

基于实例设计的专家系统开发研究*

陈应波 武永焱 王小平 李桂青

(武汉工业大学设计院, 武汉市珞狮路122号, 430070)

摘要 通过对基于实例的设计方法、实例的相似性及相似实例提取的研究, 给出针对建筑工程类的实例的特征、特征属性和实例相似度的概念, 提出了一个可以实施的基于工程设计实例相似度检索的数学模型; 给出了基于知识导向的实例检索方法和基于相似度的层次化加权检索方法; 介绍了作者开发的基于优秀实例设计的住宅设计专家系统(CRBD)。

关键词 基于实例设计; 专家系统; 相似度

分类号 TP311; TP18

1 基于实例的设计方法研究

在设计方法论中, 有代表性的设计方法主要有两种: 基于知识的设计方法和基于实例的设计方法。

基于知识的设计方法(knowledge-based-design, KBD)以知识库为核心, 因此知识的获取和表示成为其关键性技术问题。但是由于目前的种种技术原因, 这种方法既缺乏设计者的感性经验和设计中的个性特征, 也不能提供对已完成的设计实例的表示和管理、利用。

基于实例推理(case-based reasoning, CBR)是80年代末90年代初于AI技术中新崛起的一项重要技术, 是一种相似推理方法, 其核心在于用过去的实例和经验来解决新问题。事实上设计经验表明, 设计人员通常根据以前的设计经验来完成当前的设计任务, 并不是每次都从头开始。知识工程之父Feigenbaum认为:“CBR是一种前景非常好的方法”, “几乎所有的工程问题都是面向实例的。”通常CBR按以下步骤工作:

- 1) 提出问题。输入待解决问题的要求、初始条件及其它相关信息(约束条件)。
- 2) 提取相似实例。根据问题的要求及初始条件, 从实例库中提取一组与当前问题相似的实例, 相似实例的提取是CBR技术中的关键。
- 3) 修改实例。从相似实例中找出最相似的实例或通过多个实例的组合, 形成目标问题的解决方案, 并通过对目标方案的修改来满足当前的要

求。

4) 存贮实例。将设计问题的最终解作为新的实例存入实例库中, 作为新的原始实例供以后设计的原型调用。

CBR技术应用到设计领域, 则形成了基于实例的设计模型CBD(case-based design)。

基于实例设计的突出特点在于将设计实例作为重要的设计依据, 使得设计能从由相似实例形成的初始方案开始, 一方面减少了设计中间过程(状态)和迭代次数, 提高设计效率; 另一方面更符合人的设计习惯。但是CBD毕竟是相似推理, 初始方案还必须通过基于归纳性能知识的不断修改过程, 才能成为最终设计结果供用户使用。

2 实例的相似性研究与相似实例提取

2.1 实例的相似性研究

根据实例的相似性判断实例与当前设计问题的相似程度是基于实例设计的关键, 也是体现智能化行为和鲜明特点的技术。相似作为一种现象已被人们普遍认识, 并应用到包括工程设计在内的广泛的研究领域。

如何确定相似实例是实例提取的重要技术问题。为此给出以下概念定义, 并从这些定义出发, 针对建筑设计实例的特点, 提出两种相似实例检索与实例提取的具体实施技术策略。

定义1 特征是用于设计、分析和评价的信息单元, 是对应于设计和制造活动中的某种功能

状态。

定义 2 特征属性是使一实例区别于其它实例的特征性质,是区分不同实例的标志,是衡量实例相似与否的依据。一实例可拥有多个特征属性。

定义 3 相似度是特征、特征属性、实例等相似程度的数学度量,用 α 表示,相似度在 $[0,1]$ 上取值。实例的相似度可以由实例所拥有的特征属性相似度集成。

根据这一定义,可以建立以下的数学模型:特征是由对象(O)上的一组实体(X),按一定关系(R)组合在一起构成对象的特定部分(SP),它具有特定的工程语义信息(S)。

此处的语义信息就是指对应于某一工程应用的抽象知识集,即

$$S = (\sum K, |K, K \in A)$$

其中, K 表示知识元; A 表示特定的工程应用。

特征和属性特性是一种集合,它也可以形式化地表示为:

$$F = \{SP | R(X) X \in O, S\}$$

工程实例的相似度 α 可以形式化地表示为:

$$\alpha = \sum \alpha_i(F_i) \cdot W_i$$

式中, W_i 为特征属性的权因子, $W_i, \alpha_i \in [0,1]$ 。

2.2 相似实例的检索与提取

由于实例的检索和提取的目的是利用相似实例,所以可以把实例的相似性作为实例检索的标准。基于实例设计的最终目的就是要通过各种手段,更快、更准确地找到与当前设计问题相似的实例。实例的检索可以理解为辨识对象特征及特征属性,使之区别于其它对象的过程。笔者提出以下两种行之有效的实例检索方法。

2.2.1 基于知识导向的实例检索方法。

将实例的特征属性用一组产生式规则(if-then)描述,然后用 ES 技术中基于规则的匹配方法来加以推理识别,这就是基于知识导向的检索方法的基本思想。这种方法由于引入了“知识”作推理向导,从而避免了对不相干实例的检索,提高了检索的效率和精确程度。这种方法一般由以下几个步骤组成:

- 1) 对实例的特征属性进行形式化并用产生式规则表示,形成实例特性规则库。
- 2) 参数的确定。将当前任务的特征属性参数化,生成匹配参量。
- 3) 匹配。将当前任务参数化的特征属性与实例特征库中的规则进行匹配。
- 4) 实例提取。从实例库中提取匹配成功所对应的实例(相似实例),作为当前任务的设计结果。

2.2.2 基于相似度的层次化加权检索方法

将实例的特征层次化,对特征进行分解和分类,并给每一具体的不可再分层的节点属性配以一定的权重(或称重要性系数),最后通过对含权的每一节点属性的匹配情况累加形成这一实例的相似度,取实例库中相似度最大者即为当前任务的相似实例。这是一种串行检索方法,其技术难点或者说影响检索准确性的关键在于权重的分配。流程图如图 1 所示。

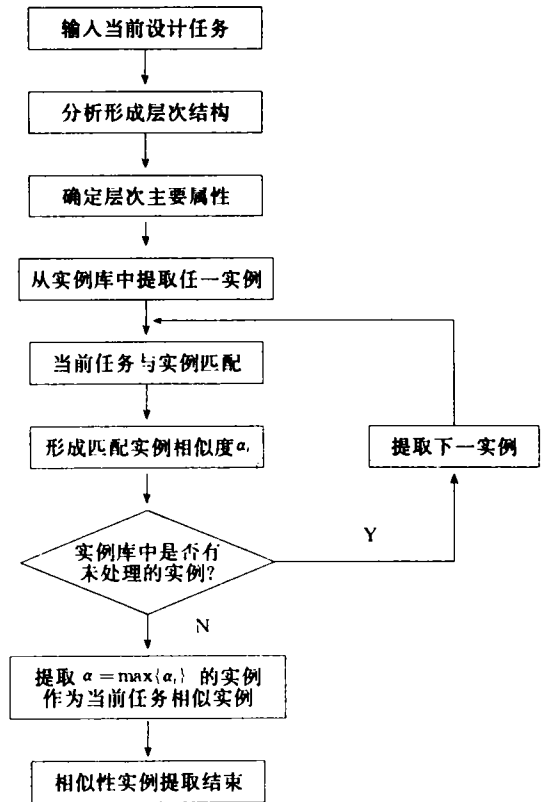


图 1 基于相似度的实例检索算法图

Fig. 1 Similarity-based Case Searching Algorithm

3 基于实例设计的住宅设计专家系统

住宅设计的基本要求包括住宅平面利用率、居住使用质量、建筑资源消耗 3 方面。这 3 个方面既对立又统一,设计时应处理好它们之间的关系。3 个方面各自又包括诸多的因素,住宅设计的实质就是处理好这些因素之间相互关联、相互渗透、相互矛盾的关系,得到一个最优、较优或满意的设计结果。

随着我国国民经济的发展和人民生活水平的提高,人们对住宅建筑设计在功能布局、使用便利等方面的要求也越来越高。住宅设计,特别是方案

设计,变得越来越复杂,要形成一个能满足各种要求的优秀方案十分不易。基于这种原因和住宅建筑设计的特点,我们研制开发了基于优秀实例的住宅设计专家系统 CRBD(case-based reasoning expert system of residence building design)。

在 CRBD 系统中,优秀实例设计的来源有 3 个方面:建设部和省市评选出的优秀住宅设计;国家有影响的住宅实验小区住宅设计;作者在多年的设计工作中总结出的一些较为合理的方案。这些方案在平面布局、面积和尺寸分配上均经过反复推敲,凝聚了设计人员的智慧。因此,我们建库基本上按原设计不做变更进行。

3.1 实例存贮

实例的存贮信息构成了实例库。CRBD 的实例库由两大部分组成:各优秀设计实例的特征信息(包括建筑场地所需的总长与总宽、占地面积、户室比、套型组合、各功能块的进深及开间等等);另一部分就是实例的图形信息,包括建筑施工图(平面、立面、剖面图)及结构方面图等。另外,还包括库文件数 NFILE 及文件分配表 group [NFILE]。

group 定义如下:

```
Typedef struct {
    Char namefile[NFILE]; /* 记录文件名 */
    Long post; /* 文件在库中位置 */
} GROUP;
```

3.2 实例特征描述

实例特征的描述是实例检索和实例建库的基础与关键。

数据结构中特征信息的描述为:

```
struct scheme {
    int apartment; /* 户室比 */
    char name-flat; /* 套型号 */
    float area; /* 建筑面积 */
    float site-L; /* 场地总长 */
    float site-W; /* 场地总宽 */
    struct FUNC unit-f /* 功能块的特征 */
}
```

3.3 实例检索

CRBD 系统的实例检索利用基于知识导向的实例检索方法。现以建设用地这一约束条件为例来说明本系统中导向知识的表达与推理。

根据以上的匹配关系,很容易构造出以下规则条款:

规则 1 IF 场地规整且呈条形,THEN 采用条式;

规则 2 IF 场地为小块零星地带,THEN 采用点式;

...

将上述条款进行规则组和参量组定义,即产生式规则描述如下:

```
RULE-GROUP site /* 定义规则组 */
rule 01
IF {status1="line"} /* 定义规则前提 */
THEN {object1="fline"} /* 定义规则结论 */
rule 02
IF {status1="square"}
THEN {object1="dot"}
...
ENDRULE /* 规则组定义结束语 */
```

对于其它的各种约束条件及特征属性均按上述方法构造出产生式规则即可完成导向知识的构成,这是基于知识导向的实例检索的关键性的工作。CRBD 的主开发思路如下:

1) 收集点式住宅优秀设计实例 20 套,条式住宅设计实例 30 套,L 型 5 套。点式和条式是普遍采用的住宅形式。

2) 按住宅设计要求(如场地形状、户型要求、采光通风等)分别构造出匹配关系树图。

3) 根据每一匹配因果关系图构造产生式规则(并可以加权)。

4) 形成所有设计特性的产生式规则总集合(即规则库)。

5) 启用规则匹配机(推理机),对本次设计要求输入进行匹配、推理。

6) 提取相似实例。

7) 修改使符合当前设计目标。

8) 将所得设计结果存入实例库中。

在 CRBD 中,我们将实例库分成两部分,一部分贮存原始实例(或称原型实例);另一部分是系统实际运行后新增加的“实例”(其实是系统每次运行后的设计结果)。这样,实例库既便于检索,又便于维护。

参 考 文 献

- 1 陈应波,钟 络,李桂青.基于数据库的 RAE 树推理方法.微电子学与计算机,1996,(3)
- 2 李桂青,杜幼平,谢伟平.住宅设计专家系统.郑州工学院学报,1995,16(3)

- 3 Domeshek K. A Case-based Design Aid for Architecture. In: Artificial Intelligence in Design'92. Kluwer Academic Publishers, 1992

The Study of Case-based Design Expert System Development

Chen Yingbo Wu Yongyan Wang Xiaoping Li Guiqing

(Design Institute of Wuhan University of Technology, 122 Luoshi Road, Wuhan, China, 430070)

Abstract The paper studies the case-based reasoning technology and case-based design method. Subject to the architecture and structure engineering design cases, the three concepts, case characteristics, case properties and case similarity, are defined. The two methods of case searching, which are subjected to knowledge direction and level weighted, are given. The CRBD system developed by the authors is introduced.

Key words case-based design; expert system; similarity

(上接第 55 页)

- 2 张文修, 王国俊. 模糊数学引论. 西安: 西安交通大学出版社, 1991. 32~41
- 3 钟业勋, 胡毓钜, 聂鸿猷. 地图要素的定量表示与地图笛卡尔积模型的探讨. 地图, 1993(1): 19~25

- 4 钟业勋, 胡毓钜. 地图模糊矩阵模型与制图术语表述数学化研究. 武汉测绘科技大学学报, 1993, 18(4): 1~12
- 5 罗宾逊 A H. 地图学原理(第五版). 李道义等译. 北京: 测绘出版社, 1989. 2~3

The Proof of Map Image System Belonging to Boolean Algebraic One

Zhong Yexun

(Guangxi Regional Bureau of Surveying and Mapping, 5 Jianzheng Road, Nanning, China, 530023)

Abstract In this paper the author has proved that map image system belongs to Boolean algebraic one by using Boolean algebraic definitions and necessary and sufficient conditions. Thus it gives the theoretical basis and mathematical modes for the automatic map compilation.

Key words semi-ordering set; Boolean algebra; map image element; map image system