

软件项目方案选择灰色综合评价

刘维学

(渤海大学 信息科学与技术学院, 辽宁 锦州 121013)

摘要:方案选择与评价是可行性研究阶段和招标投标阶段的重要环节,决定着软件项目的成败。针对软件项目方案难以评价的特点,文中运用灰色综合评价方法进行研究。首先,建立评价指标体系,包括评价指标体系模型、评价指标描述以及其他相关工作;接着,建立数学模型,包括确定评价指标、定性指标量化、确定最优指标集、确定原始评价矩阵、规范化处理、确定评价矩阵、灰色综合评价等步骤;最后,给出了具体评价实例。结果表明,运用灰色系统理论对软件项目方案进行评价,可以扩大信息源,提高评价结果的可信度。

关键词:软件项目;方案选择;灰色综合评价;指标体系

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)12-0051-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.12.012

Gray Comprehensive Evaluation of Software Project Scheme Selection

LIU Wei-xue

(College of Information Science and Technology, Bohai University, Jinzhou 121013, China)

Abstract: Scheme selection and evaluation are the important part of feasibility study phase and tendering and bidding phase, determining the success or failure of a software project. For the characteristics that the software project program is difficult to evaluate, use gray comprehensive evaluation method to study. First, establish the evaluation index system, including evaluation index system model, evaluation index description and other related works. Then, establish a mathematical model, including determining evaluation index, quantifying qualitative index and determining the optimal index set and the original evaluation matrix, standardized processing, determining the evaluation matrix, gray comprehensive evaluation and other steps. Finally, show the specific evaluation instance. The results show that use gray system theory to evaluate the software project program, can expand information sources and improve the credibility of evaluation results.

Key words: software project; scheme selection; gray comprehensive evaluation; index system

0 引言

在软件项目的可行性研究阶段,通常有多个备选方案。方案选择与评价过程就是依据大量的可行性研究资料,运用科学方法,进行正确的评价和判断,选出最优方案的过程。在项目的招标投标阶段,每个投标单位也都会设计一个软件解决方案,评标人员要对这些方案进行评价,从中选择出中标方案和备选中标方案。只有方案选择正确,项目才能成功,如果选择错误,项目可能失败;只有方案选择正确,才是最大的节约,如果选择错误,就是最大的浪费^[1]。因此,方案选择与评价是可行性研究阶段和招标投标阶段的重要环节,选择正确与否,决定着项目的成败得失和效益的高低好坏,决定着整个项目的发展前途与命运,也间接决定着软件项目应用单位与开发单位的未来发展。

灰色系统研究的是部分信息明确、部分信息未知的小样本、贫信息、不确定性的系统,通过对已知信息的生成去了解认识现实世界。在软件项目开发前期,很多信息具有不确定性,或者是基于假设进行评价,因此,利用灰色系统理论进行评价可以扩大信息源,提高评价结果的可信度^[2]。

1 建立评价指标体系

制定科学、系统、全面的评价指标体系,是系统评价的基础性工作。采用单一指标或几个指标对可选方案进行评价具有一定的片面性和主观性,通常是建立评价指标体系,体系泛指一定范围内或同类事物按照一定的秩序和内部联系组合而成的整体,只有科学合理的评价指标体系,才有可能得出科学公正的评价结

收稿日期:2013-02-27

修回日期:2013-06-10

网络出版时间:2013-09-29

基金项目:2011 辽宁省科学事业公益研究基金(2011004001)

作者简介:刘维学(1975-),男,讲师,研究方向为计算机应用、网络工程。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130929.1522.015.html>

论。

1.1 评价指标体系模型

质量和成本,是衡量项目成功与否的两个关键因素^[3],在以质量和成本为主要评价指标的前提下,还要考虑其他影响因素。比如,用户希望软件简单、正确、实用,开发人员希望易于开发、易于实现,测试人员希望易于测试,维护人员希望易于维护,管理人员希望节约成本。通过广泛的调研和综合分析,软件项目方案评价指标体系归纳为 9 个指标,评价指标体系模型结构如图 1 所示。

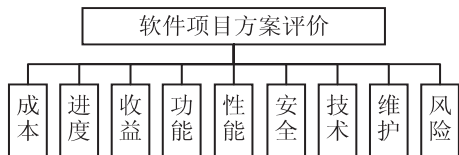


图 1 软件项目方案评价指标体系模型结构

1.2 评价指标描述

对图 1 中的各评价指标描述如下^[4]：

(1)成本。是在整个项目生命周期内发生的全部支出之和,不同于工业产品生产过程中发生的费用。包括劳动力成本、设计开发成本、硬件成本、税金成本、管理费用、财务费用、服务成本等。

(2)进度。方案选择阶段属于进度计划的范畴。是对执行的活动和里程碑制定的工作计划日期表,决定是否达到预期目的、是跟踪和沟通项目进展状态的依据、也是跟踪变更对项目影响的依据。

(3)效益。包括直接经济效益和间接社会效益。直接经济效益是软件项目能够直接获取的,并且能够用资金度量的效益。间接社会效益是指提高企业的信誉和形象、提高管理水平等方面的效益。

(4)功能。软件功能是软件应具有的功效和作用,软件目标通过软件功能来表达和实现,软件功能也是软件呈现给用户的直接效果。用户通过软件提供的功能来认识、使用 and 评价系统。

(5)性能。软件性能是软件的非功能特性,是在完成功能时展示出来的及时性、准确性和灵活性。主要包括软件响应时间、系统响应时间和应用延迟时间、吞吐量、并发用户数、资源利用率等指标^[5]。

(6)安全^[6]。这里主要是指网络信息安全,其实是保护软件系统或网络中的信息资源免受各种类型的威胁、干扰和破坏,包括操作系统、数据库系统、安全协议、安全机制、信息网络等方面。

(7)技术。主要是评价技术方面的可行性,是分析在特定条件下,技术资源的可用性和这些技术资源用于解决软件项目问题的可能性和现实性。技术不一定是越先进越好,尽可能采用成熟技术。

(8)维护。软件维护是软件生命周期中花钱最多

耗时最长的阶段,软件机构可能要将 60% ~ 80% 的精力用在现有软件维护上。因此,方案选择阶段将软件的可维护性作为重要的评价指标。

(9)风险^[7]。软件项目风险是有关软件项目、软件开发过程或软件产品将要损失的可能性,涉及控制进度、成本和技术目标等。软件项目风险可归纳为需求风险、技术风险、管理风险等三种类型。

1.3 建立评价指标体系的相关工作

建立完整的指标体系,在确定了评价指标后,还有以下 3 项工作需要完成:

(1)定性指标定量化。在综合评价时,有些指标是定量的、有些是定性的,必须将定性指标定量化后才能进行评价^[8]。在上述 9 个指标中,“成本、进度、收益、功能、性能、安全”是定量的,“技术、维护、风险”是定性的。其中,“成本、收益”用货币单位表示;“进度”用时间长度单位表示;“功能、性能、安全”用百分比表示;“技术”用“优、良、中、差”表示,定量化值分别为“5、4、3、2”;“维护”用“难、中、易”表示,定量化值分别为“7、5、3”;“风险”用“高、偏高、中、偏低、低”表示,定量化值分别为“11、9、7、5、3”。

(2)成本型与效益型指标的确定。成本型指标是指数值越小越好的指标,上述的“成本、进度、维护、风险”等四个指标属于成本型指标。效益型指标是指数值越大越好的指标,上述“收益、功能、性能、安全、技术”等五个指标属于效益型指标。

(3)指标权重的确定。确定权重的方法很多,比较常用的有^[9]:德尔菲法、古林法、层次分析法(AHP)、主成分分析法(PCA)、变异系数法(CVM)等。文中采用层次分析法,由于篇幅所限,在此仅给出计算结果{0.11, 0.08, 0.09, 0.17, 0.12, 0.13, 0.07, 0.15, 0.08}。对于不同的软件项目,指标权重不同,因此也可以选用不同的方法。

2 建立数学模型

数学模型是针对评价系统的特征或数量依存关系,采用数学语言,概括地或近似地表述出的一种数学结构,是进行评价的理论基础。灰色综合评价的数学模型分 7 个步骤建立,具体如下^[10-11]：

第 1 步:确定评价指标。

评价指标是对评价对象进行评价的依据。前面已建立了评价指标体系,这里的主要工作是确定各个备选方案的评价指标值。

第 2 步:定性指标定量化。

在评价指标体系建立中已说明了定性指标定量化的方法。此步骤的工作是对各个定性指标进行量化处理,得到定性指标的定量化值。在此需要说明的是,

当某个评价指标分级较多时,由优到劣(根据情况也可以是由劣到优)次序也相应地分为多级。比如可以是“1 级、2 级、3 级、4 级、5 级、6 级、7 级”,每级的量化值分别是“7、6、5、4、3、2、1”。量化值的大小要根据实际情况而定。

第 3 步:确定最优指标集 V^* 。

最优指标集是从各个评价对象的同一指标中选取最优的一个,各个评价指标的最优值组合称为最优指标集,是各个评价对象比较的基准。最优指标集表示为:

$$V^* = [v_1^* \quad v_2^* \quad \cdots \quad v_m^*] \quad (1)$$

式中, m 为评价指标的数量。

第 4 步:确定原始评价矩阵。

最优指标集和各个评价对象的指标值组成原始评价矩阵^[12]:

$$D = \begin{bmatrix} v_1^* & v_2^* & \cdots & v_m^* \\ v_1^1 & v_2^1 & \cdots & v_m^1 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ v_1^n & v_2^n & \cdots & v_m^n \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中, m 为评价指标数量; n 为可选方案数量; v_k^* 为所有可选方案中第 k 个指标的最优值; v_k^i 为第 i 个方案中第 k 个指标的原始值。

第 5 步:规范化处理^[13-14]。

各个评价指标的计量单位不同,因而无法直接进行比较。规范化处理的目的是消除不同指标在单位、量级上的差异。

评价指标可分为成本型(越小越优型)、效益型(越大越优型)、固定型(越接近某一标准值越优型)、区间型(越接近某一区间越优型),要对这些类型指标分别规范化。

(1)成本型指标的规范化公式为:

$$r_{ij} = \frac{\max_i d_{ij} - d_{ij}}{\max_i d_{ij} - \min_i d_{ij}} \quad (3)$$

(2)效益型指标的规范化公式为:

$$r_{ij} = \frac{d_{ij} - \min_i d_{ij}}{\max_i d_{ij} - \min_i d_{ij}} \quad (4)$$

(3)固定型指标,令最优标准值为 u_i ,规范化公式为:

$$r_{ij} = 1 - \frac{|d_{ij} - u_i|}{\max_i |d_{ij} - u_i|} \quad (5)$$

(4)区间型指标,令最优区间为 $[y_1, y_2]$,规范化公式分为三种情况:

当 $d_{ij} \leq y_1$ 时,

$$r_{ij} = 1 - \frac{y_1 - d_{ij}}{\max\{y_1 - \min_i d_{ij}, \max_i d_{ij} - y_2\}} \quad (6)$$

当 $y_1 < d_{ij} < y_2$ 时,

$$r_{ij} = 1 \quad (7)$$

当 $d_{ij} \geq y_2$ 时,

$$r_{ij} = 1 - \frac{d_{ij} - y_2}{\max\{y_1 - \min_i d_{ij}, \max_i d_{ij} - y_2\}} \quad (8)$$

规范化后得到规范化矩阵为:

$$R = (r_{ij})_{m \times n} \quad (9)$$

第 6 步:确定评价矩阵。

经过归一化处理后,以最优指标集为参考序列,各评价对象的指标为比较序列。对于第 i 个评价指标与最优指标集的第 k 个最优指标:

两极最小差为:

$$TOW_{\min} = \min_i \min_k |v_k^* - v_k^i| \quad (10)$$

两极最大差为:

$$TOW_{\max} = \max_i \max_k |v_k^* - v_k^i| \quad (11)$$

令 ρ 为分辨系数,在 $[0, 1]$ 中取值。则灰色关联系数为:

$$L_i(k) = \frac{TOW_{\min} + \rho TOW_{\max}}{|v_k^* - v_k^i| + \rho TOW_{\max}} \quad (12)$$

由各评价对象与最优指标的关联系数组成的评价矩阵为:

$$E = \begin{bmatrix} L_1(1) & L_2(1) & \cdots & L_n(1) \\ L_1(2) & L_2(2) & \cdots & L_n(2) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ L_1(m) & L_2(m) & \cdots & L_n(m) \end{bmatrix} \quad (13)$$

第 7 步:灰色综合评价。

由评价矩阵 E 和权重矩阵 W ,可求出用灰色关联度表示的评价结果:

$$B = E \times W^T \quad (14)$$

其中:

$$W^T = (w_1, w_2, \cdots, w_m)^T \quad (15)$$

$$b_i = \sum_{k=1}^m w_k \cdot L_i(k) \quad (16)$$

某方案的灰色关联度越大,说明该方案越接近于最优方案,因此可根据关联度的大小列出各评价方案的优劣顺序。

3 评价实例

某企业欲进行信息化建设,软件项目有甲、乙、丙、丁四个可选方案,现需要运用灰色综合评价方法对四个可选方案进行综合评价,从中选出最优方案。根据前面建立的灰色综合评价数学模型,综合评价过程如下:

第 1 步:确定评价指标。

每个方案有“成本、进度、收益、功能、性能、安全、

技术、维护、风险”等 9 个评价指标,各方案与其对应的评价指标值如表 1 所示。

表 1 可选择的多个方案及评价指标值

| 评价指标 | 甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| 成本/万元 | 80 | 120 | 60 | 150 |
| 进度/周 | 80 | 70 | 50 | 60 |
| 收益/万元 | 180 | 200 | 150 | 210 |
| 功能/% | 70 | 90 | 85 | 95 |
| 性能/% | 80 | 60 | 70 | 90 |
| 安全/% | 60 | 90 | 80 | 70 |
| 技术 | 差 | 良 | 中 | 优 |
| 维护 | 中 | 中 | 易 | 难 |
| 风险 | 偏高 | 偏低 | 高 | 中 |

第 2 步:定性指标量化。

运用建立指标体系时确定的定性指标量化方法得出的结果如表 2 所示。

表 2 定性指标量化结果

| 评价指标 | | 甲 | 乙 | 丙 | 丁 |
|------|----|----|----|----|---|
| 技术 | 定性 | 差 | 良 | 中 | 优 |
| | 定量 | 2 | 4 | 3 | 5 |
| 维护 | 定性 | 中 | 中 | 易 | 难 |
| | 定量 | 5 | 5 | 3 | 7 |
| 风险 | 定性 | 偏高 | 偏低 | 高 | 中 |
| | 定量 | 9 | 5 | 11 | 7 |

第 3 步:确定最优指标集 V^* 。

“成本、进度、维护、风险”等四个成本型指标越小越好,“收益、功能、性能、安全、技术”等五个效益型指标越大越好。根据表 1 和表 2 数据以及公式(1)得出的最优指标集为:

$$V^* = [60 \quad 50 \quad 210 \quad 95 \quad 90 \quad 90 \quad 5 \quad 3 \quad 5]$$

第 4 步:确定原始评价矩阵。

根据最优指标集 V^* 、表 1 和表 2 以及公式(2)确定的原始评价矩阵为:

$$D = \begin{bmatrix} 60 & 50 & 210 & 95 & 90 & 90 & 5 & 3 & 5 \\ 80 & 80 & 180 & 70 & 80 & 60 & 2 & 5 & 9 \\ 120 & 70 & 200 & 90 & 60 & 90 & 4 & 5 & 5 \\ 60 & 50 & 150 & 85 & 70 & 80 & 3 & 3 & 11 \\ 150 & 60 & 210 & 95 & 90 & 70 & 5 & 7 & 7 \end{bmatrix} \begin{matrix} V^* \\ \text{甲} \\ \text{乙} \\ \text{丙} \\ \text{丁} \end{matrix}$$

第 5 步:规范化处理。

根据成本型指标规范化公式(3)和效益型指标规范化公式(4),规范化处理的结果为:

$$R = \begin{bmatrix} 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 \\ 0.78 & 0 & 0.5 & 0 & 0.67 & 0 & 0 & 0.5 & 0.33 \\ 0.33 & 0.33 & 0.83 & 0.8 & 0 & 1.0 & 0.67 & 0.5 & 1.0 \\ 1.0 & 1.0 & 0 & 0.6 & 0.33 & 0.67 & 0.33 & 1.0 & 0 \\ 0 & 0.67 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.33 & 1.0 & 0 & 0.67 \end{bmatrix}$$

第 6 步:确定评价矩阵。

令分辨系数 $\rho = 0.5$,根据公式(10)至公式(13)计算的评价矩阵为:

$$E = \begin{bmatrix} 0.69 & 0.33 & 0.5 & 0.33 & 0.60 & 0.33 & 0.33 & 0.5 & 0.43 \\ 0.43 & 0.43 & 0.75 & 0.71 & 0.33 & 1.0 & 0.60 & 0.5 & 1.0 \\ 1.0 & 1.0 & 0.33 & 0.56 & 0.43 & 0.60 & 0.43 & 1.0 & 0.33 \\ 0.33 & 0.60 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.43 & 1.0 & 0.33 & 0.60 \end{bmatrix}$$

第 7 步:灰色综合评价。

由前述评价指标权重构成的权重矩阵为:

$$W = [0.11 \quad 0.08 \quad 0.09 \quad 0.17 \quad 0.12 \quad 0.13 \quad 0.07 \quad 0.15 \quad 0.08]$$

根据公式(14)至公式(16)得到的灰色综合评价结果为:

$$B = E \times W^T = \begin{bmatrix} 0.69 & 0.33 & 0.5 & 0.33 & 0.60 & 0.33 & 0.33 & 0.5 & 0.43 \\ 0.43 & 0.43 & 0.75 & 0.71 & 0.33 & 1.0 & 0.60 & 0.5 & 1.0 \\ 1.0 & 1.0 & 0.33 & 0.56 & 0.43 & 0.60 & 0.43 & 1.0 & 0.33 \\ 0.33 & 0.60 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.43 & 1.0 & 0.33 & 0.60 \end{bmatrix} \times [0.11 \quad 0.08 \quad 0.09 \quad 0.17 \quad 0.12 \quad 0.13 \quad 0.07 \quad 0.15 \quad 0.08]^T = [0.450 \ 8 \quad 0.636 \ 5 \quad 0.651 \ 0 \quad 0.687 \ 7]$$

根据评价结果可知,丁为最优方案、丙为次优方案、乙为排序第三方案、甲为最差方案。

4 结束语

软件技术的迅速发展为软件系统实现提供了更多选择,在开发前期经常需要进行方案评价^[15]。评价包括两个过程,一是指标体系构建,要遵循指标体系构建的一般原则,即科学性原则、系统性原则、实用性原则、全面性原则、统一性原则、可比性原则、评价方法一致性原则^[16];还要注重指标体系中指标的必要性,在不失全面性的情况下,为了评价简单,尽量减少体系中指标的个数。二是评价方法的选择,运筹学中的确定型决策、非确定型决策、风险型决策等经典方法,进行经济投资决策分析时经常用到,但用来进行多因素的软件项目方案选择评价具有片面性,因此尽量选择系统工程中的主成分分析法、数据包络分析法、模糊评价法、灰色评价法等。文中研究的内容是灰色评价法在软件项目方案评价的综合运用,要真正得到客观的评价结果,还需要在以后的研究中不断地完善和创新。

参考文献:

[1] Ren Y C,Xing T,Wang Li,et al. Scheme selection and decision-making method research on software project[C]//Proc of 2011 4th IEEE international conference on computer science and information technology. [s. l.]: IEEE Press,2011: 283-286. (下转第 58 页)

验证了 RFTCD 的正确性和有效性。

参考文献:

- [1] 孙正雅,陶卿.统计机器学习综述;损失函数与优化求解[J].中国计算机学会通讯,2009,5(8):7-14.
- [2] 周志华,杨强.机器学习及其应用 2011[M].北京:清华大学出版社,2011.
- [3] 边肇祺,张学工.模式识别[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [4] 周志华.机器学习[J].中国计算机学会通讯,2009,5(8):6-6.
- [5] Ben-Tal A,Nemirovski A. Lectures on modern convex optimization: Analysis, algorithms, and engineering applications [M]. Philadelphia:SIAM,2001.
- [6] Chambolle A,de Vore R A, Lee N Y, et al. Nonlinear wavelet image processing: Variational problems, compression, and noise removal through wavelet shrinkage[J]. IEEE trans on image processing, 1998,7(3):319-335.
- [7] Figueiredo M A T, Nowak R D. An EM algorithm for wavelet-based image restoration[J]. IEEE trans on image processing, 2003,12(8):906-916.
- [8] Daubechies I, Defrise M, Mol C D. An iterative thresholding algorithm for linear inverse problems with a sparsity constraint [J]. Comm pure appl math, 2004,57(11):1413-1457.
- [9] Bredies K, Lorenz D. Iterative soft-thresholding converges linearly[R/OL]. 2008. <http://arxiv.org/abs/0709.1598v3>.
- [10] Bruck R J. On the weak convergence of an ergodic iteration for the solution of variational inequalities for monotone operators in Hilbert space[J]. J math anal appl, 1977,61(1):159-164.
- [11] Beck A, Teboulle M. A fast iterative shrinkage-thresholding

algorithm for linear inverse problems[J]. Society for industrial and applied mathematics, 2009,2(3):183-202.

- [12] Fu W J. Penalized regressions: The bridge versus the lasso [J]. Journal of computational and graphical statistics, 1998,7(3):397-416.
- [13] Friedman J, Hastie T, Tibshirani R, et al. Pathwise coordinate optimization[J]. The annals of applied statistics, 2007,1(2):302-332.
- [14] Chang Kaiwei, Hsieh C J, Lin C J. Coordinate descent method for large-scale L2-loss linear support vector machines[J]. Journal of machine learning research, 2008,49(7):1369-1398.
- [15] Lin C J, Ruby C W, Keerthi S. Trust region Newton method for large-scale logistic regression[J]. Journal of machine learning research, 2008,9(10):627-650.
- [16] Shalev-Shwartz S, Singer Y, Srebro N. Pegasos: Primal estimated sub-gradient solver for SVM[C]//Proc of the 24th international conference on machine learning. New York:ACM, 2007:807-814.
- [17] Franc V, Sonnenburg S. Optimized cutting plane algorithm for support vector machines[C]//Proc of the 25th international conference on machine learning. New York:ACM, 2008:320-327.
- [18] Xiao Ling. Dual averaging methods for regularized stochastic learning and online optimization[J]. The journal of machine learning research, 2010,3(11):2543-2569.
- [19] 陈宝林.最优化理论与算法[M].第2版.北京:清华大学出版社,2005.
- [20] 袁亚湘,孙文瑜.最优化理论与方法[M].北京:科学出版社,2007.

(上接第 54 页)

- [2] 金玲玲,汪文俊,王喜凤.大学生综合素质的灰色模糊聚类评价模型[J].计算机技术与发展,2012,22(5):109-112.
- [3] 任永昌,彭霞,常革新.软件项目质量控制相关技术研究[J].计算机技术与发展,2012,22(10):143-146.
- [4] 任永昌.软件项目管理[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [5] 百度百科.软件性能[EB/OL]. 2012-12-01. <http://baike.baidu.com/view/1812806.html>.
- [6] 百度知道.简述信息安全的重要性[EB/OL]. 2012-12-01. <http://zhidao.baidu.com/question/337046357.html>.
- [7] Na K S, Simpson J T, Li Xiaotong, et al. Software development risk and project performance measurement: Evidence in Korea [J]. Journal of systems and software, 2007,80(4):596-605.
- [8] 邹珊刚,唐炎钊.投资项目的灰色综合评价及应用[J].华中理工大学学报,1999,27(7):92-94.
- [9] MBA 智库百科.权重的设定方法[EB/OL]. 2012-12-01. <http://wiki.mbalib.com/wiki/权重>.
- [10] 吴祈宗.系统工程[M].北京:北京理工大学出版社,2006.
- [11] Baskaran V, Nachiappan S, Rahman S. Indian textile suppliers

' sustainability evaluation using the gray approach [J]. International journal of production economics, 2012,135(2):647-658.

- [12] Zhou J G, Wang Y X, Li B. Study on optimization of denitration technology based on gray-fuzzy combined comprehensive evaluation model [J]. Systems engineering procedia, 2012,4(1):210-218.
- [13] 张晓明.决策分析中的数据无量纲化方法比较分析[J].闽江学院学报,2012,33(5):21-25.
- [14] 叶宗裕.关于多指标综合评价中指标正向化和无量纲化方法的选择[J].浙江统计,2003,22(4):24-25.
- [15] 张晓丰,郭建胜,张凤鸣.软件方案选择灰局势决策[J].微电子学与计算机,2006,23(1):105-107.
- [16] Ren Y C, Xing T, Liu D C. Establishment of comprehensive capacity evaluation index system on system analyst[C]//Proc of 10th conference on man-machine-engineering. USA:Scientific Research Publishing, 2010:43-47.

软件项目方案选择灰色综合评价

作者：[刘维学, LIU Wei-xue](#)

作者单位：[渤海大学 信息科学与技术学院, 辽宁 锦州, 121013](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：

ISTIC

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

[2013\(12\)](#)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201312012.aspx