alpha = 0.05$ 的置信水平下，5 个部门对于土地储存方案存在显著性差异的结论。为了讨论哪个部门结果更可信，建立基于差异系数和克隆巴赫系数的可信度比较模型，讨论了外部一致性和内部一致性的关系，得到了监审部和财务部可信度最高。由于 5 个部门评价结果差异性较大，为了衡量 74 个土地储存方案的风险程度，根据 8 个风险指标进行聚类分析，把 74 个土地储存方案分成四类，并用 BP 神经网络分类模型进行预测，其预测结果准确性较高，那么就可以建立一套理论指标的神经网络分类模型。但由于 BP 神经网络是黑箱子操作，难以对模型进行灵敏度的分析，在这基础上，本文分析了评分指标和理化指标的关联，建立了更为合理的综合评价模型：

$$Y = 2.585715616 X_1 + 1.737577837 X_2 + 0.938285493 X_3 + 3.40917278 X_4 + 3.297730716 X_5$$

对于问题四，为了在不影响评价模型的基础上，给出各个指标的合理变化范围，本文对问题三中的综合评价模型进行了灵敏度分析。首先对多元线性方程中的变量进行正态性检验，得到在 $\alpha = 0.05$ 的置信水平下，5 个因子变量都服从正态分布的结果。于是进行改进一次二阶矩法（AFOM 法）的可靠性敏感度分析，最后采用控制变量法思想，单独对各个指标进行敏感度分析，得到 5 个因子变量的可变化区间分别是：(0.31,0.52) (0.27,0.49) (0.01,0.25) (0.51,0.72) (0.49,0.70)

参赛队号： #1051

所选题目：C 题

参赛密码 _____
(由组委会填写)

Risk assessment of land storage solutions

Abstract

Based on consumer surplus land storage solutions ratings indicators and physical and chemical indicators , the establishment of a model difference analysis , cluster analysis model , BP neural network classification model , comprehensive evaluation model, the five departments difference score results were analyzed , and compare the credibility of the 74 land storage solutions classify , analyze links between physical and chemical indicators and scoring indicators demonstrate the feasibility of using physical and chemical indicators and scoring index comprehensive evaluation of land storage solutions , the establishment of credible higher degree model, and through improved FOSM method , sensitivity analysis was performed separately for each indicator does not affect the basis of the final evaluation model, given a reasonable range for each indicator . For question three , in order to determine the five departments rated whether there were significant differences , first abnormal data processing and data normality test to establish significant differences analysis models rank sum test based on obtained in the confidence level 5 departments Conclusion significant differences exist for land storage solutions . Which department in order to discuss the results more credible , to establish the difference coefficient and Cronbach coefficient model based on the credibility of comparison , discussed the relationship between external coherence and internal consistency of supervision and examination department got the highest reliability and the Ministry of Finance . As the five departments of large difference of evaluation results , in order to measure the degree of risk of 74 land storage solutions , according to the eight risk indicators cluster analysis , the 74 land storage solutions into four categories , and BP neural network forecasting model its prediction accuracy is higher , then you can set up a theoretical model of neural network classification index . However, due to the BP neural network is a black box operation , it is difficult to analyze the sensitivity of the model , on this basis , this paper analyzes the relevance score indicators and physical and chemical indicators , the establishment of a more reasonable comprehensive evaluation model :

$$Y = 2.585715616 X_1 + 1.737577837 X_2 + 0.938285493 X_3 + 3.40917278 X_4 + 3.297730716 X_5$$

For questions Fourth, in order not to affect the basis of the evaluation model, given a reasonable range of each index , in this paper, the problem of three comprehensive evaluation model sensitivity analysis . First, multi- variable linear equations normality test , get under the confidence level 5 factor variables are normally distributed results. So to improve FOSM (AFOM Act) reliability sensitivity analysis , and finally the use of the control variable method of thought, separate sensitivity analysis of various indicators , get five factor variables can change intervals are: (0.31 , 0.52) (0.27,0.49) (0.01,0.25) (0.51,0.72) (0.49,0.7

1 问题的重述

1.1 问题的背景

土地储备，是指市、县人民政府国土资源管理部门为实现调控土地市场、促进土地资源合理利用目标，依法取得土地，进行前期开发、储存以备供应土地的行为。土地储备工作的具体实施，由土地储备机构承担。这几年来，通过实施土地收储及招拍挂方案，在多个方面起到积极作用。但是，土地收储也成为金融风险的关键环节。由于在土地收储过程中，需要动用大量的资金，而这种资金如果单纯依靠有限的财政资金是不现实。再加上，当前我国的金融产品较为单一，土地银行、土地债券、土地信托等新型的金融产品至今仍待字闺中。于是在地方政府及其财政背书的情况下，土地收储机构往往大量利用银行的授信贷款、抵押贷款等各种渠道的信贷资金收储土地。而这些资金在土地市场活跃向好的情况下，风险不易显现。而当土地市场疲软之时，极易因所收储的土地无法变现而导致金融风险的集中暴发。

1.2 要解决的问题

1、根据专家对附件二中的 74 个项目的评分结果，对第一阶段的风险评估方法进行修正，使模型达到更高的可信程度。

2、附件二中的一些指标列的取值是会随着时间的变化而变化的。当某些指标的变化足够大时，原有的评估结果已不再适用，可能需要对项目重新进行评估。现需建立数学模型，求出在风险评估方法中使用到的一些指标的允许变化范围。

2 问题的分析

2.1 问题三的分析

本小题在结合 5 个部门的专家评分后，对第一阶段的风险评估方法进行修正。考虑到各个部门的评分标准可能不一样，需要对 5 个部门的评分结果进行显著性差异分析，只要满足相关性的显著性检验，可以认为 5 个部门的评分标准一致，否则，认为 5 个部门的评分存在差异性，此时，需对评分结果进行可信度比较，内部一致性和外部一致性越大，可信度越高。然后选取可信度高的部门的评分结果，通过聚类分析的方法对 74 个项目进行分级，最后，结合 8 项风险因素进行综合评价，由于指标较多，需要先对 8 项风险指标使用主成分分析对其进行降维处理。综合考虑主观因素和客观因素后，建立多元线性方程，从而得到一个可信度更高的综合评价模型。

2.2 问题四的分析

本小题在基于问题三中的综合评价模型，首先需要对模型中多元线性方程的变量进行正态性检验，若检验结果为服从正态分布，将采用 AFOM 法（改进一次二阶矩法）进行可靠性敏感度分析；否则，则可以采用 R-F 法进行可靠性敏感度分析。得到各类指标的可靠性灵敏度后，为了给出在风险评估方法中使用到的一些指标列的允许变化范围，我们给模型设定一个阈值，然后我们利用各类指标之间的线性关系，建立优化模型，最后采用控制变量法思想，单独对各个指标进行敏感度分析，最后在不影响评价模型的基础上，给出各个指标的合理变化范围。

3 模型的假设

- (1) 假设政府或土地储备中心对土地储备政策不变；
- (2) 假设银行对土地债券、土地信托等新型的金融产品政策不变。
- (3) 假设各个项目之间相互独立。
- (4) 假设不受自然灾害、全球金融危机等不可抗力因素的影响。
- (5) 假设不同年份的土地储备制度和市场环境没有大的改变。

4 符号的说明

FNPV	财务净现值	CI	现金流出量
FIRR	财务内部收益率	CO	现金流入量
Pt	动态回收周期	i_c	基准收益率
$risk_i$	第 <i>i</i> 个风险因素	η	贷款通过率
a_{x_k}	同一部门对编号为 <i>k</i> 的项目评分结果的克隆巴赫系数	$C.V_{x_k}$	同一个部门对项目 <i>k</i> 的评分结果的变异系数

由于本文使用的符号数量较多，故这里只给出了部分比较重要的符号，在行文中出现的其他符号时会加以说明。

5 模型的建立与求解(问题三)

5.1 缺失数据的补充及异常数据的处理

数据的缺失和异常很大可能会影响到模型的建立和求解，一批数据中的异常值值得关注，忽视异常值的存在是十分危险的，不加剔除地把异常值包括进行数据的计算分析过程中，对结果会带来不良影响；重视异常值的出现，分析其产生的原因，常常成为发现问题进而改进决策的契机。因此，在建模前需对数据进行处理。

观察附件三中的表格发现，监审部的第 26 个项目、财务部的第 69 个项目的评分数据缺失，于是我们可以对 5 个部门的评分进行相关性分析，相关性分析结果如表 1：

表 1 各部门专家评分的相关性分析表

Correlations

		监审部	储备部	财务部	开发管理部	市场交易部
监审部	Pearson Correlation	1	.200	.104	-.097	.082
	Sig. (2-tailed)		.087	.376	.413	.487
	N	74	74	74	74	74
储备部	Pearson Correlation	.200	1	.143	-.007	.219
	Sig. (2-tailed)	.087		.225	.950	.061
	N	74	74	74	74	74
财务部	Pearson Correlation	.104	.143	1	.425**	.300**
	Sig. (2-tailed)	.376	.225		.000	.009
	N	74	74	74	74	74
开发管理部	Pearson Correlation	-.097	-.007	.425**	1	.306**
	Sig. (2-tailed)	.413	.950	.000		.008
	N	74	74	74	74	74
市场交易部	Pearson Correlation	.082	.219	.300**	.306**	1
	Sig. (2-tailed)	.487	.061	.009	.008	
	N	74	74	74	74	74

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

由分析结果可得监察部与其他四个部门相关性不大，难以通过其他部门进行估计，在后面的分析中我们就会发现，第 26 个项目的主成分因子与其他项目的主成分因子高度正相关，故可以估算监察部对该项目的评分大致为 6；而财务部与开发管理部、市场交易部具有一定的相关性，且显著性有效，那么我们可以根据这两个部门的评分和自身评分水平来估计财务部的第 69 个项目进行评分，

具体估算值为：
$$\left(\frac{0.426}{0.426+0.301} \times \frac{d_{69}}{u_d} + \frac{0.301}{0.426+0.301} \times \frac{e_{69}}{u_e} \right) \times u_c \approx 7.69$$
，四舍五入取估

算值为 8。

在箱线图中，上（ Q_3 ）下（ Q_1 ）四分位数分别确定出中间箱体的顶部和底部，箱体中间的粗线是中位数所在的位置，由箱体向上下伸出的垂直部分为“触须”，表示数据的散布范围，最远点 1.5 倍四分位数间距，超过此范围的点称为异常值点。如图 1 所示。

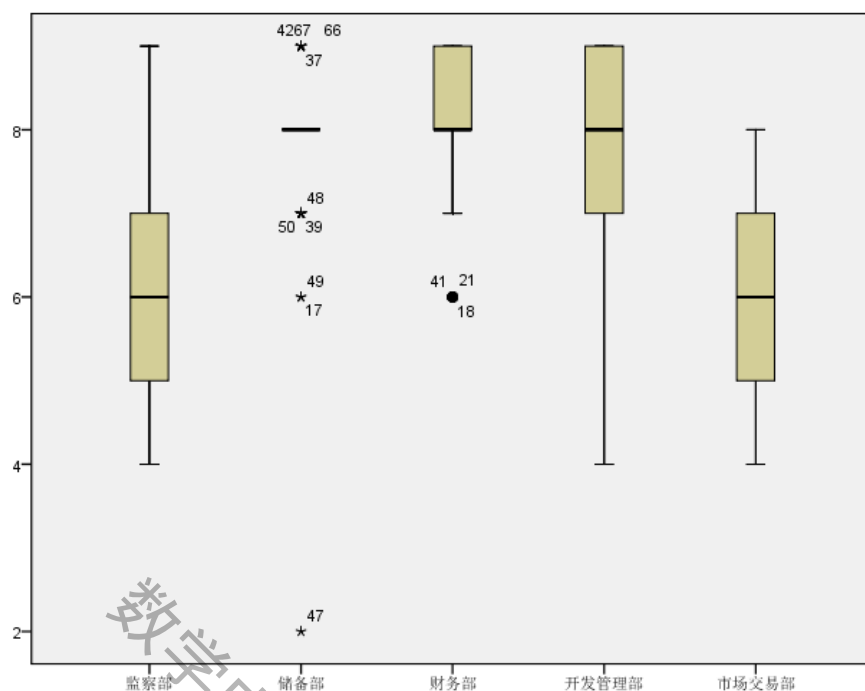


图1 各部门专家评分箱线图

由图1可以观察到销售部第47个项目的评分为“2”，远远低于其他项目的评分，可视为无效数据，将其去除。

5.2 风险划分

城市土地储备风险，是指城市土地储备运营过程由于各种事先无法预料的不确定因素带来的影响，使土地储备的实际收益与预期收益发生一定偏差，从而有蒙受损失和获得额外收益的机会或可能性，或者造成相应城市、环境与社会等问题的可能性。城市土地储备风险的正确甄别与有效规避，是土地储备工作实践面临的重要问题，也是土地储备制度完善急需解决的关键问题。根据风险的来源、表现形式、风险损益特征等异同，土地储备风险可划分为五类，即规划风险、效益风险、资金风险、社会风险和可持续发展风险，并对附件二提供的数据进行归类，归类结果如表2所示。

表2 风险类型与对应指标分布表

风险类型	风险指标	
规划风险	项目规划用途	$risk_{li} = \begin{cases} 0.25, & \text{土地用途为3.5} \\ 0.5, & \text{土地用途为4.6} \\ 0.75, & \text{土地用途为1.2} \end{cases}$

效益风险	财务净现值 (FNPV)	$risk_2 \propto \frac{1}{FNPV}$
	财务内部收益率 (FIRR)	$risk_3 \propto \frac{1}{FIRR}$
	动态回收周期 (Pt)	$risk_4 \propto P_t$
资金风险	盈亏平衡点	$risk_5 \propto \frac{C_{总}}{R_{总}}$
	财务内部收益率的敏感性	$risk_6 \propto \left(\left \frac{\Delta FIRR_1}{FIRR} \right + \left \frac{\Delta FIRR_2}{FIRR} \right \right)$
	贷款通过率	$risk_{7i} \propto \frac{1}{\eta}$
社会风险	涉及拆迁补偿人口	$risk_{8i} = \begin{cases} \frac{1}{3}, k_3 = 0, \text{即无拆迁人口} \\ \frac{2}{3}, k_3 = 1, \text{即有拆迁人口} \end{cases}$
可持续发展 风险		

5.2.1 规划风险

土地储备是在一定的土地利用方式与利用强度下进行的, 储备地块的价格与出让方式很大程度上受城市规划、土地规划所划定的用地性质、容积率等限制, 如果在地块被储备而未出让期间, 城市规划、土地利用总体规划进行了修订, 导致用地性质、容积率变化, 或土地政策与城市建设方针变动, 甚至地方行政部门职能变动与行政领导变动, 都可能引起土地储备风险。具体内容分为: 商业用地、工业用地、住宅用地、综合用地。

商业用地是指规划部门根据城市规划所规定该宗地块的用地性质是用于建设商业用房屋, 出让后用地的使用年限为 40 年。

住宅用地就是土地用途为住宅建设, 出让的使用年限为 70 年。

工业用地指工矿企业的生产车间、库房及其附属设施等用地, 包括专用的铁路、码头和道路等用地。不包括露天矿用地, 该用地应归入水域和其他用地类。

综合用地是指不同用途的土地 (如商业、工业、住宅等) 所构成的土地。而商业用地是指用于商业开发的土地。用途不同商业、工业、住宅用地的区别主要是取得方式、使用年限和土地价格不同。

商业用地的税收, 比工业用地多。一般的商业用地大概在城区以内, 受的限制性的条令更多些, 故商业用地的风险比工业用地大。

商业相对住宅用地补偿高, 如果遇到拆迁开发完成后可以要求补偿商铺, 而且最高使用年限也比住宅用地少, 故商业用地的风险比住宅用地小。

综合用地具有降低风险的功能, 应为风险中最小的规划风险。

因此, 风险由小到大顺序为:

商业、住宅、综合用地(2)>综合用地(>6)>商业、住宅用地(3)>工业用地(1)>商业用地(4)>住宅用地(5)。据此对其进行等级划分，如表 3：

表 3 土地类型等级表

规划风险	工业用地 (1)	商业、住宅、综合 用地(2)	商业用地 (4)	综合用地 (>6)	商业、住宅用地(3)	住宅用地 (5)
$\bar{R}_{\text{收益}}$	2.547	2.499	4.997	5.317	8.990	7.261
$\bar{R}_{\text{收益}}$	2.518158		5.210535		8.651192	

由表 3 可知，土地规划用途为 3、5 时，平均收益 $\bar{R}_{\text{收益}} = \frac{R_{\text{总}}}{S_{\text{总}}/100}$ 最大，土地规划用途为 1、2 时平均收益最小。

$$\text{所以令, } risk_{li} = \begin{cases} 0.25, & \text{土地用途为3,5} \\ 0.5, & \text{土地用途为4,6} \\ 0.75, & \text{土地用途为1,2} \end{cases}, \text{其中: } k_l = \begin{cases} 1, & \text{土地用途为类型3,5} \\ 2, & \text{土地用途为类型4,6} \\ 3, & \text{土地用途为类型1,2} \end{cases}$$

5.5.2 效益风险

土地储备作为一种政府行为，其追求的效益不止是经济效益，同时要兼顾环境治理、提升投资环境、解决群众困难、促进地方发展等多方利益，因此其效益是综合性的。土地储备所带来的不仅是积累大量资金这样的经济效益，还有其他很多社会效益与带动效益。例如为了公共利益而进行的土地储备可能资金效益较少甚至会出现负效益，但其社会效益明显；而为了房地产开发而进行的土地储备虽资金收益明显，却有可能引起环境污染等有损公共利益的问题。因此，必须重视其经济效益与社会效益的平衡与协调，如果各种效益间的平衡与协调被打破，就意味着产生了土地储备效益风险。

由以上分析知，附件 2 的财务净现值（FNPV）、财务内部收益率（FIRR）、动态回收周期（Pt）属于效益风险因素。

①财务净现值是项目经济评价中最重要的动态指标之一，财务净现值是指按设定的折现率（一般采用基准收益率 i_c ）计算的项目，计算期内净现金流量的现值之和，它表明在考虑了货币的时间价值之后，以净现值表示的项目寿命期内的净收入总额。其计算公式如下：

$$FNPV = \sum_{t=0}^n (CI - CO)_t (1 + i_c)^{-t}$$

计算财务净现值的折现率是衡量项目投资盈利能力的重要标准，一般情况下折现率会选取行业或公司的基准收益率或长期贷款利率。目前我国土地储存部门的基准收益率 i_c 一般取 10%。

财务净现值的判断标准有三种情况：

(1) 财务净现值 >0 , 说明项目获利能力不但可以达到期望的基准收益率, 还可以获得剩余的盈利(又称为超额利润);

(2) 财务净现值 $=0$, 说明项目获利能力刚好达到期望的盈利标准, 属于边缘项目;

(3) 财务净现值 <0 , 说明项目没有达到期望的盈利水平, 财务上不可行。

所以 $risk_2 \propto \frac{1}{FNPV}$, 财务净现值越大, 风险越小, 风险与财务净现值成反比。

②财务内部收益率指能使项目计算期内净现金流量现值累计等于零时的折现率, 它反映以项目每年的净收益归还投资后, 所获得的最大投资利润率, 表明项目整个寿命期内的实际收益率, 也就是项目内部潜在的最大盈利能力, 因此被称为内部收益率。其计算公式如下:

$$\sum_{t=0}^n (CI - CO)_t (1 + FIRR)^{-t} = 0$$

式中 CI 代表现金流入; CO 代表现金流出; $CI - CO$ 代表第 t 年的现金流量; n 代表项目的计算期。

$$\text{即: } FNPV_0 + FNPV_1(1 + FIRR)^{-1} + FNPV_2(1 + FIRR)^{-2} = 0$$

$$\text{解得 } FIRR = \frac{-2FNPV_0 - FNPV_1 \pm \sqrt{FNPV_1^2 - 4FNPV_0 FNPV_2}}{2FNPV_0}$$

财务内部收益率表明项目总投资支出所能获得的实际最大利润率, 也就是不考虑项目经营本身资金增值的前提下, 使企业收支平衡时可接受的最大利息率。这是项目接受贷款利率的最高临界点。如果贷款利率高于财务内部收益率, 则项目投资就要造成亏损, 因此长期贷款利率应低于 $FIRR$; 同时内部收益率应大于或等于本行业或本公司确定的期望值, 即基准收益率, 同时满足两个条件, 则认为项目在财务上是可行的。由于各行业的基准收益率一般都高于长期贷款利率, 因此通常情况下判定财务内部收益率高于基准收益率即可。

由此可得, $risk_3 \propto \frac{1}{FIRR}$, 财务内部收益值越大, 风险越小, 风险与财务内部收益值成反比。

③动态投资回收期是把投资项目各年的净现金流量按基准收益率折成现值之后, 再来推算投资回收期, 这就是它与静态投资回收期的根本区别。动态投资回收期就是净现金流量累计现值等于零时的年份。

$$P_t = (\text{累计折现值出现正值的年份} - 1) + \frac{\text{上一年累计折现值的绝对值}}{\text{出现正值的年份的折现值}}$$

所以认为 $risk_4 \propto P_t$, 即动态回收周期越大, 风险越大, 风险与动态回收周期成正比。

5.2.3 资金风险

城市土地储备的启动需要巨额资金。目前各地土地储备资金主要有三个来源：政府财政拨款、储备中心自有资金和银行贷款。由于政府拨款与自有资金极其有限，绝大部分资金都来源于商业银行贷款，造成借贷资金比例太大，增加了实现经济目标的不确定性及风险水平。同时由于土地储备周期长，银行对土地储备贷款又严格限制，因此资金在流通过程中存在着由于利率变动、收入变动等产生的偿还风险。这些便是土地储备的资金风险。资金风险主要在三个部门中产生，即政府部门资金风险、土地储备中心资金风险和银行资金操作风险。

具体来说盈亏平衡点和财务内部受益率的敏感度很好的反映了资金风险。

①盈亏平衡点（Break Even Point，简称 BEP）又称零利润点、保本点、盈亏临界点、损益分歧点、收益转折点。通常是指全部销售收入等于全部成本时的产量。以盈亏平衡点的界限，当销售收入高于盈亏平衡点时企业盈利，反之，企业就亏损。

根据附件 2 的数据，预期收益 $R_{\text{总}}$ 和预期成本 $C_{\text{总}}$ 有如下关系：

$$49.9095\% < \frac{C_{\text{总}}}{R_{\text{总}}} < 82.7952\% < 100\%, \text{ 且 } E\left(\frac{R_{\text{总}}}{C_{\text{总}}}\right) = 67.52\%, \text{ 即如果土地出让权}$$

价格不变，只要如让达到预期收益的 82.7952%，即 $82.7952\% R_{\text{总}} = C_{\text{总}}$ ，就可以保本。

因此令第五个风险因素为盈亏平衡点，由以上分析有： $risk_5 \propto \frac{C_{\text{总}}}{R_{\text{总}}}$ ，即 $\frac{C_{\text{总}}}{R_{\text{总}}}$ 越小，风

险越小，风险与盈亏平衡点成正比。

②敏感性分析是指从定量分析的角度研究有关因素发生某种变化对某一个或一组关键指标影响程度的一种不确定分析技术。其实质是通过逐一改变相关变量数值的方法来解释关键指标受这些因素变动影响大小的规律。

根据附近 2 的数据，当土地收购开发成本+3%时，内部收益率增减幅度为 $\frac{\Delta FIRR_1}{FIRR}$ ，土地收入-3%时，内部收益率增减幅度为 $\frac{\Delta FIRR_2}{FIRR}$ 。很显然内部收益率增减幅度 $\frac{\Delta FIRR}{FIRR}$ 越大，则抗风险能力越弱，则风险越大。即

$$risk_6 \propto \left(\left| \frac{\Delta FIRR_1}{FIRR} \right| + \left| \frac{\Delta FIRR_2}{FIRR} \right| \right)$$

③贷款通过率 η 是指银行批复额度 $m_{\text{通过}}$ 与申请贷款额度 $m_{\text{申请}}$ 的比值。且银行在贷款时会考虑信贷风险，巨额不良贷款会产生严重后果，所以银行全部批复表明银行认为该项目风险小，没有全部批复的说明银行认为该项目有风险^[6]。即贷

$$\text{款通过率 } \eta = \frac{m_{\text{通过}}}{m_{\text{申请}}}$$

另外，根据附件 2 数据得到表 4；

表 4 是否通过与均值大小应对表

申请是否全部通过	批复贷款占总投资的比例的均值	财务内部平均收益率
是	0.578303083	0.319797
否	0.413740745	0.233618

根据以上分析，银行没有全部批复表明银行认为该项目风险大；银行全部批复表明银行认为该项目风险小。

第 7 个风险因素的风险系数 $risk_{7i} \propto \frac{1}{\eta}$ ，即认为风险与贷款通过率成反比。

5.2.4 社会风险

土地储备过程中牵涉到失地农民安置补偿、地价上升引起的房价上升等问题，如果不能合理处置，将会影响社会稳定。拆迁安置补偿过程中很难做到使全部失地农民满意，可能引起因土地征用、征收、拆迁引起的群众上访、闹事等，增加社会稳定风险。

土地储备工作易受到政府短期行为的行政干预和影响，在经营过程中，由于政府既作为经营者，又作为监督者与管理者，容易产生政府管理职能的“越位”风险。同时，在土地出让、招投标等环节，也容易产生腐败。

目前绝大多数单位都以公平正当的形式获得土地资产进行房产开发和企业建设，但与那些以较低成本获得大量土地的高新技术工业园区、大学城内的企业来说，两者不具备平等的竞争条件，造成经济活动的基础与权利不平等，如果这种不平等不能合理解决，易造成社会公平风险。

由以上分析知，附件 2 的涉及拆迁补偿人口数属于社会风险因素。另外，拆迁成本与拆迁人口数有密切的关系，令，平均成本 $\bar{C}_{\text{成本}} = \frac{C_{\text{总}}}{S_{\text{总}}/100}$ ，与拆迁关

系如表 5：

表 5 是否拆迁与平均成本对应表

是否有拆迁人口	$\bar{C}_{\text{成本}}$ (万元/100m ²)
有	5.44
无	5.12

根据表 5 有，有拆迁的平均成本较没有拆迁的平均成本高，

$$k_3 \begin{cases} 0, & \text{无拆迁人口} \\ 1, & \text{有拆迁人口} \end{cases}$$

当 $k_3 = 0$ 时，令风险系数 $risk_{8i} = \frac{1}{3}$

当 $k_3 = 1$ 时，令风险系数 $risk_{8i} = \frac{2}{3}$

$$\text{因此第二个风险因素的风险系数: } risk_{g_i} = \begin{cases} \frac{1}{3}, k_3 = 0, \text{即无拆迁人口} \\ \frac{2}{3}, k_3 = 1, \text{即有拆迁人口} \end{cases}$$

5.2.5 可持续发展风险

目前土地储备把城市郊区的大量农用地转为城镇建设用地,城市的规模与范围不断扩大,政府官员为追求政绩也普遍有扩大城市建设规模的偏好。如果不对土地储备数量与规模做合理预测与管理,城市规模将无序扩大,导致城市建设规模失控风险。

土地储备过程中,为实现土地收益最大化,不仅征收了近期土地使用费,而且把土地未来收益也收入囊中。政府相关部门把土地批租作为土地有偿使用的基本形式,使政府丧失了后续半个世纪左右时间土地增值的收益权。如果在这期间内,储备出让的规模失衡,则会使政府丧失对城市土地资产的使用权与收益权,这是十分严峻的土地资产枯竭风险。

城市化与工业化的发展必将带来生态环境的破坏,土地储备加速了城市化与工业化的发展,也加速了生态环境的破坏。土地出让开发后,随之会有工业、商业、生活等多方面活动,城市的水资源、绿地资源、教育资源、公共设施等能否满足这些活动的需要,都存在风险。这些造成了土地储备的生态环境风险。

5.3 各部门评价结果的显著性差异分析

5.3.1 显著性差异分析

首先,我们以监审部、储备部、财务部、开发管理部以及市场交易部的专家评价得分作为评价指标,进而比较评价结果有无显著性差异。由于对两组独立样本使用t检验的前提是样本满足独立性、正态性和方差齐性,所以在分析评价结果有无显著性差异前必须对样本的这三个性质进行检验。如果正态性得不到满足,则需要使用秩和检验来分析两组评酒员的评价结果有无显著性差异,如果方差齐性得不到满足,则可以使用秩和检验或者修正t检验来分析5个部门专家的评价结果有无显著性差异,方法的选择如图2所示。

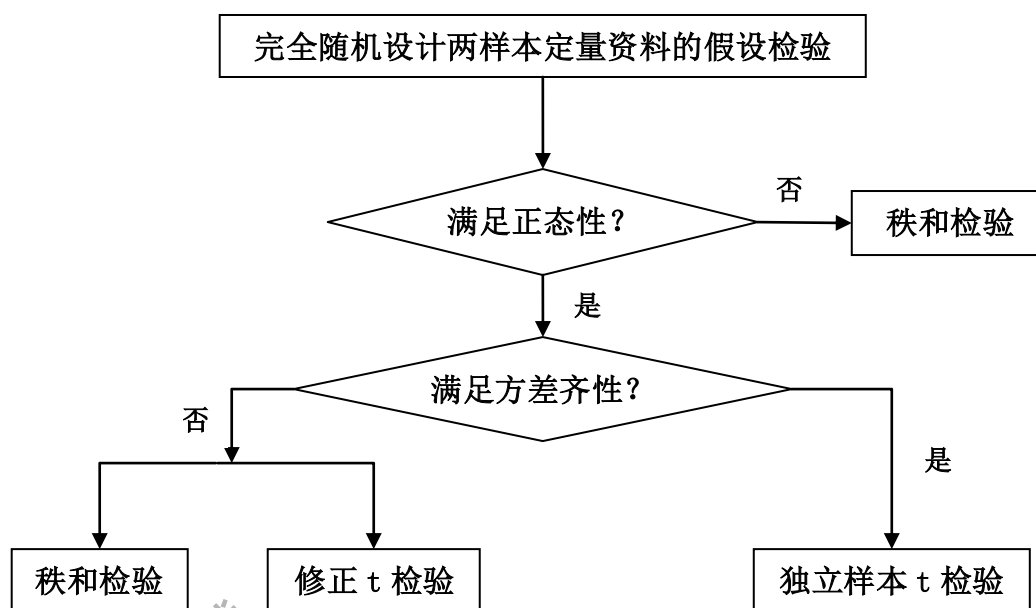


图2：显著性差异分析检验流程图

5.3. 2正态性检验 *Anderson-Darling* 检验

原理：作为一种拟合优度检验算法，*Anderson-Darling* 检验计算样本分布函数 (CDF) 和经验概率密度函数 (EDF) 之间的二次 *Anderson-Darling* 距离来衡量样本是否属于某一特定分布簇，即判断原假设 H_0 是否成立。

Anderson-Darling 距离 A_n^2 如下表达式 (1) 所示：

$$A_n^2 = n \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|F_n(x) - F(x)|^2}{F(x)[1 - F(x)]} dF(x) \quad (1)$$

Anderson-Darling 检验通过比较 A_n^2 和各分布簇临界值大小，在显著度 α 水平下，接受或拒绝原假设 H_0 。

实际工程应用中，常用离散表达式 (2) 来计算 *Anderson-Darling* 距离，式中 $z_i = F(x_i)$ 为概率积分变换 (PIT) 函数。

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_i [(2i-1) \log Z_i + (2n+1-2i) \log(1-Z_i)] \quad (2)$$

Anderson-Darling 杂波分布辨别的流程如下

Step1:提出检验假设:

H_0 : 总体服从正态分布; H_1 : 总体不服从正态分布。

Step2:根据(CDF)表达式,采用极大似然估计(MLE)或矩估计等方法估计参数向量 θ 。

Step3:计算概率积分变换函数 $z_i = F(x_i)$

Step4:根据式(2)计算 Anderson-Darling 距离 A_n^2 : , 查表与备选分布簇临界值比较大小, 若 A_n^2 大于临界值则拒绝 H_0 , 否则在显著性水平 α 下接受原假设 H_0 。

利用 Minitab 统计软件求解结果如下:

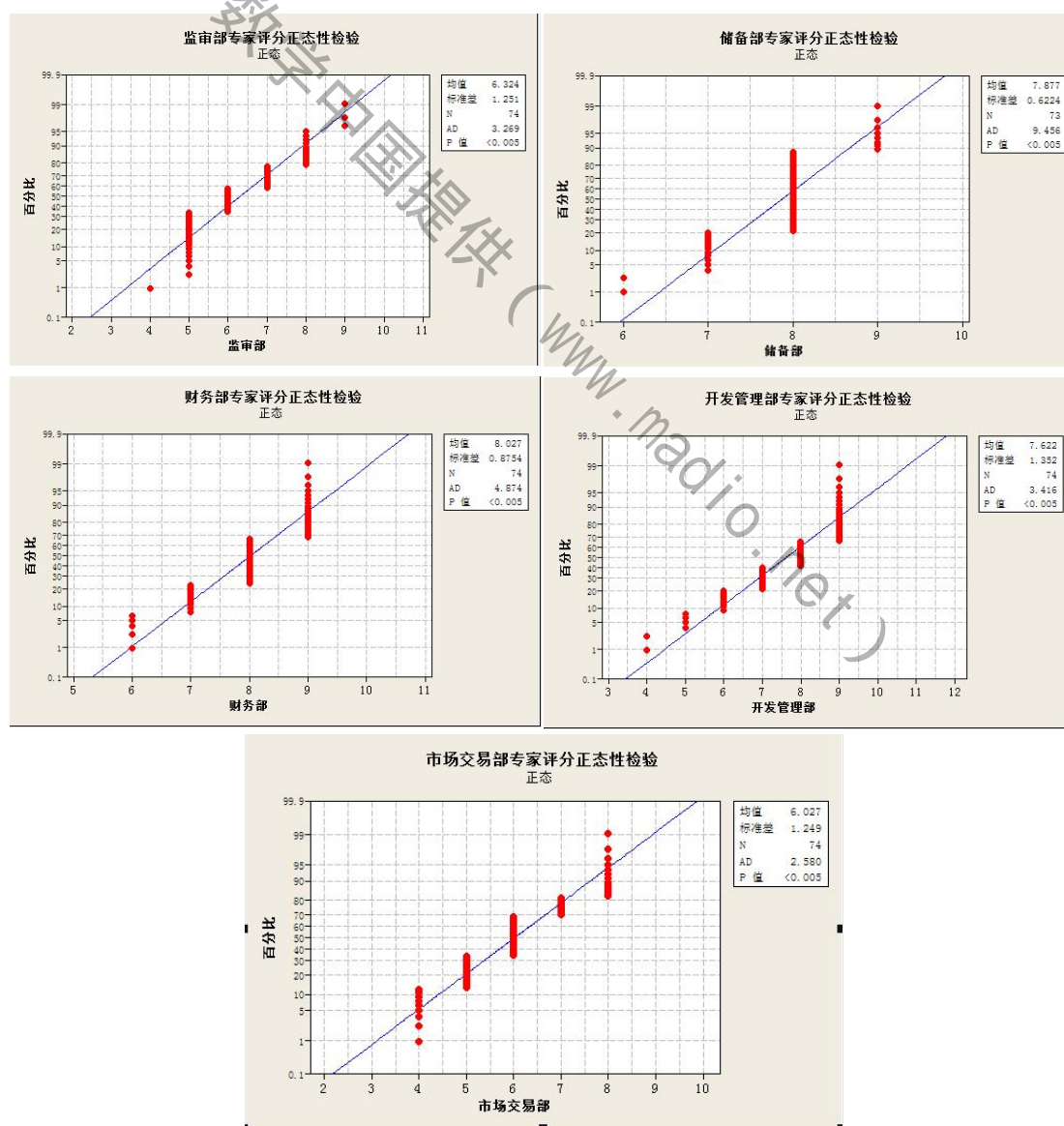


图3 五个部门专家评分的正态性检验

按照以上步骤，对监审部、储备部、财务部、开发管理部以及市场交易部的5个专家评价指标对应的样本进行正态性检验，其结果如表6所示。

表 6 正态性检验结果表

	均值	标准差	N	AD	P 值
监审部	6.324	1.251	74	3.269	<0.005
储备部	7.877	0.6224	73	9.456	<0.005
财务部	8.027	0.8754	74	4.874	<0.005
开发管理部	7.622	1.352	74	3.416	<0.005
市场交易部	6.027	1.249	74	2.580	<0.005

由表6可以看出，在 $\alpha=0.05$ 的置信水平下，监审部、储备部、财务部、开发管理部以及市场交易部的5个部门专家评价指标的样本的正态检验 $p < 0.05$ ，均不满足正态性，所以要考虑使用秩和检验来分析评价结果有无显著性差异。

5.3. 3秩和检验—Friedman 检验：

Friedman 检验步骤如下：

Step1:提出检验假设：

H_0 ：5个部门专家评价水平没有显著性差异

H_1 ：5个部门专家评价水平有显著性差异

Step2:判断样品整体差异的显著性

计算统计量 $F = \frac{12}{JP(P+1)} \sum 3J(P+1)$ ，其中 J =评价员数， P =样品数， R_i = 第 i 个样品的秩和；若允许评价员把不同的样品排在同一秩次，则需要再计算统计量 $F' = \frac{F}{1 - \{E/[JP(P^2-1)]\}}$ ，其中 $E = n_i^3 - n_i$ ，其中 n_i 为第 i 次出现相同秩次的

样品个数。当评价员数较大或样品数大于 x^2 时，统计量 F 或 F' 近似服从自由度为 (样品数-1) 的 x^2 分布。若 F 或 F' 值大于或等于相应的 x^2 值，可以判定比较的样品间有显著性整体差异；反之，若小于相应的 x^2 值，则可以判定比较的样品间无显著性整体差异。

Step3:样品间的多重比较和分组

Friedman 检验常用的多重比较方法有两种：一种是依据我国国家标准规定的通过临界值 $r(I, \alpha)$ 进行多重比较；一种是国际标准和国外资料普遍采用的通过最小显著性差异值 LSD 进行多重比较。

通过临界值 $r(I, \alpha)$ 比较时，首先根据样品的秩和将各样品从大到小以

$n \dots 2, 1$ 初步排序，计算临界值 $r(L, \alpha) = q(I, \alpha) \sqrt{\frac{JP(P+1)}{12}}$ 。其中： $I = |$ 两个样品

初步排序的秩次之差 $| + 1$ ； α 为显著性水平， $q(I, \alpha)$ 值可查相应的表。若比较的两个样品的秩和差大于或等于相应的 r 值，则表示这两个样品之间有显著性差异。反之，若小于相应的 r 值，则表示这两个样品之间无显著性差异。

通过最小显著性差异值 LSD 比较时，首先根据公式

$$LSD = 1.96 \sqrt{\frac{JP(P+1)}{6}} (\alpha = 0.05) \text{ 或 } LSD = 2.58 \sqrt{\frac{JP(P+1)}{6}} (\alpha = 0.01) \text{ 计算临界值,}$$

若比较的两个样品的秩和差大于或等于相应的 LSD 值，则表示这两个样品之间有显著性差异。反之，若小于相应的 LSD 值，则表示这两个样品之间无显著性差异。

利用 *SPSS* 软件进行 *Friedman* 检验结果如表7：

表7 秩

	秩均值
监审部	2.14
储备部	3.67
财务部	3.97
开发管理部	3.47
市场交易部	1.75

表8 检验统计量^a

N	73
卡方	134.03
	9
df	4
渐近显著性	.000

Friedman 检验

由表8可以看出，在 $\alpha = 0.05$ 的置信水平下，监审部、储备部、财务部、开发管理部以及市场交易部的5个部门专家评价指标的样本的 *Friedman* 检验

$p < 0.05$ ，所以5个部门专家评价水平有显著性差异。

5.4 各部门评价结果的可信度比较

“可信度”即结果的“精密度”，表示多次评定结果互相接近的程度。对同一对象的几个评分结果而言，其密集程度越高者，则可信度越高。而对于几个评分系统而言，则还需要比较一个系统对多个对象评分结果的可信度高于另一个系统的比例。

5.4.1 变异系数可靠度计量模型

变异系数（又称“标准差率”）是衡量各检测值变异程度的无量纲量。由于其不需要参照数据的平均值，因此在比较 5 组数据量纲不同或均值不同的数据时，应该用变异系数而不是标准差来作为比较的参考。变异系数越小则表明其外部一致性越大。设 $C.V_{x_k}$ 是同一个部门对项目 k 的评分结果的变异系数。则

$$C.V_{x_k} = \frac{\sigma_{x_k}}{\bar{x}_k} \times 100\%$$

式中， σ_{x_k} 是同一部门对编号为 k 的项目评分结果的标准差， \bar{x}_k 是编号为 k 的项目评分结果的平均值。

利用 EXCEL 算出 5 个部门对同一项目评分的变异系数，得表 9。

表 9 各部门对同一项目评分的变异系数表

变异系数	监审部	储备部	财务部	开发管理部	市场交易部
项目 1	20.71%	10.30%	14.49%	22.38%	20.68%
项目 2	16.79%	8.35%	11.75%	18.14%	16.77%
项目 3	18.82%	9.37%	13.17%	20.34%	18.80%
项目 4	16.79%	8.35%	11.75%	18.14%	16.77%
项目 5	20.71%	10.30%	14.49%	22.38%	20.68%
项目 6	19.41%	9.66%	13.59%	20.98%	19.39%
---	---	---	---	---	---
项目 73	16.35%	8.13%	11.44%	17.67%	16.33%
项目 74	16.35%	8.13%	11.44%	17.67%	16.33%

做成折线图可以清晰地比较 5 个部门的变异系数。

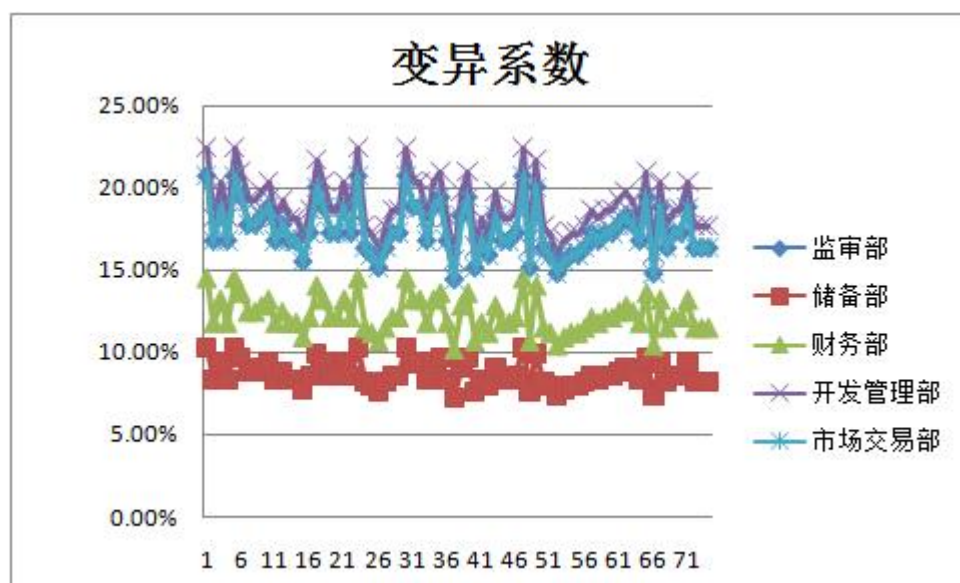


图3 各部门变异系数分布图

由图3可得，储备部的变异系数相对最低，即可以认为储蓄部评价结果可靠度最高，接着就是财务部，最低的是开发管理部。

5.4.2. 克隆巴赫系数可靠度计算模型

克隆巴赫系数（又称“信度系数”），是心理或教育测验中最常用的信度评估工具。它依一定公式估量测验的内部一致性，巴赫系数越大则代表内部一致性越大。设 a_{x_k} 是同一部门对编号为 k 的项目评分结果的克隆巴赫系数。则：

$$a_{x_k} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right)$$

式中， n 是评分指标的数量， σ_i^2 是各个指标的方差， σ_t^2 是总得分的方差。

这里我们令 $\sigma_i = \rho_i \times \sigma_t$ ，代入上式得：

$$a_{x_k} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \sum_{i=1}^n \rho_i^2 \right)$$

利用 SPSS 软件得到总得分与各个指标的相关性，即 ρ_i 的值，求和得到的

$\sum_{i=1}^n \rho_i^2$ 和 a_{x_k} 的值如表 10：

表 10 各指标相关性表

	$\sum_{i=1}^n \rho_i^2$	a_{x_k}
监审部	0.115225	0.896895
储备部	0.054854	0.958273
财务部	0.027855	0.985462
开发管理部	0.098891	0.913453
市场交易部	0.268008	0.742019

由表 10 可得，财务部的克隆巴赫系数最大，即一致性最好，市场交易部的克隆巴赫系数最小，即一致性最差。

5.4.3. 结果分析：

从变异系数和克隆巴赫系数来分析 5 个部门的可信度可得到以下结果，其排名情况结果整合为表 11。

表 11 内外部一致性排名表

排名	外部一致性	内部一致性
监审部	2	4
储备部	1	2
财务部	3	1
开发管理部	5	3
市场交易部	3	5

注：排名由 1 到 5 一致性逐渐变差，即 1 为最好，5 为最差。

5.4.4. 结果的解释

下面将解释为何出现外部一致性较高时内部一致性却较低的情况，假设有甲、乙两组评分员对两个指标 A、B 评分，结果如下：

表 12 专家评分表

	甲		乙	
A 指标	3	4	4	6
B 指标	6	7	6	4
总评分	9	11	10	10

观察表 12 可知，虽然甲组评分员的最终评分之间区别较大，但组内成员都认为 B 指标得分应高于 A 指标，即内部一致性大而外部一致性小。而乙组评分员的最终评分之间虽然没有区别，但组内成员认为 A、B 指标的得分相对高低不同，即外部一致性大而内部一致性小。

综合外部一致性和内部一致性这两个因素，储备部分别排在第一位和第二位，明显比其他部门的一致性要好，于是，我们可以认为储备部的评价结果最为可靠合理。

5.5 各项风险因素的聚类分析

5.5.1 聚类分析模型分析

我们对 74 个项目进行风险评估，并给出了其风险评估的排名。但是我们并不知道他们的风险处于什么级别。因此我们需对 74 个项目的风险进行划分等级，再根据专家的评分，进而给出每个项目的风险等级。

我们认为，所研究的 74 个项目之间存在着程度不同的相似性（亲疏关系）。于是根据这 74 个项目的多个观察指标风险因素，具体找出一些能够度量 74 个项目之间的相似程度的统计量，以这些统计量作为划分类型的依据，把一些相似程度较大的项目聚合为一类，把另外一些彼此之间相似性程度较大的项目由聚合为另外一类……关系密切的聚合为一个小的分类单位，关系疏远的聚合到一个大的分类单位，直到把所有的项目都聚合完毕，把不同的类型一一划分，形成一个由小到大的分类系统。最后再把整个分类系统画成一张分群图（又称系谱图），用它把所有项目间的亲疏关系表示出来。

5.6.2 聚类分析模型的建立

K -均值聚类法 K -Means Cluster 又叫快速聚类法，可以用于大量数据进行聚类分析的情形。 K -Means 聚类法是一种非分层的聚类方法，在 SPSS 是按照如下步骤来进行的：

①首先确定需要聚类的类别数量，这个是由分析者自己指定（这也就是 K -Means 中 K 的含义），在实际分析过程中，往往需要研究者根据问题，反复尝试把数据分成不同的类别数，并进行比较，从而找出最优的方案。

②根据分析者自己指定的聚类中，或者由数据本身结构的中心初步确定每个类别的原始中心点。

③逐一计算每一记录到各个类别中心点的距离，把各个记录按照距离最近的原则归入各个类别，并计算新形成类别的中心点（用平均数表示，这也就是 K -Means 中 Means 的含义）。

④按照新的中心位置，重新计算每一记录距离新的类别中心点的距离，并重新进行归类，更新类别中心点。

⑤重复步骤④，直到达到一定的收敛标准，或者达到分析者事先指定的迭代次数为止。

5.5.3 聚类分析模型的求解

附件 2 中的数据是反映 74 个项目风险大小的一个数据集。其中有以上分析，我们选出了 8 个风险因素作为变量，分别是项目规划用途、财务净现值 (FNPV)、财务内部收益率 (FIRR)、动态回收周期 (Pt)、盈亏平衡点、财务内部收益率的敏感性、贷款通过率、涉及拆迁补偿人口。现对 74 个项目进行细分以区分它们的风险等级。

(1) 数据的初步分析

这里仍然应当首先对数据进行描述性统计，结果如表 13：

表13 描述统计

	数字	最小值 (M)	最大值 (X)	平均值 (E)	方差
财务净现值FNPV	74	.000019	.007021	.00032390	6.686E-7

财务内部受益率FIRR	74	1.25	8.06	3.7058	1.555
动态回收周期Pt	74	1.09	1.78	1.5159	.019
盈亏平衡点	74	.42	.83	.6751	.007
财务内部受益率的敏感性	74	.05	.74	.2137	.009
贷款通过率	74	.36	1.00	.9565	.016
涉及拆迁补偿人口	74	.33	.67	.4265	.024
项目规划用途	74	.25	.75	.3446	.023

从表 13 中可以看出, 尽管数据的量纲是一样的, 都是反映通话时长的数据, 但是数据取值却仍然有很大的差异。平均数据从最小的 0.0003239 到最大的 3.7058, 标准差也从最小的 6.686E-7 到最大的 1.555, 分布差异较大。为了消除这种差异的影响, 仍然需要考虑对数据进行标准化处理。在 SPSS 中, 快速聚类法并不像层次聚类法那样, 可以自动对数据进行标准化, 需要事先对数据进行标准化, 这可以用 SPSS 中的 *Descriptive* 过程来实现

另外, 在操作 SPSS 过程中, 快速聚类中的聚类类别数需要分析者自己指定, 经查阅资料得知: 应对 74 个项目分成 4 类, 这样比较合理。因此聚类类别数我们选 4。

(2) 模型的结果及解释

表14 初始聚类中心

	聚类			
	1	2	3	4
Zscore(项目规划用途)	-.61755	1.01454	-.61755	-.61755
Zscore(贷款通过率)	.34591	.34591	.34591	-4.75630
Zscore(涉及拆迁补偿人口)	-.62520	-.62520	-.62520	-.62520
Zscore(盈亏平衡点)	-3.06573	1.82598	.74832	.81729
Zscore(财务内部受益率的敏感性)	-1.21366	4.05171	5.43769	.18381
Zscore(财务内部受益率FIRR)	-1.97253	3.49055	1.01804	1.02401
Zscore(动态回收周期Pt)	-3.10836	1.92695	.97827	1.12422
Zscore(财务净现值FNPV)	-.25987	8.19098	-.22638	.56845

如表 14 所示, 在所有结果中, 首先给出的是初始的聚类中心, 它列出每一类别初始定义的中心点, 在本例中, 这些中心点都是由 SPSS 软件自动生成的, 实际上就是 74 个项目数据集中的某一条记录, 其选择的原则是使得各初始类中心的散点在所有变量构成的空间中离的尽可能远, 而且能尽量地分布在空间中。

表15 迭代历史记录^a

迭代	聚类中心的更改			
	1	2	3	4
1	3.772	.000	4.574	4.197
2	.146	.000	.173	.147

3	.177	.000	.000	.192
4	.167	.000	.135	.192
5	.183	.000	.133	.151
6	.068	.000	.129	.081
7	.070	.000	.117	.080
8	.073	.000	.176	.076
9	.077	.000	.000	.050
10	.000	.000	.000	.000

a. 由于聚类中心无更改或只有小的更改，因此达到了汇合。任何中心的最大绝对坐标更改为 .000。当前迭代为 10。初始中心之间的最小距离是 7.368。

表 15 是迭代过程表，从中可以看出每一次迭代过程中类别中心点的变化，由于表格较长，这里省略了中间各步的输出。可以看到，类别中心点变化越来越小，直到最终趋近于 0.000，整个迭代过程在第 10 步终止，因为此时已经满足了上面提到的迭代终止的第二个标准，所以可以认为各类别中心已经收敛了。

表16 最终聚类中心

	聚类			
	1	2	3	4
财务净现值FNPV	0.050126	1.014541	-0.32953	0.102492
财务内部收益率FIRR	0.345914	0.345914	0.296625	-0.38231
动态回收周期Pt	0.476341	-0.6252	0.411545	-0.4956
盈亏平衡点	-1.20613	1.825979	0.92424	0.264611
财务内部收益率的敏感性	-0.65791	4.051713	0.717457	-0.05219
贷款通过率	-1.09503	3.490546	1.011733	0.100022
涉及拆迁补偿人口	-1.19773	1.926947	0.918168	0.259243
项目规划用途	-0.25511	8.19098	0.092772	-0.12223

$K-Means$ 生成的另一个比较重要的结果是最终的类别中心点，也就是各个类别在各个变量上的平均值。如表所示。

表17 ANOVA

	聚类		错误		F	显著性
	均方	df	均方	df		
财务净现值FNPV	1.095923	3	0.995889	70	1.100447	0.354851
财务内部收益率FIRR	3.072477	3	0.91118	70	3.371978	0.023173
动态回收周期Pt	5.537727	3	0.805526	70	6.874672	0.0004
盈亏平衡点	17.41366	3	0.296558	70	58.71933	4.41E-19
财务内部收益率的敏感性	11.59411	3	0.545967	70	21.23591	6.88E-10
贷款通过率	18.76851	3	0.238492	70	78.69652	2.23E-22

涉及拆迁补偿人口	17.29666	3	0.301572	70	57.35509	7.91E-19
项目规划用途	23.05939	3	0.054598	70	422.3518	9.57E-45

表 17 为分析中要求给出的方差分析表，实际上就是按照类别分组后对所有变量依次进行的单因素方差分析，然后将结果汇总到一张表格。从中可以得出结论，认为在聚类分析的结果中，各个变量对聚类结果的重要程度排序为：项目规划用途>贷款通过率>盈亏平衡点>涉及拆迁补偿人口>财务内部受益率的敏感性>动态回收周期 P_t >财务内部受益率 $FIRR$ >财务净现值 $FNPV$ 。

表18 每个聚类中的个案数量

	1	22
聚类	2	1
	3	17
	4	34
有效		74
缺失		0

在 $K-Means$ 生成的结果中，最后一个列出的是各个类别中的记录数量。如表 18 所示，可见项目数最多的是第 4 类，而最小的是第 2 类，第 3 类的项目个数也较少，各类项目的风险有时可以为最终类别特性的确实起到辅助作用。具体分类用系谱图表示如图 4：

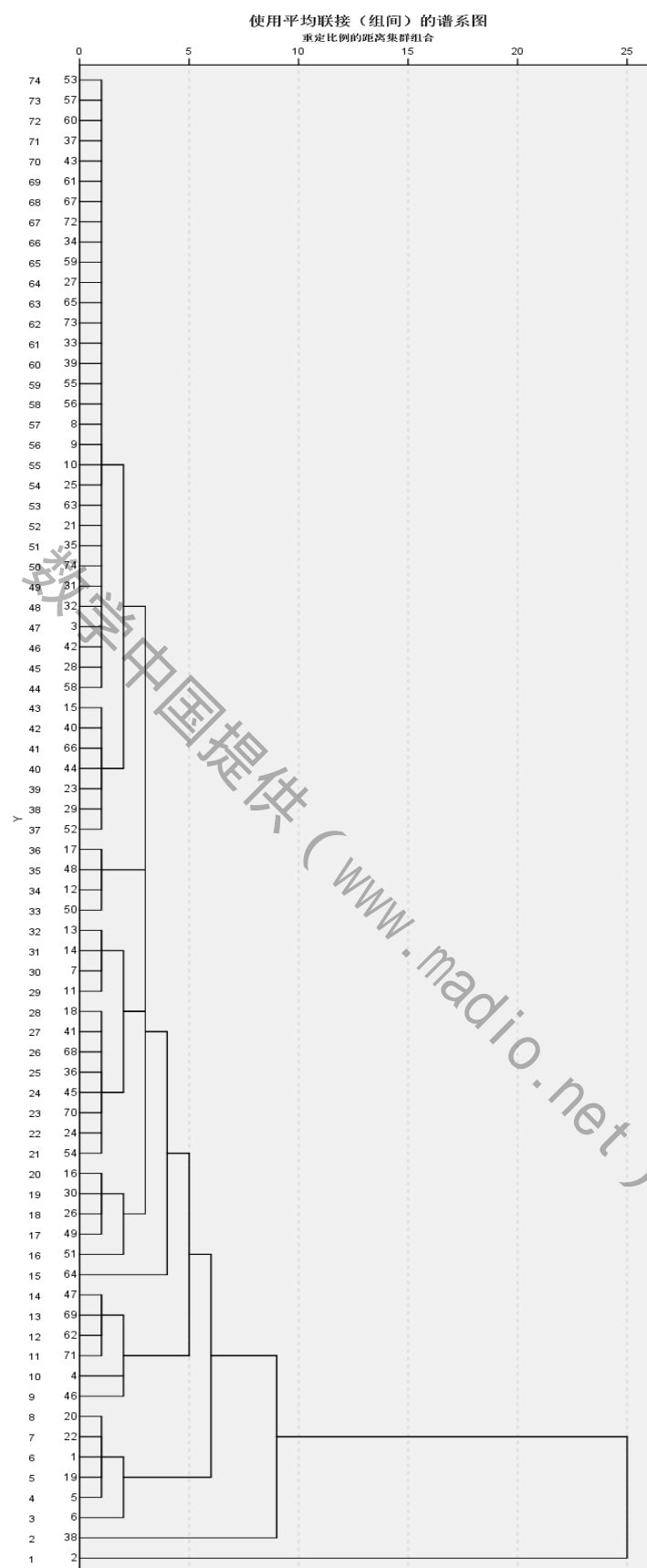


图4 系谱图

5.6BP 神经网络分类

基于上述的分类结果，我们可以认为输入变量（8 个风险因素）和输出变量（分类结果）之间存在着映射关系，而 BP 神经网络通过黑箱定义这种映射，可以看成是一个非线性函数，其拓扑结构如图 5 所示。

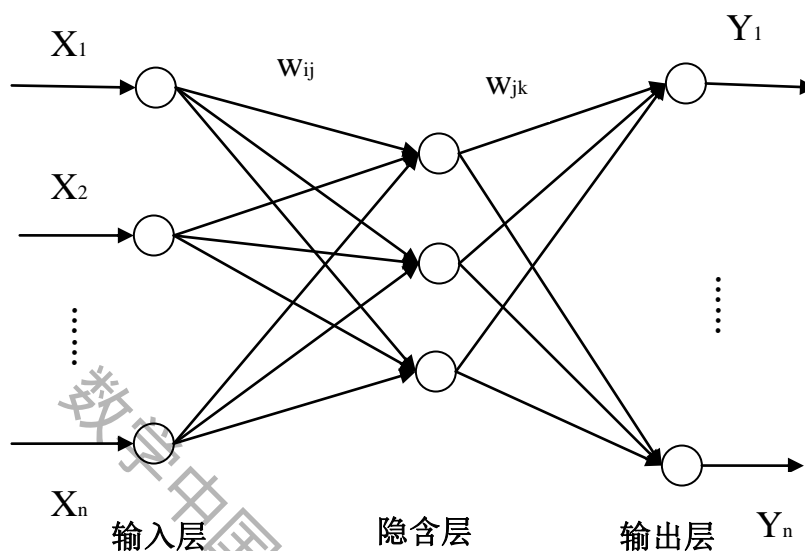


图5 拓扑结构图

BP 神经网络分类前首先要训练网络，通过训练使网络具有联想记忆和预测能力。BP 神经网络的训练过程包括以下几个步骤。

Step1: 网络初始化，根据系统输入序列 (X, F_t) 确定网络输入层节点数为 8，隐含层为 6，输出节点数为 4，给定学习速率和神经元激励函数

Step2: 隐含层输出计算，根据输出向量 X ，输入层和隐含层间连接值 ω_{ij} 以及隐含层阈值 a ，计算隐含层输出 H 。

$$H_j = f\left(\sum_{i=1}^n \omega_{ij} x_i - a_j\right) \quad j = 1, 2, \dots, l$$

Sigmoid 函数为 $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$

Step3: 输出层输出计算， $Y_k = \sum_{j=1}^l H_j w_{jk} - b_k$

Step4: 误差计算， $e_k = Y_k - O_k$

Step5: 权值更新

$$w_{ij} = w_{ij} + \eta H_j x(i) \sum_{k=1}^m w_{jk} e_k \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, l$$

$$w_{jk} = w_{jk} + \eta H_j e_k \quad j = 1, 2, \dots, l; k = 1, 2, \dots, m$$

Step6: 阈值更新

$$a_j = a_j + \eta H_j (1 - H_j) \sum_{k=1}^m w_{jk} e_k \quad j = 1, 2, \dots, l$$

$$b_k = b_k + e_k \quad k = 1, 2, \dots, m$$

Step7:判断算法迭代是否结束，若没有结束，返回步骤 2。

基于 BP 神经网络的数据分类算法建模包括 BP 神经网络构建、BP 神经网络训练和 BP 神经网络预测三步，算法流程如图 6 所示。

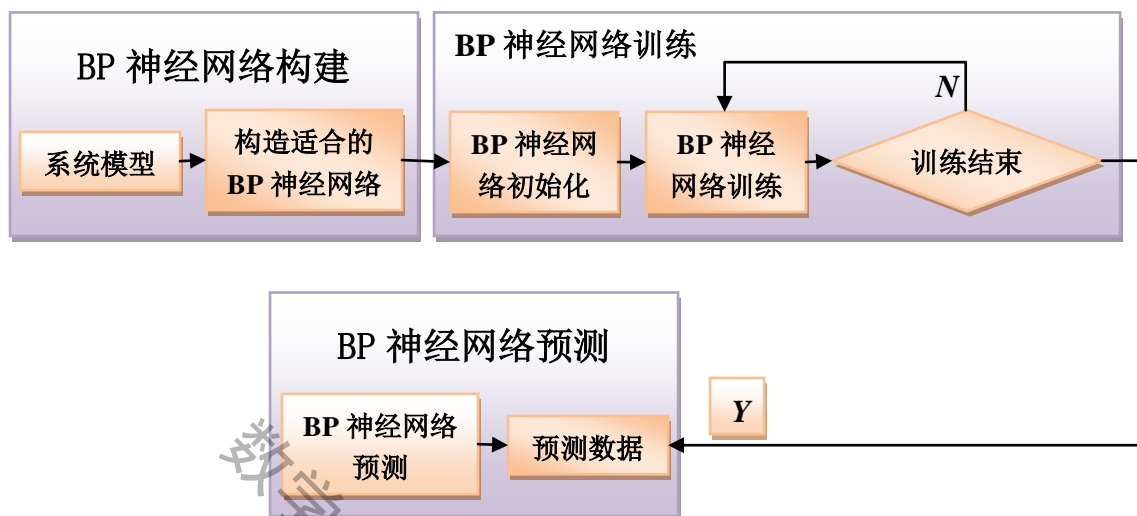


图 6 BP 神经网络流程图

BP 神经网络构建根据系统输入输出数据特点确定 BP 神经网络的结构，由于风险特征有 8 维，分类结果有 4 维，隐层的节点数选择可以参考如下公式：

$$l < n - 1$$

$$l < \sqrt{(m+n)} + a$$

$$l = \log_2 n$$

式中， n 为输入层节点数， l 为隐含层节点数， m 为输出层节点数， a 为 0-10 之间的常数。本文基于上述公式，用试凑法确定最佳节点数为 6，所以 BP 神经网络的结构为 8-6-4。

利用 MATLAB 代码实现其功能（见附录）。由于神经网络是黑箱操作，每次运行结果会有一些的变化，为了避免偶然性，我们运行了 10 次程序，其分类的准确性结果如下表 19 所示。

表 19 分类表

	第一类	第二类	第三类	第四类
1	0.8889	0	0.8065	0.8750
2	0.7222	0	0.9355	0.4583
3	0.7222	1.000	0.4194	1.0000
4	0.8889	0	0.7097	1.0000
5	0.5556	0	0.9355	0.6667
6	1.0000	0	0.4516	1.0000

7	0.8333	0	0.9032	0.6667
8	0.5556	0	0.8710	0.8333
9	0.5556	1.0000	0.8710	0.8750
10	1.0000	0	0.4839	1.0000

预测图和分类误差图如图 7 所示：

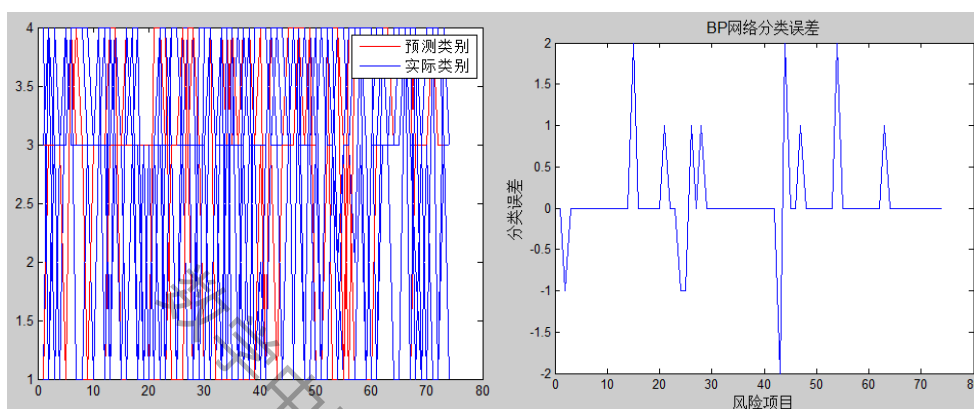


图 7 预测图和分类误差图

由于第二类的个数只有 1 个,准确性为 0 的概率比较高,即分到了其它等级,由于此类个数太少,可以忽略其准确性,但其它类别可以从 BP 神经网络分类结果可以看出,基于 BP 神经网络的风险分类算法具有较高的准确性,能够准确识别出风险的所属类别。

5.7 综合评价方法

土地储备的理化指标为客观存在的数据,而土地储备的各个指标则是 5 个部门的主观打分,在对各个项目进行最终评分时,应结合客观和主观两个因素。

基本思路如图 8 下:

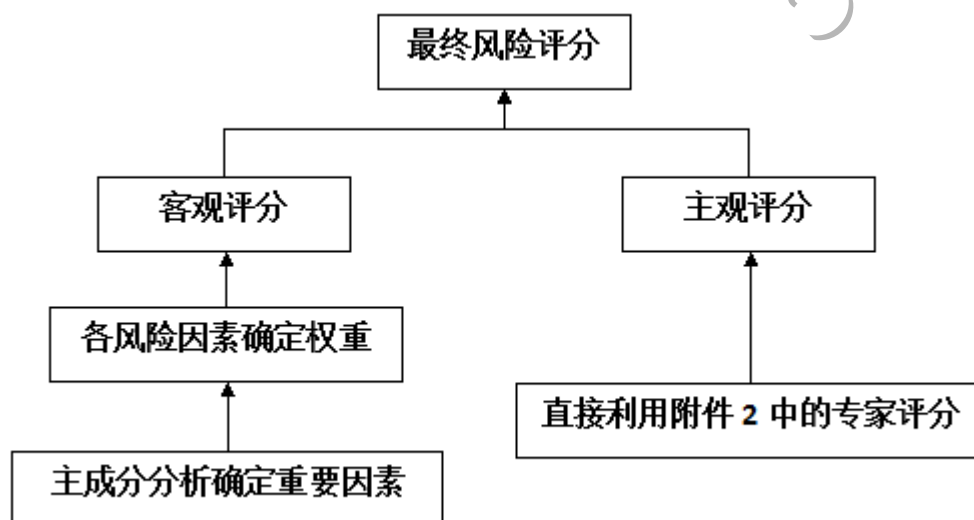


图8 基本思路图

5.7.1 主成分分析模型分析

在以上的分析中，我们得到了有代表性的8个风险因素，要现用这些风险因素对74个项目的风险大小进行评估。但是，这8个因素并不是独立的，而是相互之间有大量的信息重叠，这种信息会抹杀项目风险的真正特征和内在规律。基于以上问题，我们希望可以减小评估项目风险的风险因素个数，而得到的信息量又较多。

主成分分析正是研究如何通过原来变量的少数几个线性组合来解释原来变量绝大多数信息的一元统计方法。既然研究74个项目的众多风险因素之间有一定的相关性，就必然存在着起支配作用的共同因素，根据这一点，通过对原始变量相关矩阵或协方差矩阵内部结构关系的研究，利用原始变量的线性组合形成几个综合指标（主成分），在保留原始变量主要信息的前提下起到降维与简化问题的作用，使得在研究复杂问题时更容易抓住主要矛盾。一般地说，利用主成分分析得到的主成分与原始变量之间有如下基本关系：

- (1) 每一个主成分都是各原始变量的线性组合。
- (2) 主成分的数目大大少于原始变量的数目。
- (3) 主成分保留了原始变量绝大多数信息。
- (4) 各主成分之间互不相关。

通过主成分分析，可以从风险因素之间错综复杂的关系中找出一些主要成分，从而能有效利用大量统计数据进行定量分析，揭示变量之间的内在关系，得到对风险因素特征及其发展规律的一些深层次的启发。

5.7.2 主成分分析模型的建立

设有 p 个指标 x_1, x_2, \dots, x_p 这 p 个指标反映了客观对象的各个特征，因此每个对象观察到的 p 个指标值就是一个样本值，它是一个 p 维的向量。如果观察了 n 个对象，就有 p 个 n 维向量，共有 np 个数据，用矩阵 X 表示就有

$$X_{n \times p} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix}$$

每一行就是一个样本的观察值。 n 代表74个项目， p 代表8个风险因素：项目规划用途、财务净现值(FNPV)、财务内部收益率(FIRR)、动态回收周期(Pt)、盈亏平衡点、财务内部收益率的敏感性、贷款通过率、涉及拆迁补偿人口。

把 p 个指标看成 x_1, x_2, \dots, x_p 随机变量，它们的期望值和协方差矩阵是

$$E(x) = E \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E(x_1) \\ E(x_2) \\ \vdots \\ E(x_p) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_p \end{pmatrix}$$

$$V = (v_{ij}) = (\text{cov}(x_i, x_j)) = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1p} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \cdots & v_{np} \end{pmatrix}$$

v_{ij} 就是第 i 个变量的方差，因此这 p 个变量总的变化状况可以用 $\sum_{i=1}^p v_{ii}$ 来反映。

现在考虑它们的线性函数 $\sum_{i=1}^p a_i x_i$ ，记它为 y ，于是 y 的方差

$$\text{Var}(y) = \text{Var}\left(\sum_{i=1}^p a_i x_i\right) = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p a_i a_j v_{ij} = a^T V a$$

$a = \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_p \end{pmatrix}$ 。要寻找最能反映这些 x_i 变化的，就要求 $\text{Var}(y)$ 尽可能大。从

$\text{Var}(y) = a^T V a$ 可以看出，对向量 a 的大小要作一些限制，否则 $\text{Var}(y)$ 可以无限增大而没有意义，自然限制 $a^T a = \sum_{i=1}^p a_i^2 = 1$ 。因此数学问题就是：已知协方差矩阵 V ，求满足约束条件 $a^T a = 1$ 的 a ，使 $\text{Var}(y) = a^T V a$ 达到最大。

据此 $\text{Var}(a^T x) = a^T V a = \lambda a^T a$ ，其中 a 是矩阵 V 的特征向量，即特征值 λ 就是 $a^T x$ 的方差，因此只要求出最大特征根所对应的特征向量 a ，寻找主成分所以主成分的问题就解决了。

由以上分析可得到主成分的求法是

(1) 先求出样本的协方差矩阵 V ；

(2) 求 V 的最大特征根 λ 和相应的特征向量 $a = \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_p \end{pmatrix}$ ，于是

$a_1 x_1 + a_2 x_2 + \cdots + a_p x_p$ 就是所要的主成分分量。因此得到 $a^T x$ 的贡献率为 $\frac{\lambda}{\sum_{i=1}^p v_{ii}}$ ，贡献率越大，就表明 $a^T x$ “综合”越强。

综合评价就是选用第一个主成分分量作为评价指标，它是原来指标

x_1, x_2, \dots, x_p 的线性函数，如果最大特征根 λ_1 在 $\sum_{i=1}^p v_{ii}$ (或 $\sum_{i=1}^p \lambda_i$) 中占的百分比超过 80%，这个综合指标就能较好地反映选用的评价指标 x_1, x_2, \dots, x_p ；如果 λ_1 在 $\sum_{i=1}^p v_{ii}$ (或 $\sum_{i=1}^p \lambda_i$) 中占的百分比不超过 80%，这个综合指标就不是很理想；如果

不到 50%，那就很不好，实际上这个成分并不能反映这些 x_1, x_2, \dots, x_p 变化情况，这时就要考虑第二个、第三个主成分分量等，直到累计百分比超过 85%，在把它们放到一起分析、比较，再作出评价。

5.7.3 主成分分析模型的求解

对附件二中的数据进行处理，用银行批复额度除以申请贷款额度得到贷款通过率、财务净现值（FNPV）、财务内部收益率（FIRR）、动态回收周期（Pt）项目投资总额估算(万元)、盈亏平衡点、财务内部受益率的敏感性、涉及拆迁补偿人口这8个因素来说，由于它们各项因素的计量单位并不统一，因此在用它们计算综合指标前，我们先要对它们进行标准化处理。根据之前分析对表中对应数据进行标准化统一处理，列出项目的样本观测数 [见附件]

接着应用 SPSS 统计软件进行主成分分析，结果如下：

表 20 相关系数矩阵

	财务净现值 FNPV	财务内部收益率 FIRR	动态回收周期 Pt	盈亏平衡点
财务净现值 FNPV	1.0000	0.5330	0.3436	0.3264
财务内部收益率 FIRR	0.5330	1.0000	0.9470	0.9404
动态回收周期 Pt	0.3436	0.9470	1.0000	0.9942
盈亏平衡点	0.3264	0.9404	0.9942	1.0000
财务内部受益率的敏感性	0.5122	0.6941	0.6128	0.5991
贷款通过率	0.0274	-0.2417	-0.2645	-0.2466
涉及拆迁补偿人口	-0.1075	-0.1919	-0.2323	-0.2348
项目规划用途	0.1154	0.0888	0.0789	0.0827

表 20 相关系数矩阵

	财务内部受益率的敏感性	贷款通过率	涉及拆迁补偿人口	项目规划用途
财务净现值 FNPV	0.5122	0.0274	-0.1075	0.1154
财务内部收益率 FIRR	0.6941	-0.2417	-0.1919	0.0888
动态回收周期 Pt	0.6128	-0.2645	-0.2323	0.0789
盈亏平衡点	0.5991	-0.2466	-0.2348	0.0827
财务内部受益率的敏感性	1.0000	-0.0642	-0.2106	0.0146
贷款通过率	-0.0642	1.0000	0.1009	-0.0570
涉及拆迁补偿人口	-0.2106	0.1009	1.0000	-0.1451
项目规划用途	0.0146	-0.0570	-0.1451	1.0000

由表 20 为 8 个原始变量之间的相关系数矩阵，可见许多变量之间直接的相关性比较强，的确存在信息上的重叠。

表21总方差解释

组件	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
1	3.831	47.893	47.893	3.831	47.893	47.893
2	1.120	14.006	61.899	1.120	14.006	61.899

3	1.069	13.356	75.255	1.069	13.356	75.255
4	.853	10.662	85.917	.853	10.662	85.917
5	.696	8.702	94.619			
6	.391	4.893	99.512			
7	.034	.421	99.933			
8	.005	.067	100.000			

表 21 给出的是各成分的方差贡献率和累计贡献率，由表 21 可知，只有前三个特征根大于 1，但累积方差百分比小于 85%，因此我们提取了前四个主成分。第一主成分的方差占有主成分方差的 47.893%，接近一半，前四个主成分的方差贡献率达到 85.917%，因此选前四个主成分已足够描述项目的风险大小。

表22成分矩阵^a

	组件			
	1	2	3	4
财务净现值FNPV	.561	.438	.376	.136
财务内部收益率FIRR	.973	.055	-.085	.082
动态回收周期Pt	.946	-.074	-.169	.023
盈亏平衡点	.938	-.076	-.166	.017
财务内部收益率的敏感性	.774	.288	.084	-.097
贷款通过率	-.279	.697	.390	-.178
涉及拆迁补偿人口	-.317	.407	-.426	.738
项目规划用途	.133	-.426	.723	.491

随后表 22 中的输出为主成分系数矩阵，可以说明各主成分在各变量上的载荷，从而得出各主成分的表达式如下：

$$F_1 = 0.561X_1 + 0.973X_2 + 0.946X_3 + 0.938X_4 + 0.774X_5 - 0.279X_6 - 0.317X_7 + 0.133X_8$$

$$F_2 = 0.438X_1 + 0.055X_2 - 0.074X_3 - 0.076X_4 + 0.288X_5 - 0.697X_6 + 0.407X_7 - 0.426X_8$$

$$F_3 = 0.376X_1 - 0.085X_2 - 0.169X_3 - 0.166X_4 + 0.084X_5 + 0.390X_6 - 0.426X_7 + 0.723X_8$$

$$F_4 = 0.136X_1 + 0.082X_2 + 0.023X_3 + 0.017X_4 - 0.097X_5 - 0.178X_6 + 0.738X_7 + 0.491X_8$$

由于各自变量已经过标准化，因此以上三个主成分的均数均 0。可以证明，各主成分的方差应为前述特征根²，但这里计算出的数值方差均为特征根的平方，即各主成分的原始数值还应该除以一个特征根的平方根才行。在第一主成分的表达式中，X2, X3, X4, X5 的系数较大，可以看成是反映动态回收周期（Pt）盈亏平衡点、财务内部收益率（FIRR）、财务内部收益率的敏感性的综合指标。在第二主成分中，X1、X6 的系数较大，可以看成反映财务净现值（FNPV）、贷款通过率的综合指标。在第三主成分中，X8 系数较大，可以看成是反映项目规划用途的综合指标。在第四主成分中，X7 系数较大，可以看成是反映涉及拆迁补偿人口的综合指标。

5.7.4 主观评分的确定

基于之前所做的可信度分析，我们认为监审部和财务部的评分较为合理，于是在主观评分的确定上，我们选取这两个部门的均值为主观评分。对 74 个风险项目中的部分项目主观评分如表 23 所示。

表 23 主观评分表

项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
评分	7.5	8.5	8	8	7.5	7.5	7.5	8	8
项目	11	12	13	14	15	16	17	18	19
评分	7.5	7.5	7.5	7.5	8	8.5	8	6	6.5

5.7.5 权重的设置

在进行综合评分的时候，往往会考虑的因素比较多，有一种重要的评价方法，通过变异系数来确定权重的大小，其原理就是越稳定越好，因为变异系数与权重成反比，我们可得计算权重公式：

$$\omega_i = \frac{1}{\rho_i} = \frac{x_i}{\sigma_i}$$

计算结果为：

$$\omega_1 = 2.585715616 \quad \omega_2 = 1.737577837 \quad \omega_3 = 0.938285493$$

$$\omega_4 = 3.40917278 \quad \omega_5 = 3.297730716$$

5.7.6 模型求解与检验

根据上述步骤的分析和权重的结果，可得多元线性方程：

$$Y = 2.585715616 X_1 + 1.737577837 X_2 + 0.938285493 X_3 + 3.40917278 X_4 + 3.297730716 X_5$$

5.8 回归模型检验

为了检验模型的正确性，我们采用灰色关联度关联分析法，对结果与专家评分进行相关性分析，得到检验结果。首先，提取每个指标与其权重系数乘积作为一项因数，之后根据专家评分最高的三个项目，我们认为它是所有项目中最优项目作为模板进行关联度分析。

5.8.1 灰色关联分析原理

对于两个系统之间的因素，其随时间或不同对象而变化的关联性大小的量度，称为关联度。在系统发展过程中，若两个因素变化的趋势具有一致性，即同步变化程度较高，即可谓二者关联程度较高；反之，则较低。因此，灰色关联分析方法，是根据因素之间发展趋势的相似或相异程度，亦即“灰色关联度”，作为衡量因素间关联程度的一种方法。

灰色关联分析法(Grey Relational Analysis, 简称 GRA)是 20 世纪 80 年代由邓聚龙教授原创的。灰色关联分析法运用统计学、内部控制理论、信息技术等揭示出系统内部各构成要素的状况，以及各要素之间的相互联系的评价方法。该法是以系统中“部分信息已知、部分信息未知”的贫信息、灰色信息为研究对象的，通过该法可以系统地分析、揭示隐藏在信息背后的真实情况，以便于为进一步的信息运用作出保障。在采用灰色关联分析法进行研究分析时，一般是通过分析关联度作出表示的，其中关联度分析是分析系统中各要素之间关联性大小的量度，是定量地描述因素之间相对变化的一种模式。它是一种研究少数据、信息

不完备问题的新方法，是针对关系的分析提出的。

灰色关联分析法的实质是将无限空间问题用有限数列取代，其基本思路是根据曲线间的相似程度来判断其联系是否紧密，以此来进一步判断关联度的大小。该法对数据量的要求没有太高，即数据多或少都可以分析，根据实际问题的需要，还可以进一步进行量化分析。

5.8.2 灰色关联分析步骤

一般来讲，灰色关联分析法的计算步骤主要包括以下几个方面：

1. 确定原始的指标数据列

根据研究对象所提供的各种财务数据资料，我们可以初步选择确定所需要的指标数据。当我们在对一家公司的整体财务状况进行分析时，就要选择恰当、全面的能够反映其财务效益状况、资产营运状况、偿债能力状况和发展能力状况的指标数据。通常情况下，我们将所采用的这些指标以数列的形式表现出来，记作

$$x_i = \{x_i(k) | k = 1, 2, \dots, n\}$$

2. 原始数据变换

原始数据变换也就是对原始的数据列进行规范化处理，把原来的数据化为无量纲的、同级的、正向可加的数据，以便于为下一步参考数列的选取以及关联度的计算提供数据基础。数据列中的财务指标数据存在着三种类型，包括有越大越好的正型指标，越小越好的逆型指标和越接近某一数值越好的适中型指标。对不同的指标类型数据进行规范化处理的方法也是有区别的。设原始数据为 V_{ik} ，规范化处理后的标准数据为 μ_{ik} ，第 k 项指标的最大值为 $\max_i V_{ik}$ ，第 k 项指标的最小值为 $\min_i V_{ik}$ ，则规范化处理的公式如下：

正型指标：

$$\mu_{ik} = \frac{V_{ik} - \min_i V_{ik}}{\max_i V_{ik} - \min_i V_{ik}}$$

逆型指标：

$$\mu_{ik} = \frac{\min_i V_{ik}}{V_{ik}}$$

适中型指标，设理想点为 e ，则有：

$$\mu_{ik} = \begin{cases} V_{ik}/e, & V_{ik} \in [\min_i V_{ik}, e] \\ e/\max_i V_{ik}, & V_{ik} \in [e, \max_i V_{ik}] \end{cases}$$

3. 构造满意数据列

通常情况下，我们可以设经过规范化处理后的数据列为：

$$x_1 = (x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(n))$$

$$x_2 = (x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(n))$$

$$\vdots$$

$$x_n = (x_n(1), x_n(2), \dots, x_n(n))$$

根据以上规范化处理后的指标数据列可以构造出最优的满意数据列。最优的满意数据列由各项指标中最优秀的值构成，通常记为 x_0 ，则

$$x_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k)),$$

其中：

$$x_0(j) = \max(x_1(j), x_2(j), \dots, x_i(j)), j = 1, 2, \dots, k$$

4. 根据公式

$$\Delta_i(k) = |x_0(k) - x_i(k)|, \text{ 其中 } i = 1, 2, \dots, n$$

求得差序列。

5. 根据公式

$$M = \max_i \max_k \Delta_i(k), \quad m = \min_i \min_k \Delta_i(k)$$

分别求两级最大值和最小值。

6. 根据公式

$$\gamma_{0i} = (m + \xi M) / [\Delta_i(k) + \xi M]$$

求关联系数，其中 ξ 为分辨系数，一般取 $\xi = 0.5$ 为宜。

7. 求关联度

关联度即关联系数的平均值，因为关联系数很多，过于分散，不便于比较，为此有必要将各个关联系数集中为一个值，而求平均值便是这种信息集中处理的一个方法。一般我们用 γ_i 表示参考数列 X_0 和 X_i 之间的关联度，则其计算公式为：

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma_{0i}(k)$$

5.8.3 结果分析

利用 matlab 软件得到关联度大小【见附件】，利用 SPSS 对关联度大小和专家评分进行 Person 相关性检验结果如下：

相关性		
	关联度	专家评分

关联度	Pearson 相关性	1	.587**
	显著性（双侧）		.000
	N	72	72
专家评分	Pearson 相关性	.587**	1
	显著性（双侧）	.000	
	N	72	72

**. 在 .01 水平（双侧）上显著相关。

由检验结果知，Pearson 相关系数 $R=0.587$ ，具有较好的相关性。因为，回归模型的结果比较合理。

6 模型的建立与求解(问题四)

6.1 灵敏度分析模型

一个模型的好坏不仅取决于模型的准确性，模型的稳健性也是一个必不可少的因素。特别是在工程和风险管理行业，所建立的模型需要考虑模型的各项指标的适用范围。模型的稳健性可以用可靠性敏感度来衡量。如果各综合指标的可靠性敏感度越小，我们认为模型更稳健。为了为给出在风险评估方法中使用到的一些指标列的允许变化范围，我们给模型设定一个阈值 P ，表示距离模型失效的概率，即 $1-p_t$ 与失效的临界值。如果模型的失效概率大于 P 值是，我们认为模型也不再适用了，需要寻找新的模型了。

其建模的思想如图 9 所示。

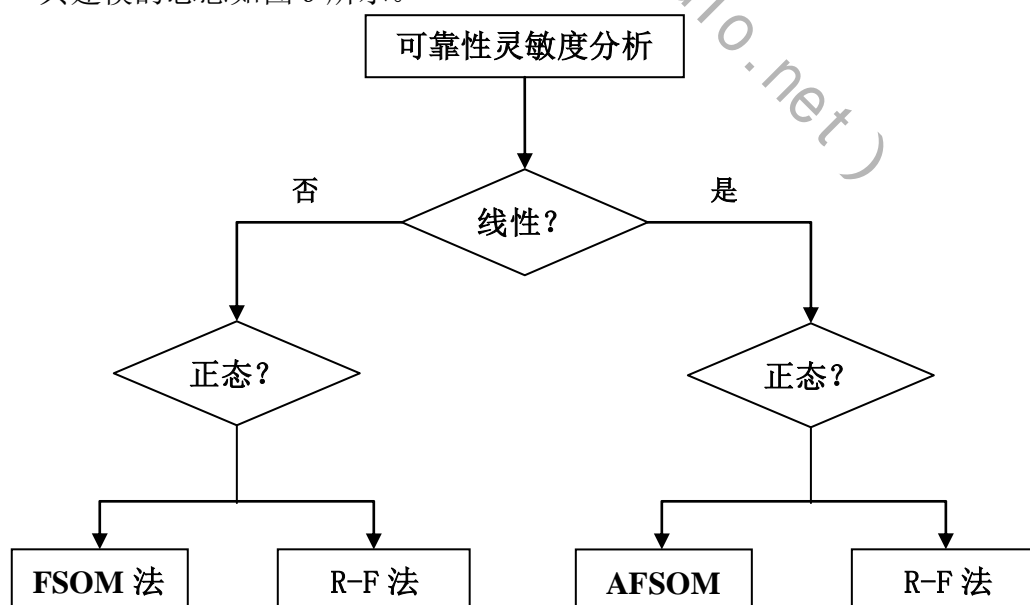


图 9 建模流程图

6.2 正态性检验

利用 spss 软件进行正态性检验，结果如表 24：

表24 单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验

		主成分一
N		72
正态参数 ^{a, b}	均值	.4157
	标准差	.16190
	绝对值	.080
最极端差别	正	.057
	负	-.080
Kolmogorov-Smirnov Z		.678
渐近显著性(双侧)		.748

$P > 0.05$ ，检验服从正态分布，同理，对其他 4 个变量进行正态性检验，其 P 值都大于 0.05，都服从正态分布。于是采用 AFOSM 算法进行建模。

6.3 AFOSM 的原理及计算公式

设包含相互独立的正态基本随机变量 $x_i \sim N(\mu_{x_i}, \sigma_{x_i}) (i = 1, 2, \dots, n)$ 的功能函数为 $Z = g(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ，该功能函数定义的失效域为 $F = \{x: g(x) \leq 0\}$ 。当功能函数为线性时，改进的一次二阶矩法与均值一次二阶矩法的分析结果是完全一致的，因此只讨论功能函数为非线性的情况。设在失效域中的最可能失效点（设计点）为 $P^*(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ ，则设计点一定在失效边界 $g(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$ 上，将非线性的功能函数在设计点处展开，取线性部分为

$$Z = (g_1, x_2, \dots, x_n, \approx x)^* = g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial g}{\partial x_i} (x_i - x_i^*)$$

由于设计点 P^* 在极限状态方程 $g(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$ 定义的失效边界上，所以有 $g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = 0$ ，将

$g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = 0$ 带入 $Z = g(x_1, x_2, \dots, x_n) \approx g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial g}{\partial x_i} (x_i - x_i^*)$ ，

便可得到原功能函数对应的线性极限状态方程如下：

$$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} (x_i - x_i^*) = 0 \text{ 整理可得 } \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} x_i - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} x_i^* = 0$$

上述线性极限状态方程的可靠度指标 β 和失效概率 P_f 可以由下列两式精确求解：

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} \mu_{x_i} - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} x_i^*}{\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*}^2 \sigma_i^{*2} \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} (\mu_{x_i} - x_i^*)}{\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*}^2 \sigma_i^{*2} \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$P_t = \varphi(-\beta)$$

6.4 改进的一次二阶矩法迭代算法的具体计算步骤如下：

Step1: 假定设计点坐标 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的初始值，一般取为基本变量的均值 μ_{x_i} 。

Step2: 利用设定的初始设计点值，根据式 $\lambda_i = -\frac{\left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} \sigma_{x_i}}{\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*}^2 \sigma_{x_i}^2 \right]^{\frac{1}{2}}} = \cos \theta_i$ 计算

λ_i 。

Step3: 将 $x_i^* = \mu_{x_i} + \sigma_{x_i} \lambda_i \beta$ 代入式 $g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = 0$ ，得到关于 β 的方程。

Step4: 解关于 β 的方程，求出 β 值。

Step5: 将所得 β 值代入式 $x_i^* = \mu_{x_i} + \sigma_{x_i} y_i^* = \mu_{x_i} + \sigma_{x_i} \lambda_i \beta$ ，得到新的设计点坐标值。

Step6: 重复以上步骤，直到迭代前后两次的可靠度指标的相对误差满足精度要求为止。

6.5 建立优化模型和灵敏度分析

6.5.1 改进一次二阶矩可靠性灵敏度分析方法

改进一次二阶矩可靠性灵敏度分析是建立在改进一次二阶矩可靠性分析基础上的，当采用改进的一次二阶矩方法将非线性的功能函数在设计点 $P^*(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ 处展开形成如下所示的线性函数之后：

$$g \approx g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} (x_i - x_i^*)$$

可求得近似的靠度指标 β 和失效概率 P_f 如下：

$$\beta \approx \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} \mu_{x_i} - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} x_i^*}{\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*}^2 \sigma_i^{*2} \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} (\mu_{x_i} - x_i^*)}{\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*}^2 \sigma_i^{*2} \right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$P_t = \varphi(-\beta)$$

在 $g \approx g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} (x_i - x_i^*)$ 中,

令 $c_0 \approx g(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*} x_i^*$,

则功能函 $g(x)$ 线性展开后的功能函数 $G(x)$ 可简记为下式:

$$g(x) \approx G(x) = c_0 + \sum_{i=1}^n c_i x_i$$

由上式即可求得基本变量相互独立情况下 $G(x)$ 的均值 μ_G 和标准差 σ_G 如下:

$$\mu_G = c_0 + \sum_{i=1}^n c_i \mu_{x_i}$$

$$\sigma_G = \sum_{i=1}^n c_i^2 \sigma_{x_i}^2$$

从而可容易求得可靠度指标 β 和失效概率 P_f 的简写形式:

$$\beta = \frac{\mu_G}{\sigma_G} = \frac{c_0 + \sum_{i=1}^n c_i \mu_{x_i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n c_i^2 \sigma_{x_i}^2}}$$

$$P_f = \Phi(-\beta)$$

根据可靠性灵敏度的定义和复合函数求导法则, 可求得基本变量相互独立情况下失效概率对基本随机变量分布参数的可靠性灵敏度 $\frac{\partial P_f}{\partial \mu_{x_i}}$ 和 $\frac{\partial P_f}{\partial \sigma_{x_i}}$ 如下:

$$\frac{\partial P_f}{\partial \mu_{x_i}} = \frac{\partial P_f}{\partial \beta} \cdot \frac{\partial \beta}{\partial \mu_{x_i}} = -\frac{c_i}{\sqrt{2\pi}\sigma_G} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\mu_G}{\sigma_G}\right)^2\right]$$

$$\frac{\partial P_f}{\partial \sigma_{x_i}} = \frac{\partial P_f}{\partial \beta} \cdot \frac{\partial \beta}{\partial \sigma_{x_i}} = -\frac{c_i^2 \sigma_{x_i} \sigma_G}{\sqrt{2\pi}\sigma_G^3} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\mu_G}{\sigma_G}\right)^2\right]$$

当考虑基本变量的相关性时, 可求得失效概率对基本变量的可靠性灵敏度如下所示:

$$\frac{\partial P_f}{\partial \mu_{x_i}} = -\frac{c_i}{\sqrt{2\pi}\sigma_G} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\mu_G}{\sigma_G}\right)^2\right]$$

$$\frac{\partial P_t}{\partial \sigma_{x_i}} = -\frac{\mu_G}{\sqrt{2\pi}\sigma_G^3} (c_i^2 \sigma_{x_i} + \sum_{i=1, j \neq i}^n c_i c_j \rho_{x_i x_j} \sigma_{x_i}) \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right)^2 \right]$$

$$\frac{\partial P_t}{\partial \sigma_{x_i x_j}} = \frac{\mu_G c_i c_j \mu_{x_i} \sigma_{x_i}}{\sqrt{2\pi}\sigma_G^3} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right)^2 \right]$$

设基本随机变量 $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 的均值向量和标准差向量分别为 $\mu_x = (\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_n})^T$ 和 $\sigma_x = (\sigma_{x_1}, \sigma_{x_2}, \dots, \sigma_{x_n})^T$ ，采用迭代法求解可靠性灵敏度的步骤可总结如下：

- (1) 假定一个初始设计点 P^* ，一般取为基本变量的均值点 μ_x 。
- (2) 利用设计点 P^* 计算 $\lambda_i = -\left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right)_{P^*} \frac{\sigma_{x_i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial x_i} \right)_{P^*}^2 \sigma_{x_i}^2}} = \cos \theta_i (1, 2, \dots, n)$
- (3) 将 $x_i^* = \mu_{x_i} + \sigma_{x_i} \lambda_i \beta$ 代入 $g(x) = 0$ ，得到关于 β 的方程，解方程求出 β 的值。
- (4) 将求得的 β 代入 $x_i^* = \mu_{x_i} + \sigma_{x_i} \lambda_i \beta$ 中，得到新的设计点 P^* 。
- (5) 重复 (2) ~ (4) 步，直到前后两次迭代求得的可靠度指标相对误差小于精度要求。
- (6) 求得可靠度指标后，运用式 $\frac{\partial P_t}{\partial \mu_{x_i}} = \frac{\partial P_t}{\partial \beta} \cdot \frac{\partial \beta}{\partial \mu_{x_i}} = -\frac{c_i}{\sqrt{2\pi}\sigma_G} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right)^2 \right]$ 和

$$\text{式 } \frac{\partial P_t}{\partial \sigma_{x_i}} = \frac{\partial P_t}{\partial \beta} \cdot \frac{\partial \beta}{\partial \sigma_{x_i}} = -\frac{c_i^2 \sigma_{x_i} \sigma_G}{\sqrt{2\pi}\sigma_G^3} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right)^2 \right] \text{ 就可以得到基本变量相互}$$

独立情况下失效概率对基本随机变量分布参数的可靠性灵敏度；运用式

$$\frac{\partial P_t}{\partial \mu_{x_i}} = -\frac{c_i}{\sqrt{2\pi}\sigma_G} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right)^2 \right]$$

$$\frac{\partial P_t}{\partial \sigma_{x_i}} = -\frac{\mu_G}{\sqrt{2\pi}\sigma_G^3} (c_i^2 \sigma_{x_i} + \sum_{i=1, j \neq i}^n c_i c_j \rho_{x_i x_j} \sigma_{x_i}) \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right)^2 \right]$$

$$\frac{\partial P_t}{\partial \sigma_{x_i x_j}} = \frac{\mu_G c_i c_j \mu_{x_i} \sigma_{x_i}}{\sqrt{2\pi}\sigma_G^3} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_G}{\sigma_G} \right)^2 \right] \text{ 就可以得到基本变量相关情况下的可}$$

靠性灵敏度。

6.5.2 结果分析

根据以上分析，利用 Matlab 软件，得到的结果如下：

表 25 改进一次二阶矩法的可靠性灵敏度分析结果

	$\frac{\partial P_f}{\partial \mu_{x_1}}(\times 10^{-3})$	$\frac{\partial P_f}{\partial \mu_{x_2}}(\times 10^{-3})$	$\frac{\partial P_f}{\partial \mu_{x_3}}(\times 10^{-3})$	$\frac{\partial P_f}{\partial \mu_{x_4}}(\times 10^{-3})$	$\frac{\partial P_f}{\partial \mu_{x_5}}(\times 10^{-3})$
AFOSM	-0.4676	-0.3143	-0.1697	-0.6166	-0.5964

表 25 改进一次二阶矩法的可靠性灵敏度分析结果

	$\frac{\partial P_f}{\partial \sigma_{x_1}}(\times 10^{-3})$	$\frac{\partial P_f}{\partial \sigma_{x_2}}(\times 10^{-3})$	$\frac{\partial P_f}{\partial \sigma_{x_3}}(\times 10^{-3})$	$\frac{\partial P_f}{\partial \sigma_{x_4}}(\times 10^{-3})$	$\frac{\partial P_f}{\partial \sigma_{x_5}}(\times 10^{-3})$
AFOSM	1.3219	0.8196	0.1514	2.5612	2.4085

由表 25 知可靠指标 $\beta=1.233$ 失效概率 $P_f=0.1087$ 说明该模型还是比较有效的。从表格还知道，第四主成分和专家评分结果的可靠性敏感度比较大，专家评分结果的可靠性敏感度大的原因在于专家具备风险管理方面的专业知识，他们的评分结果具有权威性，很大程度上能够直接作为评价土地风险的建议。所以，一旦专家评价结果出现落差会导致评价结果的波动。而第四主成分因素主要是由拆迁人口数决定的。由于人口拆迁需要政府耗费大量的人力和财力，自然对风险性影响很显著

6.5.3 建立优化模型及求解

由于各类指标间不存在相关性或相关性很弱，且变量的可靠性敏感度与模型的稳健性相关，一般可靠性敏感度越小，模型的稳健性越好。因此，用各指标间的敏感度的线性相关组合要小于阈值 P 是，模型才依然适用。因此，我们用各指标的系数的平方和作为优化目标，建立优化模型如下：

$$\text{目标函数： } \max = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2$$

约束条件：

st.

$$\sum_{i=0}^5 x_i \frac{\partial P_t}{\partial \mu_{x_i}} \leq P;$$

$$x_i \frac{\partial P_t}{\partial \mu_{x_i}} < \frac{n-1}{n} P;$$

$$x_i \geq 0;$$

利用 lingo 软件求得结果为：

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.8199316E-01	0.000000
X2	0.1219854	0.000000
X3	0.2259281	0.000000
X4	0.6217970E-01	0.000000
X5	0.6428571E-01	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.8064578E-01	1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.3506978
4	0.000000	0.7762352
5	0.000000	2.662677
6	0.000000	0.2016857
7	0.000000	0.2155792

图 10 结果图

表 26 最优解表

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
最优解	0.8199316E-01	0.1219854	0.2259281	0.6217970E-01	0.6428571E-01

利用求得的最优解，代入一下方程组

$$\begin{cases} \Delta\mu = |\mu'_{x_i} - \mu_{x_i}| \\ x_i \cdot \frac{\partial P}{\partial \mu_{x_i}} = -\frac{c_i}{\sqrt{2\pi}\sigma_G} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\mu'_G}{\sigma_G}\right)^2\right], \text{ 求得} \\ \mu'_G = c_0 + \sum_{i=1}^n c_i \mu_{x_i} + c_i (\mu'_{x_i} - \mu_{x_i}) \end{cases}$$

每一个指标的最大均值变动值及得各指标运行的变动区间如下表：

表 27 结果表

因素	1	2	3	4	5
$\Delta\mu_{x_i}$	0.1024	0.1086	0.1202	0.1058	0.1044
$(\mu \pm \Delta\mu_{x_i})$	(0.31,0.52)	(0.27,0.49)	(0.01,0.25)	(0.51,0.72)	(0.49,0.70)

7 模型的评价

7.1 模型的优点

- (1) 聚类分析模型是直观，结论形式简明。
- (2) BP 神经网络的非线性映射能力强、自学能力强、还具有一定的容错能力。

(3)主成分分析可消除评价指标之间的相关影响、减少指标选择的工作量、在综合评价函数中,各主成分的权数为其贡献率,它反映了该主成分包含原始数据的信息量占全部信息量的比重,这样确定权数是客观的、合理的,它克服了某些评价方法中认为确定权数的缺陷。另外,这种方法的计算比较规范,便于在计算机上实现,还可以利用专门的软件。

(4)对于极限状态方程非线性程度不大的情况,改进的一次二阶矩法能给出近似精度较高的结果。

7.2 模型的局限性

(1)在样本量较大时,要获得聚类结论有一定困难。由于相似系数是根据被试的反映来建立反映被试间内在联系的指标,而实践中有时尽管从被试反映所得出的数据中发现他们之间有紧密的关系,但事物之间却无任何内在联系,此时,如果根据距离或相似系数得出聚类分析的结果,显然是不适当的,但是,聚类分析模型本身却无法识别这类错误。

(2)BP神经网络算法收敛速度慢、结构选择不一、对样本的依赖性大。

(3)主成分的解释其含义一般多少带有点模糊性,不像原始变量的含义那么清楚、确切,这是变量降维过程中不得不付出的代价。

(4)对于改进的一次二阶方法模型,在功能函数非线性程度较大的情况下,迭代算法受初始点影响较大;对具有多个设计点的问题,改进的一次二阶矩法可能会陷入局部最优,甚至不收敛。另外,此模型对极限状态方程的解析表达式有一定的依赖性。

参考文献

- [1]苗春霖.土地储备的风险与对策[J].中国土地,2005,(1):28-29.
- [2]姜启源,谢金星,叶俊,数学模型(第三版)[M],北京:高等教育出版社,2003.8.
- [3]杨军,土地储备风险管理的研究,同济大学博士学位论文.
- [4]韩玉涛,净现值法(NPV)和内部收益率法(IRR)应用探讨[J].安徽大学学报(哲学社会科学版),2000,2:38-44.
- [5]陈小花,基于神经网络的房地产投资项目风险评价模型研究,现代经济信息.2011年第5期,172-173页
- [6]马莉,MATLAB数学实验与建模[M],北京:清华大学出版社,2010.
- [7]喻全余.用改进的一次二阶矩法就应力-强度系统的可靠度系数.机械设计,1997,12:36-38.
- [8]宋云连,李树军,刘文白,结构可靠性分析——AFOSM的进一步精确化.计算力学学报.2003,20(1):121-126.
- [9]徐凤菊,基于主成分分析法的财务风险评价模型,财会月刊,2008年12月.

附录

BP神经网络 MATLAB 代码:

```
%% 清空环境变量  
clc  
clear
```

```
%% 训练数据预测数据提取及归一化
input=xlsread('C:\Users\Administrator\Desktop\BPnet.xls','a1:h74');
output1=xlsread('C:\Users\Administrator\Desktop\BPnet.xls','i1:i74');

%从 1 到 74 间随机排序
k=rand(1,74);
[m,n]=sort(k);

%把输出从 1 维变成 4 维
for i=1:74
    switch output1(i)
        case 1
            output(i,:)= [1 0 0 0];
        case 2
            output(i,:)= [0 1 0 0];
        case 3
            output(i,:)= [0 0 1 0];
        case 4
            output(i,:)= [0 0 0 1];
    end
end

%随机提取 74 个样本为训练样本，74 个样本为预测样本
input_train=input(n(1:74),:);
output_train=output(n(1:74),:);
input_test=input(n(1:74),:);
output_test=output(n(1:74),:);

%输入数据归一化
[inputn,inputps]=mapminmax(input_train);

%% 网络结构初始化
innum=8;
midnum=6;
outnum=4;

%权值初始化
w1=rands(midnum,innum);
b1=rands(midnum,1);
w2=rands(midnum,outnum);
b2=rands(outnum,1);

w2_1=w2;w2_2=w2_1;
w1_1=w1;w1_2=w1_1;
```

```
b1_1=b1;b1_2=b1_1;
b2_1=b2;b2_2=b2_1;

%学习率
xite=0.1
alfa=0.01;

%% 网络训练
for ii=1:10
    E(ii)=0;
    for i=1:1:74
        %% 网络预测输出
        x=inputn(:,i);
        % 隐含层输出
        for j=1:1:midnum
            I(j)=inputn(:,i)'*w1(j,:)+b1(j);
            Iout(j)=1/(1+exp(-I(j)));
        end
        % 输出层输出
        yn=w2'*Iout'+b2;

        %% 权值阈值修正
        %计算误差
        e=output_train(:,i)-yn;
        E(ii)=E(ii)+sum(abs(e));

        %计算权值变化率
        dw2=e*Iout;
        db2=e';

        for j=1:1:midnum
            S=1/(1+exp(-I(j)));
            FI(j)=S*(1-S);
        end
        for k=1:1:innum
            for j=1:1:midnum
                dw1(k,j)=FI(j)*x(k)*(e(1)*w2(j,1)+e(2)*w2(j,2)+e(3)*w2(j,3)+e(4)*w2(j,4));
                db1(j)=FI(j)*(e(1)*w2(j,1)+e(2)*w2(j,2)+e(3)*w2(j,3)+e(4)*w2(j,4));
            end
        end

        w1=w1_1+xite*dw1';
        b1=b1_1+xite*db1';
        w2=w2_1+xite*dw2';
```

```
b2=b2_1+xite*db2';

w1_2=w1_1;w1_1=w1;
w2_2=w2_1;w2_1=w2;
b1_2=b1_1;b1_1=b1;
b2_2=b2_1;b2_1=b2;
end
end

%% 语音特征信号分类
inputn_test=mapminmax('apply',input_test,inputps);

for ii=1:1
    for i=1:74

        for j=1:1:midnum
            I(j)=inputn_test(:,i)*w1(j,:)+b1(j);
            Iout(j)=1/(1+exp(-I(j)));
        end

        fore(:,i)=w2*Iout'+b2;
    end
end

%% 结果分析
%根据网络输出找出数据属于哪类
for i=1:74
    output_fore(i)=find(fore(:,i)==max(fore(:,i)));
end

%BP 网络预测误差
error=output_fore-output1(n(1:74))';

%画出预测语音种类和实际语音种类的分类图
figure(1)
plot(output_fore,'r')
hold on
plot(output1(n(1:74)),'b')
legend('预测类别','实际类别')

%画出误差图
figure(2)
plot(error)
title('BP 网络分类误差','fontsize',12)
```

```
xlabel('风险项目','fontsize',12)
ylabel('分类误差','fontsize',12)

k=zeros(1,4);
%找出判断错误的分类属于哪一类
for i=1:74
    if error(i)~=0
        [b,c]=max(output_test(:,i));
        switch c
            case 1
                k(1)=k(1)+1;
            case 2
                k(2)=k(2)+1;
            case 3
                k(3)=k(3)+1;
            case 4
                k(4)=k(4)+1;
        end
    end
end

%找出每类的个体和
kk=zeros(1,4);
for i=1:74
    [b,c]=max(output_test(:,i));
    switch c
        case 1
            kk(1)=kk(1)+1;
        case 2
            kk(2)=kk(2)+1;
        case 3
            kk(3)=kk(3)+1;
        case 4
            kk(4)=kk(4)+1;
    end
end

%正确率
rightidio=(kk-k)/kk

关联度 MATLAB 代码:
clear all;
clc;
```



```
x=xlsread('C:\Users\Administrator\Desktop\guanliandu.xls');
x=x';
x0=x(26,:);%参考序列
m=size(x,1);n=size(x,2);
for i=1:n
    avg(i)=0;%均值初始化
end
for i=1:m
    for j=1:n
        avg(j)=avg(j)+x(i,j);
    end
end%求均值序列
for i=1:n
    avg(i)=avg(i)/m;
end
for j=1:m
    for i=1:n
        x(j,i)=x(j,i)/avg(i);%均值化
    end
end
for i=1:n
    x0(i)=x0(i)/avg(i);%参考序列均值化
end
for j=1:m
    for i=1:n
        delta(j,i)=abs(x(j,i)-x0(i));
    end
end
max=delta(1,1);
for j=1:m
    for i=1:n
        if delta(j,i)>max
            max=delta(j,i);
        end
    end
end
%求两极差
min=0;
for j=1:m
    xgd(j)=0;
    for i=1:n
        glxs(j,i)=0.5*max/(0.5*max+delta(j,i));%计算关联系数及相关度
        xgd(j)=xgd(j)+glxs(j,i);
    end
end
```

```

    xgd(j)=xgd(j)/n;
end
xgd

```

lingo 代码:

```

max=x1*x1+x2*x2+x3*x3+x4*x4+x5*x5;
0.4676*x1+0.3143*x2+0.1697*x3+0.6166*x4+0.5964*x5<=0.1917;
0.4676*x1<0.1917/5;0.3143*x2<0.1917/5;0.1697*x3<0.1917/5;0.6166*x4<0.1917/5;0.5964*x5<
=0.1917/5;

```

问题四 MATLAB 代码

```

clear;clc;
X=[0.315708536 0.28356195 0.231179193 0.510893975 0.493881857];
miu=[0.415708536 0.38356195 0.131179193 0.610893975 0.593881857];
sigma=[0.160771174 0.22074519 0.139807333 0.179191263 0.180088039];
a=[2.585715616 1.737577837 0.938285493 3.40917278 3.297730716];
landa=a;
f2=exp(-X(1,2)/miu(1,2))/miu(1,2);
f3=exp(-X(1,3)/miu(1,3))/miu(1,3);
F2=1-exp(-X(1,2)/miu(1,2));
F3=1-exp(-X(1,3)/miu(1,3));
sigma(1,2)= normpdf(norminv(F2,0,1),0,1)/f2;
miu(1,2)=X(1,2)-sigma(1,2)*norminv(F2,0,1);
sigma(1,3)= normpdf(norminv(F3,0,1),0,1)/f3;
miu(1,3)=X(1,3)-sigma(1,3)*norminv(F3,0,1);
miu=[0.415708536 0.38356195 0.131179193 0.610893975 0.593881857];
sigma=[0.160771174 0.22074519 0.139807333 0.179191263 0.180088039];
sum=0;
for i=1:1:5;
sum=sum+a(1,i)*a(1,i)*sigma(1,2)*sigma(1,2);
end
for i=1:1:5;
landa(1,i)=-a(1,i)*sigma(1,i)/sqrt(sum);
end
sum2=0;
for i=1:1:5;
sum2=sum2+a(1,i)*(miu(1,i)-X(1,i));
end
beta=sum2/sqrt(sum);beta1=212;
for i=1:1:5;
X(1,i)=miu(1,i)+sigma(1,i)*landa(1,i)*beta;
end
while abs(beta-beta1)>0.5
beta1=beta;

```

```

f2=exp(-X(1,2)/miu(1,2))/miu(1,2);
f3=exp(-X(1,3)/miu(1,3))/miu(1,3);
F2=1-exp(-X(1,2)/miu(1,2));
F3=1-exp(-X(1,3)/miu(1,3));
sigma(1,2)= normpdf(norminv(F2,0,1),0,1)/f2;
miu(1,2)=X(1,2)-sigma(1,2)*norminv(F2,0,1);
sigma(1,3)= normpdf(norminv(F3,0,1),0,1)/f3;
miu(1,3)=X(1,3)-sigma(1,3)*norminv(F3,0,1);
miu=[0.515708536 0.48356195 0.231179193 0.510893975 0.93881857];
sigma=[0.160771174 0.22074519 0.139807333 0.179191263 0.180088039];
sum=0;
for i=1:1:5;
sum=sum+a(1,i)*a(1,i)*sigma(1,2)*sigma(1,2);
end
for i=1:1:5;
landa(1,i)=-a(1,i)*sigma(1,i)/sqrt(sum);
end
sum2=0;
for i=1:1:5;
sum2=sum2+a(1,i)*(miu(1,i)-X(1,i));
end
beta=sum2/(sum);
for i=1:1:5;
X(1,i)=miu(1,i)+sigma(1,i)*landa(1,i)*beta;
end
end
miug=0;sigmag=0;
for i=1:5;
miug=miug+a(1,i)*miu(1,i);
sigmag=sigmag+a(1,i)*a(1,i)*sigma(1,i)*sigma(1,i);
end
%beta=miug/sqrt(sigmag);
Pf=normcdf(-beta,0,1);
pmiu=miu;psigma=sigma;
for i=1:5;
pmiu(1,i)=-a(1,i)*exp(-beta*beta/2)/(sqrt(sigmag*2*pi));
psigma(1,i)=miug*sigma(1,i)*a(1,i)*a(1,i)*exp(-beta*beta/2)/(sigmag*sqrt(2*pi*sigmag));
end
Pf %失效概率
pmiu %均值可靠性灵敏度
psigma %标准差可靠性灵敏度
wo=a;
wi=[0.08199316 0.1219854 0.2259281 0.062197 0.06428571];
for i=1:5;

```

```
% wo(1,i)=sqrt(abs(2*sigmag*log(wi(1,i)*(-1*pmiu(1,i))*a(1,i)/sqrt(sigmag*2*pi))));  
  
wo(1,i)=abs(sqrt(abs(2*sigmag*log(wi(1,i)*(-1*pmiu(1,i))*a(1,i)/sqrt(sigmag*2*pi)))-sqrt(abs(2  
*sigmag*log((-1*pmiu(1,i))*a(1,i)/sqrt(sigmag*2*pi)))/a(1,i);  
end  
for i=1:5;  
    wo(1,i)=wi(1,i)*abs(pmiu(1,i))*wo(1,i)/0.1973;  
end  
wo    %指标变化均值
```

数学中国提供 (www.madio.net)