

文章编号: 1001-0920(2005)03-0321-04

基于模糊灰关联分析的软件引入决策模型

林志栋¹, 蒋子平²

(1. 中央大学 土木工程研究所, 台湾 桃园 320; 2. 立德管理学院 物流管理学系, 台湾 台南 709)

摘要: 在模糊环境下提出软件引入的决策模型。该模型是基于移除分辨系数的灰关联分析, 案例是评价台湾地区路面管理系统的最佳化优选问题。应用德菲法搜集的案例数据展示了省道和县、乡道主管部门对软件的认知差异和需求偏好。采用理想解趋近法(TOPSIS)比较该模型的强健性。对比结果显示两种方法均建议引入Micro PAV ER 5.1软件, 而所提出模型的适用性比TOPSIS更为广泛。

关键词: 路面管理系统; 软件引入; 模糊灰关联分析; 决策模型

中图分类号: TP391

文献标识码: A

Decision model for software implementation based on fuzzy grey relational analysis

L IN Jyh-dong¹, CH IAN G Zi-ping²

(1. Department of Civil Engineering, National Central University, Taoyuan, Taiwan 320, China; 2. Department of Logistics Management, Leader University, Tainan, Taiwan 709, China. Correspondent: CH IAN G Zi-ping, E-mail: ziping@mail.leader.edu.tw)

Abstract: A decision model for software implementation under a fuzzy environment is developed. The model is based on the grey relational analysis which eliminates the distinguishing factor and is used for estimating the optimum option of a pavement management system in Taiwan. Case data collected by the Delphi method show the cognition difference and demand and preference of superintendents in a county and in a city. The TOPSIS method is used for comparing the robustness of the model. The result shows that these two approaches all suggest implementing Micro PAV ER 5.1. Furthermore, the appropriateness of the developed model is more extensive than TOPSIS.

Key words: pavement management system; software implementation; fuzzy-grey relational analysis; decision model

1 引言

随着信息科技的进步, 引入软件系统可带来许多量化和非量化的效益。举例而言, 民间企业引入符合本身需求的信息系统, 可塑造更健全、更具竞争力的体制; 而基于时间和成本的考量, 引入市场上现有的软件包系统, 如各种企业资源规划(ERP)和顾客关系管理(CRM)等软件, 并快速有效地完成系统顾客化, 能使系统确实客制化以配合企业运作, 从而提高营运效益。这种系统的引入, 除需结合管理、工程、信息等多方面技术外, 更与企业运作和企业流程密切相关。它牵涉到企业整体的复杂问题, 已被普遍研

究和讨论^[1-3]。

与民间企业相比, 非民间机构软件系统的引入需同时面对法令、组织、流程、软件、硬件系统和信息整合的复杂问题, 成为一项重要而艰巨的工作。为探讨这一问题, 本文以运输决策系统环节中的路面管理系统(PMS)为例, 探讨非民间机构引入软件系统的分析准则和方案优选模式。

2 台湾地区路面管理系统引入的历史、效益与问题

路面管理的意义在于协调和控制所有与路面相

收稿日期: 2004-04-21; 修回日期: 2004-08-12

作者简介: 林志栋(1949—), 男, 台湾台北人, 教授, 博士生导师, 从事工程材料、路面管理系统等研究; 蒋子平(1975—), 男, 台湾台北人, 助理教授, 从事路面管理系统、系统分析与设计的研究。

关的各项活动 过程是通过一系列的分析方法,进行预算、人力、机具、材料等资源的配置和实施 目的是在路面分析周期内,以合适的成本维持合适的服务水平 实施方法是提供各种可行维护方案,使路面主管部门有所依据,并依此发展路面的兴建和维护策略 由于实施路面管理所需的数据和程序并非任何人力所能执行,而信息技术逐渐成熟,以软件系统来落实路面管理已成为一种趋势和规范

Finn 探讨了路面管理系统的过去、现在和未来,特别强调进行维护管理的实行者是工程师而非软件,路面管理系统仅是落实路面管理的工具^[4] 延伸其观念,可将PMS视为决策支持系统(DSS)的一部分,最终的功用在于为决策者提供足够的信息,以期能作出恰当的决策 从管理科学的角度评估PMS,可将PMS视为利用系统的方法,针对不同管理阶层制订一系列最佳化管理策略,并借助于常年持续的资料回馈和研究,提供未来改善的建议,以使系统化的流程趋于完备 从项目管理中戴明环的角度评估,PMS整体的运作流程与戴明环所强调的“计划 执行 核查 行动”循环是一致的

决策支持系统所论述的效益可分为量化和无法量化两种,量化效益通常折算成金额 美国亚利桑那州、得克萨斯州、宾夕法尼亚州和华盛顿州采用PMS,可带来多种可量化的效益,其中包括减轻工程师的负担,提供更高品质的路面绩效,节省维护经费,提高使用者绩效对成本的比率 引入PMS可降低约8.6%~13.5%的维护经费,效益成本比由33:1提升至51:1;若加入使用者成本,则总效益成本比可由200:1提升至500:1

由以上分析可知,PMS已成为各地区掌握路面工程养护方法及经费分布,并提供各种效益的工具 台湾地区发展PMS始于1983年所发布的“台湾地区高速公路路面养护管理系统”,其主要功能是利用路面服务指标(PSI)评估路面对使用者的主观服务绩效,并依据PSI决定养护方法和优先级 其后,一些学者进行了一系列的PMS相关研究以及软件开发 遗憾的是,推行20余年的各种PMS软件,由于其功能需求、友好的使用者接口、主管人员的主观意志等问题尚须改进,并没有在台湾地区各层级实际实行,也没有任何实行效益的文献资料可供比较

究其原因,可以说是软件引入不良所致 软件引入可分为自制、委外和购买软件包3种 就经费和实行层面而言,购买软件包是最具经济效益的选择 本文采用国际上普遍使用的Micro PAVER 5.1和高速公路发展及管理软件(HDM-4.2),作为台湾地区实施PMS的替选方案

3 分析方法

本文以邓聚龙教授所创立的灰关联分析为基础^[5],并改良了灰关联度的测度公式 分析准则中具有口语变量的特点,因此采用模糊集合来拓展分析值域,发展模糊灰关联分析决策模式 以该模式探讨了Micro PAVER 5.1和HDM-4.2两套PMS在台湾地区的适用性,并运用理想解趋近法(TOPSIS)验证其效益 本文所使用的符号定义如表1所示

表1 本文的符号定义

符号	符号意义
$\mathcal{Y}(x_o(k), x_i(k))$	x_o 序列和 x_i 序列中第 k 个因子的灰关联度, $1 \leq i, j, 1 \leq k \leq n$
ζ	分辨系数, $0 < \zeta < 1$
$X_j(n)$	决策评估矩阵, 意指 j 个方案和 n 个评估准则的绩效值, $X_j(n) \in \tilde{A}$
\tilde{A}	模糊集合值域, 所有模糊集合均以归属度为 0 和 1 所对应值域的值记录
$\bar{X}_i(k)$	第 i 个方案中 k 个评估准则的正规化值
O_B	目标准则中的目标值
$\mathcal{Y}(\bar{X}_o, \bar{X}_i)$	\bar{X}_o 序列和 \bar{X}_i 序列的灰关联序
Γ	优选方案, 意指经过灰关联分析后, 由所有方案集合所建议的最适方案
W_i	评估准则的权重, $1 \leq i \leq n$

3.1 模糊灰关联分析

系统内各因子间常存在不明确的影响关系,这种由不完全或不确定信息所构成的系统通常无法明确描述,更难以用一般的方法进行分析 邓聚龙教授提出的灰色理论,以各方案的灰关联度度量各方案内各因子间的变化,分析系统发展过程中这些因子对系统的影响程度大小,由此获得各方案的灰关联序以进行正确决策

传统灰关联分析存在两个问题: 其一是量化数值属于布尔集合,无法进行模糊集合的运算; 其二是计算公式难以解释分辨系数 ξ 的选取意义 传统的灰关联度计算公式为

$$\mathcal{Y}(X_o(k), X_i(k)) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \xi \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \xi \max_i \max_k \Delta_i(k)}, \quad (1)$$

其中

$$\Delta_i(k) = |X_o(k) - X_i(k)| \quad (2)$$

依据上述公式,分辨系数的目的在于调整 $\max_i \max_k \Delta_i(k)$, 使其与 $\min_i \min_k \Delta_i(k)$ 和 $\Delta_i(k)$ 的差异不致太大,而在正规化后可以消除此项问题 经过分析可知, ζ 并不会影响灰关联序的排序 经两项修正后,可将本文所建议的模糊灰关联分析解释为下

列 6 个分析步骤

步骤 1: 确定决策矩阵: 进行灰关联分析, 首先搜集 j 个方案集合在 n 个评估准则的数据, 形成 $X_j(n)$ 矩阵, 其中任意元素 $X_{ij}(k)$ \tilde{A} . 公式如下:

$$X_j(n) = \begin{bmatrix} X_{11}(1) & X_{11}(2) & \dots & X_{11}(n) \\ X_{21}(1) & X_{21}(2) & \dots & X_{21}(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{j1}(1) & X_{j1}(2) & \dots & X_{j1}(n) \end{bmatrix} \quad (3)$$

步骤 2: 正规化: 以评估准则是属于望大准则、望小准则或目标准则, 对 $X_j(n)$ 矩阵进行单位的消除, 其意义在于将分析矩阵的极性朝向同一方向^[6]. 公式如下:

$$\bar{X}_i(k) = \frac{X_i(k) - \min_k X_i(k)}{\max_k X_i(k) - \min_k X_i(k)}, \quad \text{望大准则}; \quad (4)$$

$$\bar{X}_i(k) = \frac{\max_k X_i(k) - X_i(k)}{\max_k X_i(k) - \min_k X_i(k)}, \quad \text{望小准则}; \quad (5)$$

$$\bar{X}_i(k) = 1 - \frac{|X_i(k) - O_B|}{\max_k (\max_k X_i(k) - O_B, O_B - \min_k X_i(k))}, \quad \text{目标准则} \quad (6)$$

步骤 3: 确定比较数列 $X_o(n)$: 其意义是建立一个最佳方案作为比较的尺度, 该方案不限于备选方案的集合. 公式如下:

$$\bar{X}_o(n) = \max_i \bar{X}_i(k) = \{ \max_i \bar{X}_i(1), \max_i \bar{X}_i(2), \dots, \max_i \bar{X}_i(n) \}. \quad (7)$$

步骤 4: 确定灰关联度: 基于分辨系数修正 $\max_i \max_k \Delta_i(k)$ 已被步骤 2 所取代, 该方法更能显示数学上的严谨性. 公式如下:

$$\mathcal{Y}(\bar{X}_o(k), \bar{X}_i(k)) = \frac{\min_i \min_k \Delta_i(k) + \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \max_i \max_k \Delta_i(k)}, \quad (8)$$

其中

$$\Delta_i(k) = |\bar{X}_o(k) - \bar{X}_i(k)| \quad (9)$$

步骤 5: 确定灰关联序: 将各方案间各因子的灰

关联度和权重整合成灰关联序. 公式如下:

$$\mathcal{Y}(\bar{X}_o, \bar{X}_i) = \sum_{k=1}^n W_k \mathcal{Y}(\bar{X}_o(k), \bar{X}_i(k)). \quad (10)$$

步骤 6: 方案优选: 比较各方案间的灰关联序, 最大者则为优选方案. 公式如下:

$$\bar{\Gamma} = \max_i [\mathcal{Y}(\bar{X}_o, \bar{X}_i)] \quad (11)$$

经验证, 上述 6 个步骤符合灰关联四大公理: 规范性, 偶对称性, 整体性和接近性.

3.2 评估准则

一般而言, 引入软件系统的成功因素包括需求面是否适宜和操作可行性. 需求面是否适宜意指软件是否符合需求目标, 预期效益明确; 操作可行性意指使用者能否正确操作软件和能否在心理上接受或配合软件, 使其发挥应有的功效. 文献[8]提出的引入 ERP 评估准则有 10 点, 分别为: 上层管理者的全力支持、重构、整合、ERP 顾问是否适宜、引入时间、引入成本、ERP 提供者、正确选择员工、员工训练、员工气质, 主要讨论了引入软件能否成功的关键要素.

若是各层级公路主管部门主动引入 PMS, 则问题仅局限于选择软件的决策模型, 前述非民间机构软件引入所需面对的问题, 如法令、组织、流程、软件、硬件系统和信息整合等, 可运用使用者接口的可接受度、系统功能和所需功能的配适性、引入时间、引入成本 4 个属性进行评估. 以德菲法进行属性数据调查, 使用者接口的可接受度、系统功能和所需功能的配适性属性的值域为 0~10 (0 代表最不适合, 10 代表最适合), 并以归属度为 0 和 1 的 3 点对应值域的三角形模糊数记录.

调查对象为台湾地区资历超过 10 年的路面工程师共 20 人, 引入时间和引入成本通过询问软件商而得到, 单位分别为周和美元. 所得结果如表 2 所示.

3.3 权重分析

由于评估准则在引入层级时有不同的重要程度, 为此采用德菲法, 以专家小组的问卷调查获得权重资料. 其模糊数矩阵表示如表 3 所示.

表 2 评估矩阵

软件名称	主管层级	使用者接口的可接受度	系统功能和所需功能的配适性	引入时间	引入成本
Micro	省道主管部门	(5, 7, 9)	(4, 8, 10)	5	785
PAVER 5.1	县、乡道主管部门	(2, 6, 7)	(4, 7, 8)	5	785
HDM-4.2	省道主管部门	(0, 4, 5)	(5, 9, 10)	7	1 380
	县、乡道主管部门	(1, 3, 6)	(5, 7, 9)	7	1 380

表3 模糊数权重矩阵

主管层级	使用者接口的可接受度	系统功能和所需功能的配适性	引入时间	引入成本
省道主管部门	(0, 0.3, 0.5)	(0, 0.3, 0.6)	(0, 0.1, 0.2)	(0, 0.3, 0.5)
县、乡道主管部门	(0, 0.2, 0.4)	(0, 0.2, 0.3)	(0, 0.1, 0.3)	(0, 0.5, 0.8)

4 结果讨论

对表2使用重心法解模糊化后,可知针对两套商业软件,省道和县、乡道主管部门对于使用者接口的可接受度、引入时间和引入成本3种属性,Micro PAV ER 5.1较具有优势,系统功能和所需功能的配适性属性则以HDM-4较佳,但优劣的差异性则是省道大于县、乡道。对表3所示的权重矩阵加以整合,以模糊灰关联分析模式进行分析,可知省道和县、乡道主管部门均较适用Micro PAV ER 5.1软件系统。

运用文献[8]提出的TOPSIS方法进行验证,可发现分析结果是一致的。所不同之处在于二者对于准则极性的处理方式不同,且对于空间几何距离的定义不同,文献[8]采用欧几里得距离,本文则采用灰关联度。模糊灰关联分析较TOPSIS不仅能处理望大(效益)准则和望小(成本)准则,而且可处理目标(期望值)准则。

以决策模式而言,本文提出的方法与层次分析法(AHP)的适用性不同,AHP较适用于专家成对比较矩阵建立后进行分析,本文较适用于专家评判矩阵建立后进行分析。

5 结语

本文所述的决策模型综合使用了多种定量分析技术,具有以下特点:1)从理论上论证了灰关联分析与TOPSIS的异同,并提出其强健性;2)移除灰关联度的分辨系数,并让分析值域延伸至模糊集合,特别适用于量化化问卷或访谈;3)所建立的决策矩阵和权重矩阵确切地反映了台湾地区路面工程师对于不同主管部门的需求。

本文模式经决策矩阵和权重矩阵的修改,可延伸至其他部门,作为引入软件判断的依据。

参考文献(References)

- [1] 崔耀东,周儒荣,廖文和.一种选择制造业信息系统应用的决策模型[J].控制与决策,2003,18(1):73-76
(Cui Y D, Zhou R R, Liao W H. Decision model for the selection of information system applications in the manufacturing industry [J]. *Control and Decision*, 2003, 18(1): 73-76)
- [2] Ravi K, Murugan A, Magid I. Selecting IT applications in manufacturing: A KBS approach [J]. *Omega*, 1999, 27(6): 605-616
- [3] Shin H, Lee J. A process model of application software package acquisition and implementation [J]. *J of Systems and Software*, 1996, 32(1): 57-64
- [4] Finn F. Pavement management systems — Past, present and future [J]. *Public Roads*, 1998, 62(1): 16-22
- [5] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987:17-34
- [6] 夏郭贤,吴汉雄.灰关联分析的线性数据前处理探讨[J].灰色系统学刊,1998,1(1):47-53
(Hsia K X, Wu J H. A study on the data processing in grey relation analysis [J]. *J of the Chinese Grey System Association*, 1998, 1(1): 47-53)
- [7] Bingi P, Shama M K, Godla J K. Critical issues affecting an ERP implementation [J]. *Information Systems Management*, 1999, 16(3): 7-14
- [8] Chen C T. Extensions of the TOPSIS for group decision making under fuzzy environment [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, 114(1): 1-9