

AHP 和灰色关联分析在对象关系映射模式中的应用

张国平 景海峰

(中国石油大学计算机与通信工程学院 东营 257061)

摘要 在对象关系映射模式的研究中,如何将对象之间的关系映射到关系表中一直是一个关键问题,而如何评价每种映射方法的优劣一直停留在定性的层次。文章在介绍了评价映射方法的指标体系后,引入了层次分析法,通过层次分析法将映射方法的定性描述分别转化为给定指标下的定量评价描述,然后运用灰度关联分析对映射方法进行综合排序,从而选出最优的方法。

关键词 对象关系映射,层次分析,灰色关联分析,综合评价

The Application of AHP and Grey Correlation Analysis in Object Relation Mapping

ZHANG Guo-Ping JING Hai-Feng

(Institute of Computer & Communication Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061)

Abstract On the research of object relation mapping, it is a key point to map the relation of object to a table for all the time. And we can just only qualitatively analyze the advantages and disadvantages for each mapping method. After introducing the index system of mapping methods, they are transformed as the quantitative presentation in terms of given index by AHP. And the we can sort mapping methods by the application of grey correlation analysis, so that we can choose the best method.

Keywords Object relation mapping, Analytic hierarchy process, Grey correlation analysis, Comprehensive evaluation

由于对象范例和关系范例之间的“阻抗不匹配”现象,将对象存储在关系数据库中一直是一个困难、复杂的工作,如何将对象之间的关系映射到关系表中则是其中的关键问题。文[1]和文[2]详细地讨论了如何将对象之间的关系映射到关系表中的方法及每种方法的优缺点,但是,他们并没有指出在什么具体情况下,采用哪种映射方法。

本文将层次分析法(AHP)与灰色关联分析法有机结合,提出了一种基于 AHP 和灰色关联分析的映射方法选择的综合评价方法。基本思想是:根据 AHP 法构建判断矩阵,将专家意见综合转化为在各个评价指标下的相对评价价值,得到映射方法在各个评价指标下的定量描述。然后对由各指标相对评价价值构成的评价矩阵进行灰色关联分析,求出各映射方法关联度,得到映射方法的综合排序。

1 对象关系映射方法研究

在 O/R(对象关系)映射的研究中,如何将对象之间的关系映射到关系表中,一直是个关键问题。一般情况下,只需考虑对象之间的继承、聚合(包括复合)和关联关系。根据文[1]和文[2],继承关系的映射方法主要有四种,分别是将整个继承树映射在一个关系表中、一个类映射成一个关系表、一个继承分支映射成一个关系表和用 BLOBs 存储对象;聚合(包括复合)关系的映射方法主要有两种,分别是将所有聚合的类映射在一个关系表中和通过外码实现聚合关系;关联关系的映射方法主要有三种,分别是将所有关联的类映射在一个关系表中、通过外码实现关联关系和通过额外的关联表实现关联关系。

上述任一对象关系向关系表的映射,都有两种或两种以

上的映射方法,每种方法都有其优缺点,应在什么情况下选择哪种映射方法,将是一个比较复杂、难以量化的问题。

2 映射方法评价指标体系

根据德国的 Wolfgang Keller 提出的映射方法评价度量指标,映射方法的总体性能可以从四个方面来评价,这四个方面是^[1]:

(1)性能:主要是读、写和更新性能,关键是一个对象从数据库中读、写和更新数据时所需要访问的关系表的数目。根据不同的映射方法,有时一个对象需要映射成一个关系表,有时要映射成多个关系表,从而导致了读、写和更新性能的差异;有时相同的映射方法,它有比较好的读性能,也可能会有较差的更新性能(为了维护数据的一致性)。

(2)扩展和可维护性:有时您的面向对象程序需要进行原型开发,这样您的对象和对象之间的关系可能要频繁变化,这就要求您的映射方法必须具有高的扩展性和可维护性。

(3)存储冗余:主要指与对象映射的关系表中的数据存储情况,有些映射方法不会差生冗余,而有些方法则可能产生大量的冗余。

(4)查询处理:有时候系统要求数据要有最优的查询性能,例如在线实时处理系统;有时候系统要求数据没有冗余,并以特定的格式组织从而适应特殊的查询,例如数据仓库系统。

3 AHP 和灰色关联分析

映射方法评价是一个非常复杂的多目标评价课题,评价指标一般是定性的难以度量的指标,评价在很大程度上受人

的主观影响。层次分析法(AHP)是一种主观分析与客观分析相结合的分析方法,适用于评价因素难以量化且结构复杂的评价问题。在映射方法评价中使用这种方法对定性指标进行定量分析,基本思路是:首先找出解决问题涉及的主要因素,将这些因素按其关联隶属关系构成递阶层次模型(通常该层次模型包括三个层次:目标层、准则层和方案层),通过对方案层中各方案以两两比较的方式确定诸方案在定性指标下的相对重要性,将定性评价转化为定量评价。层次分析法的关键是构造判断矩阵、层次单排序和一致性检验。

3.1 构造判断矩阵

文[3]中,根据层次分析法,如果 n 阶方阵 $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ 满足条件:(1) $a_{ij} > 0$; (2) $a_{ij} = 1/a_{ji}$; (3) $a_{ii} = 1$ 时,则矩阵 $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ 称为判断矩阵。判断矩阵 A 是正互反矩阵,它被用来描述 n 个因子 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 进行对比判断后对事件的影响大小关系。对于 n 阶正互反矩阵 A ,根据线性代数有关理论:它的特征值可作为衡量同一层次中每个因素对上一目标的影响中所占的比重。

3.2 层次单排序及一致性检验

根据 Perron 定理对于 n 阶方阵 A , $\lambda_{\max}$ 为方阵 A 模的最大特征值,则有:(1) $\lambda_{\max}$ 必为正特征根,而且它对应的特征向量为正向量。(2) A 的任何其他特征根 λ 恒有 $|\lambda| < \lambda_{\max}$ 。(3) $\lambda_{\max}$ 为 A 的单特征根。对于 n 阶正互反矩阵 A 可以证明 A 的最大特征值 $\lambda_{\max} \geq n$, 当且仅当 A 为一致时 $\lambda_{\max} = n$ 。当 A 不一致时, $\lambda_{\max} > n$, 在 AHP 分析中, A 的不一致性必须控制在一定的允许范围内, Saaty 定义了一致性指标

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

用比值 $C.R. = C.I. / R.I.$ 来判断正互反矩阵的不一致性是否可以接受,其中, $R.I.$ 是平均随机一致性指标,此值一般可以查表求得,在下面的例子中此值取 $R.I. = 0.90$ 。当且 $C.R. < 0.1$ 时,一般认为不一致性可以接受。

3.3 灰度关联分析

灰色关联分析是灰色系统理论的重要信息加工技术之一,它从系统离乱、随机的行为特征量中确定因子间关联程度,根据诸因子行为的观测序列,分析和确定因子间的影响程度或因子对主目标的贡献测度,实现对系统动态发展势态的量化比较分析^[4]。映射方法的评价属性因子对方法选择的影响是离乱

的,具有明显的灰性。因此对映射方法的评价属性因子进行灰色关联分析能有效实现不同映射方法的比较评价。

灰度关联分析可以对两个灰色系统之间相似性进行比较。对于映射方法选择的灰色系统评价问题,基本过程为设有 m 个待评价映射方法,评价指标为 n 个,每个映射方法的所有指标值用向量表示,记作 $X_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$, $i = 1, 2, \dots, m$ 。设 X_{oj} ($j = 1, 2, \dots, n$) 为第 j 个指标在各映射方法中的最优值,当指标为“效益型”指标时, X_{oj} 取各映射方法 j 指标值中的最大值;当指标为“成本型”指标时, X_{oj} 取各映射方法 j 指标值中的最小值。于是 $X_o = (X_{o1}, X_{o2}, \dots, X_{on})$ 即可作为评价系统内的最优方案,作为评价的参照标准。求关联系数,设第 i 个映射方法对最优参照方案第 j 个指标的关联系数记为 θ_{ij} , 则

$$\theta_{ij} = \frac{\min_i \min_j |x_{oj} - x_{ij}| + R \max_i \max_j |x_{oj} - x_{ij}|}{|x_{oj} - x_{ij}| + R \max_i \max_j |x_{oj} - x_{ij}|} \quad (2)$$

($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)

其中 R 为分辨系数 $R \in [0, 1]$, 一般取 R 为 0.5。关联系数 θ_{ij} 反映的是评价方案与最优方案一个指标上的关联情况,为了反映所有指标的综合关联程度,需根据各评价指标的重要程度对各关联系数进行加权求和求得各方案与最优比较方案的关联度 r_i 为:

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j \theta_{ij} \quad (3)$$

以 r_i 的大小判断映射方法的优劣,根据 r_i 从大到小的顺序即可得到映射方法综合评价排序。

4 实例分析

前面提到,将继承关系映射在关系表中共有四种方法,本文称以上四种方法分别为 A、B、C、D;从性能、扩展与可维护性、存储冗余和查询处理四个方面进行综合评价,用 AHP 和灰色关联分析进行实例分析。

4.1 层次结构模型

由问题可知映射方法的综合性能为评价的目标层,四项综合性能评价指标构成准则层,四个待评映射方法构成方案层,映射方法综合性能层次结构图如图 1 所示。

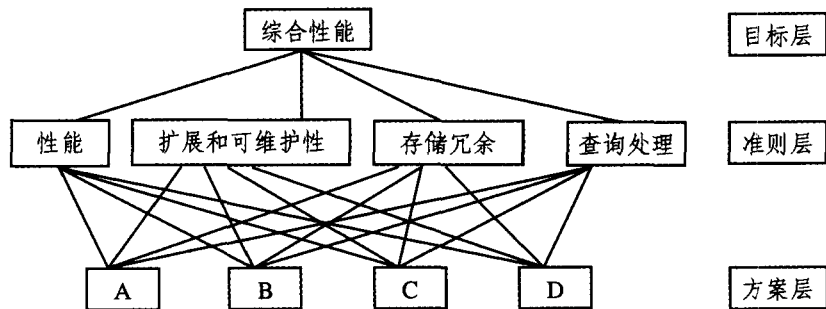


图 1 软件质量层次结构图

4.2 准则层在目标层权值的确定

不同的软件系统在进行 O/R 映射时,对映射方法性能要求的侧重点是不同的。在本评价模型中,主要考虑继承关系的映射方法的性能和查询处理两项指标,其四项评价指标的权值相对比较明显,因此不需要通过构建互反矩阵求得,直接指定各指标权值为(0.4, 0.15, 0.1, 0.35)。

4.3 确定方案层在四项评价指标中的评价价值

这一步骤的计算原理是由专家针对每项指标对 4 种映射方法两两比较,构建正互反矩阵,进行层次单排序和一致性检验,得到方案层在六项评价指标中的评价价值。具体判断矩阵及各方案的评价价值详见表 1~4。其中,“评价价值”是方案层对

(下转第 133 页)

但是,因为 $\psi_2(\neg(\exists xF(x)\rightarrow\forall xF(x)))=0$,即 A_k 的否定 $\neg A_k$ 在解释 I_2 下取值不是 1,所以, L 的公式 $\neg A_k$ 不是 L^* 的定理。据定理 1,则 L^* 是协调的。因此,由语法完全性定义, L 不是语法完全的。□

在各种一阶逻辑形式系统中,经典一阶逻辑是最基本的系统^[14,15],而中介一阶逻辑系统 MF 为经典一阶逻辑的扩张^[13],因此,由定理 2,我们可得到结果:

定理 6 中介一阶逻辑系统 MF 及其扩张 MF*、ME(带等词的扩张)都不是语法完全的。

参考文献

- 1 朱梧楦,肖奚安. 中介逻辑的命题演算系统(I),(II),(III). 自然杂志,1985,8(4):315,8(5):394,8(6):473
- 2 肖奚安,朱梧楦. 中介逻辑的谓词演算系统(I),(II). 自然杂志,1985,8(7):540,8(8):601
- 3 周礼全. 模态逻辑引论. 上海:上海人民出版社,1986. 51~59,88~115,152~165
- 4 Hamilton A G. Logic for mathematicians. Cambridge University Press, 1978. 27~45, 71~100
- 5 Pan Zhenghua. On the Completeness of Medium Proposition Logic MP. In: Proc of International Symposium Fuzzy System and Knowledge Engineering. Guangzhou: Guangzhou University Press, 1987
- 6 Pan Zhenghua. Construction of a Model of Medium Logical Calculus System (ML). In: Proc of Workshop on Knowledge-Based Systems and Models of Logical Reasoning. Egypt: Cairo University Press, 1988

- 7 Pan Zhenghua. On the Reliability of the Predicate Calculus System (MF) of Medium Logic. In: Proc of IEEE -The Nineteenth International Symposium On Multiple-Valued Logic. Washington: IEEE Computer Society Press, 1989. 64~69
- 8 Pan Zhenghua. On the Reliability and Completeness of the Predicate Calculus System MF of Medium Logic. In: Proc of North American Fuzzy Information Society' 90. Toronto: University of Toronto Press, 1990. 323~325
- 9 邹晶. 中介逻辑的命题演算系统 MP* 的语义解释及可靠性,完备性. 数学研究与评论,1988,8(3):263~265
- 10 邹晶. 带等词的中介谓词逻辑系统 ME* 的语义解释及可靠性,完备性. 科学通报,1988,33(13):863~864
- 11 李祥,李广元. “中介逻辑”的特征问题. 科学通报,1988,33(22):686~1689
- 12 Zhu JY, Xiao XA, Zhu WJ. A Survey of the Development of Medium Logic Calculus System and the Research of Its Semantic. A Friendly Collection of Mathematical Papers I. Jilin: Jilin University Press, 1990. 183~189
- 13 朱梧楦,肖奚安. 数学基础概论. 南京:南京大学出版社,1996. 186~382
- 14 张玉平. 计算机科学中的一些逻辑理论的推理性质研究. 1999,22(6):571~576
- 15 Buss S R, Kechris A S, Pillay A, Shore R A. The prospects for mathematical logic in the twenty-first century. The Bulletin of Symbolic Logic, 2001, 7(2):169~196
- 16 潘正华. 中介谓词逻辑系统的 λ -归结. 软件学报,2003,14(3):345~349
- 17 Pan Zheng-hua, Zhu Wu-jia. An Interpretation of Infinite Valued for Medium Proposition Logic. In: Proc of IEEE-Third International Conference on Machine Learning and Cybernetics. IEEE Catalog Number: 04EX826, ISBN:0-7803-8403-2, 2004,4(7):2495~2499

(上接第 125 页)

准则层的求解结果,“对目标层的值”是方案层对目标层的求解结果,即“评价值”乘此指标在目标层占的权值。

表 1 方案层在性能指标的评价值

软件	A	B	C	D	评价值	对目标层的值
A	1	7	3	2	0.495	0.1980
B	1/7	1	1/3	1/4	0.064	0.0256
C	1/3	3	1	1/2	0.165	0.0660
D	1/2	4	2	1	0.276	0.1104

$$\lambda_{\max}=4.0206 \quad C.I.=0.0068 \quad C.R.=0.007<0.1$$

表 2 方案层在扩展和可维护性指标的评价值

软件	A	B	C	D	评价值	对目标层的值
A	1	1	7	7	0.4375	0.0656
B	1	1	7	7	0.4375	0.0656
C	1/7	1/7	1	1	0.0625	0.0094
D	1/7	1/7	1	1	0.0625	0.0094

$$\lambda_{\max}=4 \quad C.I.=0 \quad C.R.=0<0.1$$

表 3 方案层在存储冗余指标的评价值

软件	A	B	C	D	评价值	对目标层的值
A	1	1/7	1/3	1/5	0.063	0.0063
B	7	1	2	1	0.391	0.0391
C	3	1/2	1	1/2	0.187	0.0187
D	5	1	2	1	0.359	0.0359

$$\lambda_{\max}=4.0107 \quad C.I.=0.036 \quad C.R.=0.004<0.1$$

4.4 映射方法灰度关联分析

由表 1~4 的数据构造评价指标最优参照数列,记为 X_0 ,以此作为评价的标准,则 $X_0=\{0.1980,0.0656,0.0391,0.$

2366},根据式(2)关联系数矩阵为:

表 4 方案层在查询处理指标的评价值

软件	A	B	C	D	评价值	对目标层的值
A	1	7	5	8	0.676	0.2366
B	1/7	1	1/2	1	0.086	0.0301
C	1/5	2	1	2	0.156	0.0546
D	1/8	1	1/2	1	0.082	0.0287

$$\lambda_{\max}=4.0122 \quad C.I.=0.004 \quad C.R.=0.005<0.1$$

$$\begin{matrix} 1 & 1 & 0.7783 & 1 \\ 0.4005 & 1 & 1 & 0.3580 \\ 0.4659 & 0.6720 & 0.8495 & 0.3875 \\ 0.5679 & 0.6720 & 0.9730 & 0.3564 \end{matrix}$$

加权关联度为(0.9446,0.6896,0.5937,0.6423),映射方法综合排序为(A,B,D,C)。

结束语 映射方法性能的综合评价是一项复杂的系统评价过程,涉及的影响因素众多。本文仅就影响映射方法综合性能的基本要素,运用 AHP 方法建立层次评价体系并对定性指标量化分析,应用灰色关联分析对继承关系的四种映射方法进行了综合评价,得出定量综合评价结果,可供 O/R 映射时决策参考。本方法理论上先进,技术上可行,与传统评价方法相比,具有更高的整体性和精确性,在 O/R 映射领域具有推广、应用价值。但是影响映射方法综合性能的因素是相当复杂的,综合评价的结果也与指标的选取有关,在具体决策中,还应结合具体实际情况进行一定的定性分析,优化评价因素的筛选机制,做出更为合理的判断。

参考文献

- 1 Ambler S W. The fundamentals of mapping objects to relational database,1997
- 2 Keller W. Mapping Objects to Tables,2003
- 3 吴祈宗. 运筹学及最优化方法[M]. 北京:机械工业出版社,2003
- 4 邓聚龙. 灰色控制系统[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1993