

文章编号:1004-1478(2011)03-0026-03

基于非精确图匹配的一种工程图检索方法

赵晔^{1,2}, 王昌²

(1. 西安工业大学 数理系, 陕西 西安 710032;
2. 西北大学 数学系, 陕西 西安 710127)

摘要:以二维工程图检索系统的设计与开发为背景,提出一种基于非精确图匹配的二维工程图检索方法.该方法将二维工程图转化为一种基于图元的属性化邻接图;计算目标模型与被检索模型的属性化邻接图之间顶点相容程度矩阵与边相容程度矩阵,并由此建立顶点匹配矩阵的目标优化函数;运用 Sinkhorn 行列交替规范化方法求解匹配优化问题.实验结果表明,该方法能够检索到不同相似程度的二维工程图,其检索效率能满足实际要求.

关键词:工程图检索;非精确图匹配;属性化邻接图
中图分类号:TP391 **文献标志码:**A

An engineering drawing retrieval based on inexact graph matching

ZHAO Ye^{1,2}, WANG Chang²

(1. Dept. of Mathe. and Physics, Xi'an Tech. Univ., Xi'an 710032, China;
2. Dept. of Mathe., Northwest Univ., Xi'an 710127, China)

Abstract: Based on the engineering drawing system design and implementation, an engineering drawing retrieval method based on inexact graph matching was presented. A representation of primitive attributed relational graph (ARG) for each engineering drawing is extracted; and the vertex compatibility matrix and edge compatibility matrix between the ARGs of the target and searched model are calculated, the measure of the similarity between the two models is created. The Sinkhorn's alterative normalization method is taken to solve the matching optimal problem. In the matching process, using the ARG's node and edge attributes to pruning the search space. Experimental results show that this method is able to support the inexact model retrieval and its efficiency meets the requirements of practical applications.

Key words: engineering drawing retrieval; inexact graph matching; attributed relational graph

0 引言

二维工程图的检索与基于内容的文本检索和图像检索的计算关系是十分密切的,因此可借鉴其

他多媒体检索系统的技术和方法,提高二维工程图检索和使用的效率.在当前图像检索系统的研究中,许多是通过将图像的特征信息(比如色彩、纹理、亮度)作为检索索引而实现检索的. S. Matusiak

收稿日期:2011-04-08

基金项目:国家自然科学基金项目(2009JM1017);陕西省自然科学基金项目(2009JM1017);西北大学研究生自主创新项目(10YZZ05)

作者简介:赵晔(1977—),女,山东省潍坊市人,西安工业大学讲师,西北大学博士研究生,主要研究方向为模糊数学.

等^[1]提出了一种基于草图的检索方法,实现了利用曲率空间去匹配草图轮廓线的目的.在 E. D. Sciascio 等^[2]的系统中,根据傅里叶算子描述出的形状去进行匹配,并通过引入一种相反反馈的机制去优化 Web 环境下的查询结果.工程图的检索与基于内容的图像检索有所不同,前者不能采用颜色、纹理等特征. P. Jong 等^[3]提出一种利用机械零部件的关键特征去实现检索的方法,在这一方法中,物体形状被分解成 3 大部分,即关键形状特征、辅助部件和空间关系,但此方法由于基本的几何图元太少且匹配算法效率较低等原因,很难满足工程图检索的要求.

在工程图检索中,最关键的一步是快速准确地完成图纸结构相似度的计算.而图纸结构相似度与特征的抽取及表示是密切相关的,每个模型的不同特征表示着不同的相似度计算方式.

文本检索系统的优点是速度快、技术实现比较简单而且检索方便.但是由于图纸信息缺乏一般意义上的规范性等原因,不同的人对图纸的理解也有所不同,这就导致了在使用汉字描述相关的信息时,根本不可能给出一个完整、精确的描述,而这也使得关键词不能真正反映出图纸的内容.与文本检索的诸多优点和不足相对应,工程图检索系统引入了一种新的技术,这种技术是基于文本检索系统的^[4-5].通过这项技术的引入,用户可以凭借关键词进行检索,而且还可以通过输入工程图进行检索,这就使得用户的选择具有多样性,从而在另一方面也增加了工程图检索的灵活性.为此本文提出一种基于非精确图匹配的二维工程图的检索方法.

1 算法分析

通过将二维工程图表示为属性邻接图,可以将二维工程图的相似性问题转化为属性邻接图的映射匹配问题.另一方面,图匹配的问题可以转化为求解 2 个属性邻接图边匹配和顶点匹配目标函数的最小值问题.当前,解决图匹配的问题主要通过穷举的方法,这种方法的一个弊端就是效率很低,因此,提出一种新的检索方法是很有必要的.

如图 1 所示,在进行二维工程图检索时,首先对输入的二维工程图进行预处理(包括图元的定义与提取、图元之间的关联关系),然后构建图元的属性邻接图;最后与二维工程图数据库中的图形匹配,计算出相似度,将相似度进行大小排序,把检索结果返回给用户^[6-8].

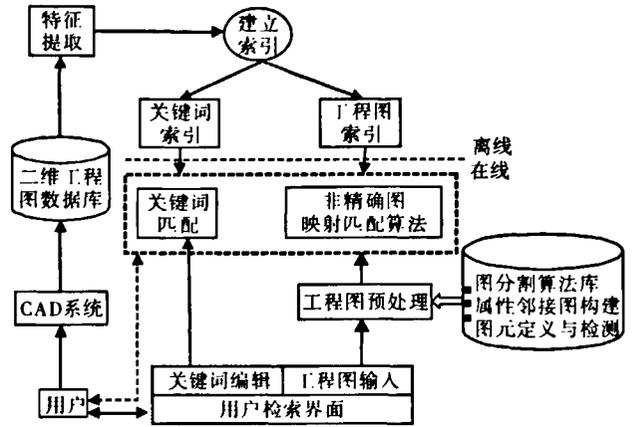


图 1 基于关键词及工程图检索的系统框架

基于非精确图匹配二维工程图检索算法的基本步骤如下:

输入:属性邻接图 G_i 的顶点集合 V_i , 边集合 E_i , 属性邻接矩阵 M_i ;

属性邻接图 G_j 的顶点集合 V_j , 边集合 E_j , 属性邻接矩阵 M_j .

输出: 2 属性邻接图的顶点匹配矩阵 M .

Step1 初始化 $\beta_0 = 0.5, \beta_j = 10, \beta_r = 1.05, I_0 = 4; I_1 = 30; \beta = \beta_0; Eps_1 = 0.05; Eps_0 = 0.5$.

Step2 初始化顶点映射匹配矩阵 M .

Step3 循环,直到 $\beta > \beta_j$:

Step3.1 循环,直到 $Err_0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n+1} |M_{ai}^1 - M_{aj}^2| < Eps_0$ 或循环次数 $> I_0$:

Step3.1.1 计算 $Q_{ai} = -\frac{\partial E}{\partial M_{ai}} |_{M=M^0} + \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^{n+1} M_{jl}^0 C_{ai,jl}^2 + C_{ai}$,

同时取 $Q_{a,(n+1)} = 0, Q_{(m+1),i} = 0$;

Step3.1.2 计算 M^1 矩阵 $M_{ai}^1 = \exp(\beta \times Q_{ai})$;

Step3.1.3 循环,直到 $Err_1 = \sum_{i=1}^{m+1} \sum_{j=1}^{n+1} |M_{ai}^1 - M_{aj}^2| < Eps_1$ 或循环次数 $> I_1$:

对所有行 $a = 1, 2, \dots, m+1$, 计算 $M_{ai}^2 = \frac{M_{ai}^1}{\sum_{j=1}^{n+1} M_{aj}^1}$;

对所有列 $i = 1, 2, \dots, n+1$, 计算 $M_{ai}^1 = \frac{M_{ai}^2}{\sum_{a=1}^{m+1} M_{aj}^2}$.

Step3.1.4 置 $M = M^1$.

Step3.2 $\beta = \beta \times \beta_r$.

Step4 输出映射匹配矩阵 M .

为进一步提高匹配效率,本文在设计算法时对匹配矩阵 M_{ai} 进行预处理,充分利用属性化邻接图中的顶点属性和边属性信息,只要 2 图元的类型不

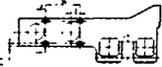
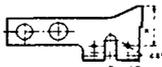
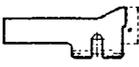
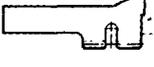
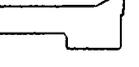
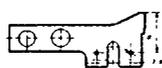
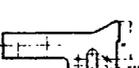
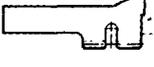
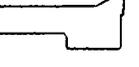
同,就将其顶点映射匹配矩阵元素 m_{ij} 置为 0. 这样使得初始时顶点映射匹配矩阵 M_{ij} 的元素尽可能多地为 0,在匹配初期排除不可能的顶点对应关系.

2 结果与分析

为了验证本文提出的基于非精确图匹配的二维工程图检索方法,开发了一个基于 Microsoft Visual Studio 2008 的原型系统,该系统可以实现二维工程图的非精确匹配. 实验数据库采用某机械零件制造企业近 300 张零部件设计图纸.

为了验证本文算法的搜索效果和搜索效率,将本文的方法与著名的 Ullmann 算法在搜索效果和搜索效率方面进行比较试验. 输入的工程图与检索结果的前 5 张图纸示意图如表 1 所示. 由表 1 可以看出 Ullmann 算法只能检索出与输入二维工程图很相似的二维工程图,而本文算法不但能够检索出与自身很相似的工程图,而且能够检索出其他相似的二维工程图. 在检索效率方面,随着二维工程图图元的增多,本文算法的搜索时间也都少于 Ullmann 算法的检索时间,如图 2 所示.

表 1 本文方法与 Ullmann 算法的检索效果比较

输入工程图	匹配的工程图及其相似度				
	Ullmann 算法 				
	本文方法 				
	相似度 0.998 7	0.901 2	0.853 4	0.735 0	0.457 5

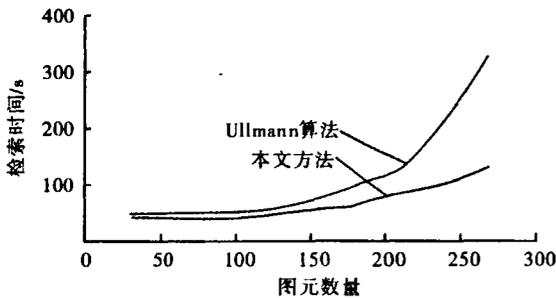


图 2 本文方法与 Ullmann 算法选择不同图元数量检索速度比较

3 结论

本文提出了一种基于非精确图匹配的二维工程图检索方法,在此基础上初步实现了一个基于关键词及工程图输入的二维工程图检索系统. 该检索方法与基于图像的检索方法不同,它首先将二维工程图转化为一种基于图元的属性化邻接图,然后将二维工程图的相似匹配问题转化为属性邻接图的相似匹配问题,最后将非精确属性化邻接图匹配问题转化为二次优化问题进行求解. 在匹配过程中充分利用图元自身的属性,尽可能早地排除掉不可能的顶点对应关系,大大地加快了检索过程,从而达到快速匹配的目的. 实验结果表明,本文方法能够实

现二维工程图的非精确匹配,其检索准确度和检索效率能满足实际检索的需求.

参考文献:

- [1] Matusiak S, Daoudi M, Bui T. Sketch-based images database retrieval [J]. *Advances in Multimedia Infor Syst*, 1998, 1508:185.
- [2] Sciascio E D, Mongiello M. Query by sketch and relevance feedback for content-based image retrieval over the Web [J]. *J of Visual Languages and Comp*, 1999, 10 (6):565.
- [3] Jong P, Bong U. A new approach to similarity retrieval of 2D graphic objects based on dominant shapes [J]. *Pattern Recognition*, 1999, 20(6):591.
- [4] Sinkhorn R. A relationship between arbitrary positive matrices and doubly stochastic matrices [J]. *The Annals of Mathe Statices*, 1964, 35(2):876.
- [5] 周良, 谢强, 丁秋林. 基于图匹配的工程图纸检索 [J]. *南京航空航天大学学报*, 2008(3):28.
- [6] 汪文睿, 周良. 基于层次的草图检索框架 [J]. *中国制造业信息化*, 2006(19):46.
- [7] 石云飞. 工艺过程和工艺信息驱动的三维模型重建技术 [D]. 西安:西北工业大学, 2010.
- [8] 王飞. 三维 CAD 模型检索关键技术研究及实现 [D]. 西安:西北工业大学, 2010.

作者: [赵晔](#), [王昌](#), [ZHAO Ye](#), [WANG Chang](#)
作者单位: [赵晔, ZHAO Ye\(西安工业大学数理系, 陕西 西安 710032; 西北大学数学系, 陕西 西安 710127\)](#), [王昌, WANG Chang\(西北大学数学系, 陕西 西安, 710127\)](#)
刊名: [郑州轻工业学院学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [Journal of Zhengzhou University of Light Industry\(Natural Science Edition\)](#)
年, 卷(期): 2011, 26(3)

参考文献(8条)

1. [Matusiak S;Daoudi M;Biu T Sketch-based images database retrieval](#) 1998
2. [Sciascio E D;Mongiello M Query by sketch and relevance feedback for content-based image retrieval over the Web](#) 1999(06)
3. [Jong P;Bong U A new approach to similarity retrieval of 2D graphic objects based on dominant shapes](#) 1999(06)
4. [Sinkhorn R A relationship between arbitrary positive matrices and doubly stochastic matrices](#) 1964(02)
5. [周良, 谢强, 丁秋林 基于图匹配的工程图纸检索\[期刊论文\]-南京航空航天大学学报](#) 2008(3)
6. [汪文睿, 周良 基于层次的草图检索框架\[期刊论文\]-中国制造业信息化](#) 2006(19)
7. [石云飞 工艺过程和工艺信息驱动的三维模型重建技术](#) 2010
8. [王飞 三维CAD模型检索关键技术研究是实现](#) 2010

引用本文格式: [赵晔, 王昌, ZHAO Ye, WANG Chang 基于非精确图匹配的一种工程图检索方法\[期刊论文\]-郑州轻工业学院学报\(自然科学版\)](#) 2011(3)