



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105574535 B

(45)授权公告日 2019.06.25

(21)申请号 201510957924.5

(22)申请日 2015.12.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105574535 A

(43)申请公布日 2016.05.11

(73)专利权人 华北电力大学(保定)
地址 071003 河北省保定市永华北大街619号

(72)发明人 张珂 陈奇 刘涛

(74)专利代理机构 石家庄冀科专利商标事务所
有限公司 13108

代理人 李羨民 高锡明

(51)Int.Cl.

G06K 9/46(2006.01)

G06K 9/68(2006.01)

(56)对比文件

CN 101996245 A,2011.03.30,

CN 101561928 A,2009.10.21,

CN 103226584 A,2013.07.31,

US 2008253656 A1,2008.10.16,

审查员 李琳

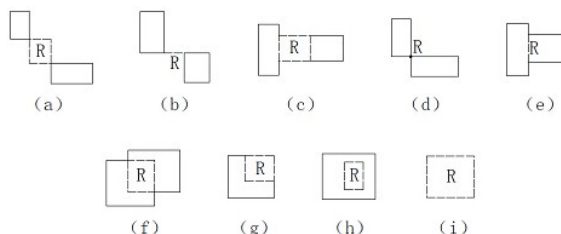
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

基于间接距离角直方图空间关系模型的图形符号识别方法

(57)摘要

一种基于间接距离角直方图空间关系表示模型的图形符号识别方法,所述方法通过计算图形符号中每对基本符号单元的间接距离角直方图,获取每对基本符号单元间的空间关系特征;然后根据每对基本符号单元的间接距离角直方图构造其所属图形符号的属性关系图,获得空间关系特征矢量;再计算出待识别图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图之间的相似度;最后根据属性关系图之间的相似度对图形符号进行识别。本发明利用九交模型获取的单像素间接参考对象求得每对基本符号单元的间接距离角直方图,不仅降低了计算量,而且同时兼顾了空间方向、拓扑和距离三种空间关系,从而提高了图形符号识别的有效性和可靠性。



1. 一种基于间接距离角直方图空间关系模型的图形符号识别方法,其特征是,所述方法通过计算图形符号中每对基本符号单元的间接距离角直方图,获取每对基本符号单元的空间关系特征;然后根据每对基本符号单元的间接距离角直方图构造其所属图形符号的属性关系图,获得空间关系特征矢量;再计算出待识别图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图之间的相似度;最后根据属性关系图之间的相似度对图形符号进行识别;

所述识别按以下步骤进行:

a. 建立图形符号库,确定图形符号的基本符号单元类型;

b. 提取图形符号中的所有类型基本符号单元,为每对基本符号单元提取单像素间接参考对象 R' ;

用 G 表示某图形符号, $V\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$ 表示图形符号 G 中所包含的基本符号单元的集合, m 为基本符号单元的个数,基本符号单元 v_p ($p=1, 2, \dots, m$)与基本符号单元 v_q ($q=1, 2, \dots, m$)的单像素间接参考对象 R' 按如下步骤提取:

①计算基本符号单元 v_p 与基本符号单元 v_q 的最小外接矩形 MBR ;

②根据九交模型计算两个最小外接矩形间的间接参考对象 R ;

③采用间接参考对象 R 的中心点 o 作为单像素间接参考对象 R' ;

c. 计算每对基本符号单元的间接距离角直方图:

①计算基本符号单元 v_p 与单像素间接参考对象 R' 之间的距离角直方图

假设基本符号单元 $v_p = \{v_{p1}, v_{p2}, \dots, v_{pn}\}$,单像素间接参考对象 R' , n 是构成基本符号单元 v_p 的像素点的个数,令 Θ 为点对 (v_{pi}, R') 的方位角 $\alpha_i = \angle(v_{pi}, R')$ 的集合,以步长 τ 选取角度 θ ,令 L 为点对 (v_{pi}, R') 的距离 $d_i = Dis(v_{pi}, R')$ 的集合,以步长 σ 选取距离 l ,则基本符号单元 v_p 与单像素间接参考对象 R' 之间的关于 L 和 Θ 的归一化的距离角直方图定义为:

$$LHL_{L, \Theta}(v_p, R') = \{(l, \theta), f(l, \theta) / n\}$$

其中, $f(l, \theta) = f(l, \theta) + 1, \text{ if } d_i \in [l - \sigma/2, l + \sigma/2] \& \alpha_i \in [\theta - \tau/2, \theta + \tau/2]$;

②依据上述方法计算基本符号单元 v_q 与单像素间接参考对象 R' 之间的距离角直方图 $LHL_{L, \Theta}(v_q, R')$,得到基本符号单元 v_p 与基本符号单元 v_q 的间接距离角直方图 $\{LHL_{L, \Theta}(v_p, R'), LHL_{L, \Theta}(v_q, R')\}$;

③将间接距离角直方图的所有数据按顺序排列,获得空间关系特征矢量 $LH(v_p, v_q)$;

d. 根据每对基本符号单元的间接距离角直方图构造其所属图形符号的属性关系图:

构造的属性关系图定义如下: $G = (V, E, F_V, F_E)$,其中 G 表示图形符号, $V\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$ 表示图形符号 G 中所包含的基本符号单元的集合,或称 v_m 是属性关系图中的 m 个节点;节点之间用线连接构成图的边, E 表示边的集合: $E \subseteq V \times V$; F_V 表示描述节点的属性方程,即表示基本符号单元的类型; F_E 表示描述边的属性方程,即表示边两端节点之间的空间关系特征矢量 LH ;

e. 计算待识别图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图之间的相似度,根据属性关系图之间的相似度对图形符号进行识别:

分别计算待识别图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图,假设两个待匹配的属性关系图为 $G = (V, E, F_V, F_E)$ 和 $G' = (V', E', F_{V'}, F_{E'})$,它们各自包括边 $e \in E, e' \in E'$,利用 F_V 和 $F_{V'}$ 将边 e 和 e' 进行匹配,即节点相同的边匹配在一起,然后按下式对匹配后的边计算属性关系图之间的相似度:

$$Sim(G, G') = 1 - \sum_{e \in E} dis(F_E(e), F'_E(e'))$$

式中dis表示相匹配的边之间空间关系特征向量间的欧氏距离,若两个待匹配属性关系图之间的相似度大于或等于设定的阈值,则判断待识别的图形符号与图形符号库中的图形符号为同类或相似图形。

基于间接距离角直方图空间关系模型的图形符号识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种处理量小、有效性和可靠性高的图像识别与检索方法,属于图像识别技术领域。

背景技术

[0002] 空间在人类认知中扮演了基础性的角色,在任意日常场景中,空间通常被认为是由空间关系交织构成的结构体,而不是简单的承载相互独立空间对象的容器,所以空间关系一直以来都是许多学科的重要研究内容之一,包括人工智能、图像处理、认知科学、心理学、语言学、地理学以及图形学等。任何与空间有关的智能系统都要有能力对空间关系进行描述,因此人工智能研究的一个重要任务就是提供描述空间关系的手段和方式,找到一种完备的形式化系统表示空间知识。

[0003] 空间关系主要包括空间距离关系、空间拓扑关系和空间方向关系等。目前,空间距离关系与空间拓扑关系的研究已经相对成熟,常用的距离包括欧氏距离、闵可夫距离、曼哈顿距离以及Voronoi距离等,空间拓扑关系形式化模型主要包括:点集拓扑法(九交模型)、DEM方法、最小边界矩形法,区域连接方法(RCC)、CBM方法、2D-String法、Voronoi图法和广义交模型等,其中区域连接方法和点集拓扑法最为成熟。近些年来,空间方向关系形式化模型的研究逐步成为空间关系研究的热点,Haar提出了针对点状对象的四方向锥形模型,锥形模型虽然简单,但是不适合复杂对象的空间方向关系表示;Papadias提出的最小外接矩形(MBR)模型根据空间对象最小外接矩形之间的空间方向关系来判断对象间的空间方向关系,该模型具有较强的区分能力;Goyal等人以MBR模型各方向区域交叠为元素构建方向关系矩阵来描述空间对象间的空间方向关系,可以进行粗略和精确两种描述,采用矩阵表示空间方向关系有助于计算和推理,但MBR模型和方向关系矩阵模型难以描述对象的MBR相交情况下的空间方向关系;闫浩文认为两个对象间的方向指向线不止一条,采用多个方向指向线的集合描述空间方向关系,考虑到了对象形状和大小等对空间方向关系的影响,不失为一种好的尝试,但该模型计算复杂度较高,并且将对象间空间方向关系细化为若干点与线段的空间方向关系集合,会造成某些情况的误判;Krishnapuram提出了角直方图的概念,该方法考虑到对象间全部点对的角度,计算全部点对出现的频率,由此得到对象间的角直方图,角直方图包含了对象间的空间方向关系信息,可以从角直方图中提取空间关系信息进行空间方向关系描述,角直方图模型虽然考虑了对象的位置、方向、形状和大小信息,但是由于考虑了太多的点对,计算量非常巨大;Wang提出了R直方图模型,其建立在角直方图基础上,为了减少计算复杂度采用边缘点对代替全部点对,R直方图模型由于只考虑对象的边缘点,对复杂不规则对象的描述效果较差;Matsakis提出了F直方图,F直方图也是基于角直方图的,但它考虑的并不是点对,而是考虑各个角度的纵剖线,通过计算不同角度纵剖线的积分和建立F直方图。这种直方图在建立之初加入了长度参数,通过不同的参数设定模拟距离对空间方向关系的影响,F直方图计算复杂度相对较低,并且考虑到了各项异性,F直方图模型虽然考虑了距离关系,但未考虑拓扑关系,并且其一个主要的问题是计算量依然较

大;张珂提出了在观察者参考框架下以及在其他参考框架下的直方图模型——可视域直方图模型和四叉树直方图模型,针对不同类型的空间方向关系建立了基于直方图的空间方向关系判定方法,构建了空间方向关系形式化模型体系,四叉树直方图模型虽然能够同时保证高精度和高准确度,但是对参数选择的要求比较高,其采用人工方法确定参数,虽然能够获得较好的实验结果,但缺乏良好的适用性。

[0004] 目前对空间方向关系、拓扑关系和距离关系的研究采用分而治之的方法,但这三类空间关系往往又是互相关联和相互影响的,所以实际需求要求建立三者统一的空间关系模型。

[0005] 伴随着全球化和互联网的迅猛发展,信息技术已渗透到当今社会的各个方面,各类图像、视频充斥着我们的日常工作和生活。如何对数量如此庞大的图像库进行有效地组织、存储和检索,以便使用户更快速地查找到所需的信息,已经成为学术界和工业界共同关注的热点。图形符号的识别与检索属于图像识别与检索中非常重要的一类,其主要应用在特殊的工程领域,这些应用领域主要包括电子电路中的电子器件符号识别、工程图纸和建筑图纸中的符号识别、数学表达式符号识别、音乐符号识别以及地图符号识别等。在这些应用中所需识别和检索的图形符号具有相当的规律性和标准性,这些图形符号通常可以看作由一些标准的基本符号单元组合而成,不同的构成单元和它们之间的位置表达了不同的符号含义。目前存在的图形符号的识别和检索方法主要包括基于统计方法的识别与检索、基于结构方法的识别与检索,以及混合方法的识别与检索三种类型。根据图形符号识别和检索的自身特点,基于空间关系的识别与检索方法逐步被应用到图形符号的识别和检索中,其属于基于结构方法的识别和检索范畴,即采用一定的空间关系形式化模型获取符号中各基本符号单元之间的空间关系特征,进而根据空间关系特征进行图形符号的识别和检索。但由于缺少统一的空间关系形式化模型,导致现有的基于空间关系的图形符号识别和检索方法所获取的空间关系特征往往是单一的,不能完全反映对象间的空间关系信息,从而影响了图形符号识别和检索的有效性和可靠性。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于针对现有技术之弊端,提供一种基于间接距离角直方图空间关系模型的图形符号识别方法,在保证图像识别的有效性和可靠性的同时,降低计算的复杂程度。

[0007] 本发明所述问题是以下述技术方案解决的:

[0008] 一种基于间接距离角直方图空间关系模型的图形符号识别方法,所述方法通过计算图形符号中每对基本符号单元的间接距离角直方图,获取每对基本符号单元间的空间关系特征;然后根据每对基本符号单元的间接距离角直方图构造其所属图形符号的属性关系图,获得空间关系特征矢量;再计算出待识别图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图之间的相似度;最后根据属性关系图之间的相似度对图形符号进行识别。

[0009] 上述基于间接距离角直方图空间关系模型的图形符号识别方法,所述识别按以下步骤进行:

[0010] a. 建立图形符号库,确定图形符号的基本符号单元类型;

[0011] b. 提取图形符号中的所有类型基本符号单元,为每对基本符号单元提取单像素间

接参考对象R'：

[0012] 用G表示某图形符号， $V\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$ 表示图形符号G中所包含的基本符号单元的集合，m为基本符号单元的个数，基本符号单元 v_p ($p=1, 2, \dots, m$)与基本符号单元 v_q ($q=1, 2, \dots, m$)的单像素间接参考对象R'按如下步骤提取：

[0013] ①计算基本符号单元 v_p 与基本符号单元 v_q 的最小外接矩形MBR；

[0014] ②根据九交模型计算两个最小外接矩形间的间接参考对象R；

[0015] ③采用间接参考对象R的中心点o作为单像素间接参考对象R'；

[0016] c. 计算每对基本符号单元的间接距离角直方图：

[0017] ①计算基本符号单元 v_p 与单像素间接参考对象R'之间的距离角直方图

[0018] 假设基本符号单元 $v_p = \{v_{p1}, v_{p2}, \dots, v_{pn}\}$ ，单像素间接参考对象R'，n是构成基本符号单元 v_p 的像素点的个数，令 Θ 为点对 (v_{pi}, R') 的方位角 $\alpha_i = \angle(v_{pi}, R')$ 的集合，以步长 τ 选取角度 θ ，令L为点对 (v_{pi}, R') 的距离 $d_i = Dis(v_{pi}, R')$ 的集合，以步长 σ 选取距离l，则基本符号单元 v_p 与单像素间接参考对象R'之间的关于L和 Θ 的归一化的距离角直方图定义为：

[0019] $LH_{L, \Theta}(v_p, R') = \{(l, \theta), f(l, \theta)/n\}$

[0020] 其中， $f(l, \theta) = f(l, \theta) + 1, \text{ if } d_i \in [l-\sigma/2, l+\sigma/2] \& \alpha_i \in [\theta-\tau/2, \theta+\tau/2]$ ；

[0021] ②依据上述方法计算基本符号单元 v_q 与单像素间接参考对象R'之间的距离角直方图 $LH_{L, \Theta}(v_q, R')$ ，得到基本符号单元 v_p 与基本符号单元 v_q 的间接距离角直方图 $\{LH_{L, \Theta}(v_p, R'), LH_{L, \Theta}(v_q, R')\}$ ；

[0022] ③将间接距离角直方图的所有数据按顺序排列，获得空间关系特征矢量 $LH(v_p, v_q)$ ；

[0023] d. 根据每对基本符号单元的间接距离角直方图构造其所属图形符号的属性关系图：

[0024] 构造的属性关系图定义如下： $G = (V, E, F_V, F_E)$ ，其中G表示图形符号， $V\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$ 表示图形符号G中所包含的基本符号单元的集合，或称 v_m 是属性关系图中的m个节点；节点之间用线连接构成图的边，E表示边的集合： $E \subseteq V \times V$ ； F_V 表示描述节点的属性方程，即表示基本符号单元的类型； F_E 表示描述边的属性方程，即表示边两端节点之间的空间关系特征矢量LH；

[0025] e. 计算待识别图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图之间的相似度，根据属性关系图之间的相似度对图形符号进行识别：

[0026] 分别计算待识别图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图，假设两个待匹配的属性关系图为 $G = (V, E, F_V, F_E)$ 和 $G' = (V', E', F_{V'}, F_{E'})$ ，它们各自包括边 $e \in E, e' \in E'$ ，利用 F_V 和 $F_{V'}$ 将边e和e'进行匹配，即节点相同的边匹配在一起，然后按下式对匹配后的边计算属性关系图之间的相似度：

[0027] $Sim(G, G') = 1 - \sum_{e \in E} dis(F_E(e), F_{E'}(e'))$

[0028] 式中dis表示相匹配的边之间空间关系特征向量间的欧氏距离，若两个待匹配属性关系图之间的相似度大于或等于设定的阈值，则判断待识别的图形符号与图形符号库中的图形符号为同类或相似图形。

[0029] 本发明利用九交模型获取的单像素间接参考对象求得每对基本符号单元的间接

距离角直方图,不仅大大降低了计算量,而且同时兼顾了空间方向、拓扑和距离三种空间关系,从而提高了图形符号识别的有效性和可靠性。

附图说明

[0030] 图1是间接参考对象R的9种可能的情况,其中(a) (b) (c)对应“相离”(disjoint)、(d) (e)“相接”(meet)、(f)对应“相交”(overlap)、(g)对应“覆盖”(covers)和“覆盖于”(coveredby)、(h)对应“包含”(contains)和“包含于”(inside)、(i)对应“重叠”(equal);

[0031] 图2是验证实验中的人工图形和所获得的间接参考对象;

[0032] 图3是对象A和对象B与R'之间的角直方图;

[0033] 图4是验证实验获得的对象A和对象B与R'之间的距离角直方图;

[0034] 图5是部分电子符号集;

[0035] 图6是典型电子符号的基本符号单元划分;

[0036] 图7是间接参考对象R的提取示意图;

[0037] 图8是基于间接距离角直方图空间关系模型的电子符号检索结果。

[0038] 文中各符号表示为: R' 为单像素间接参考对象, R 为间接参考对象, G 表示某图形符号, $V\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$ 表示图形符号 G 中所包含的基本符号单元的集合, m 为基本符号单元的个数, Θ 为点对 (v_{pi}, R') 的方位角 $\alpha_i = \angle(v_{pi}, R')$ 的集合, τ 为角度 θ 的步长, L 为点对 (v_{pi}, R') 的距离 $d_i = Dis(v_{pi}, R')$ 的集合, σ 为距离 l 的步长, E 表示边的集合, F_v 表示描述节点的属性方程, F_E 表示描述边的属性方程, LH 为空间关系特征矢量, dis 表示相匹配的边之间空间关系特征向量间的欧氏距离, $Sim(G, G')$ 为属性关系图 G 与 G' 之间的相似度, MBR 为最小外接矩形。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图对本发明作进一步详述。

[0040] 本发明建立了拓扑关系、方向关系和距离关系三者统一的空间关系表示模型,从而提取图形符号中各基本符号单元间的空间关系特征,构造特征矢量,进而建立属性关系图(Attributed Relational Graphs, ARG),并将其作为基于空间关系图形符号检索的依据。

[0041] 本发明所述方案包括以下五个步骤:

[0042] 1. 首先建立图形符号库,以及确定图形符号的基本符号单元类型。

[0043] 2. 提取图形符号中的所有类型基本符号单元,为每对基本符号单元提取间接参考对象。

[0044] 3. 计算每对基本符号单元的间接距离角直方图(Indirect Distance Angle Histogram)以获取每对基本符号单元间的空间关系特征。

[0045] 4. 根据每对基本符号单元的间接距离角直方图构造其所属图形符号的属性关系图。

[0046] 5. 计算待检索图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图之间的相似度,实现基于空间关系的图形符号检索。

[0047] 第1步建立图形符号库,确定图形符号的基本符号单元类型。本发明主要以电子电

路中的电子器件的识别和检索为例进行描述,其基本符号单元类型共四种,具体见后面的实验分析2。

[0048] 第2步是提取图形符号中所有类型的基本符号单元,为每对基本符号单元提取间接参考对象。用G表示某图形符号, $V\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$ 表示图形符号G中所包含的基本符号单元的集合,m为基本符号单元的个数。空间关系具有传递性,即基本符号单元 v_1 与基本符号单元 v_2 之间的空间关系可由基本符号单元 v_1 与对象R以及基本符号单元 v_2 与对象R的空间关系来表示。对象R即为间接参考对象。由于直接计算基本符号单元 v_1 与基本符号单元 v_2 的角直方图计算量巨大,根据传递性原则可以转而计算间接参考对象R分别与基本符号单元 v_1 与基本符号单元 v_2 的角直方图。为了同时获取拓扑关系信息。该步骤引入了九交模型用于获取间接参考对象R。具体步骤如下:

[0049] (1) 计算基本符号单元 v_1 与基本符号单元 v_2 的最小外接矩形MBR;

[0050] (2) 根据九交模型计算两个最小外接矩形间的间接参考对象R;

[0051] (3) 间接参考对象R共有9种可能的情况,如图1所示,9种可能的情况分别对应于八种不同的拓扑关系。

[0052] (4) 为了降低角直方图计算量,采用间接参考对象R的中心点o作为单像素间接参考对象R',由于R是规则的矩形,R'能够近似描述其位置信息。

[0053] 第3步计算每对基本符号单元的间接距离角直方图,从而获得每对基本符号单元间的空间关系特征。具体过程如下:

[0054] (1) 计算基本符号单元 v_1 与单像素间接参考对象R'之间的距离角直方图。假设有基本符号单元 $v_1 = \{v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}\}$,单像素间接参考对象R',n是构成基本符号单元 v_1 的像素点的个数。对象之间的空间关系可看做n组点对 (v_{1i}, R') 空间关系共同影响的结果。为了获取空间方向关系信息,令 Θ 为点对 (v_{1i}, R') 的方位角 $\alpha_i = \angle(v_{1i}, R')$ 的集合,不同的点对方位角可能相同,以步长 τ 选取角度 θ ,根据公式(1)计算 Θ 中的角度在角度范围 $[\theta, \theta + \tau]$ 内出现的频次 $f(\theta)$,显然 $1 \leq f(\theta) \leq n$ 。为了同时获取空间距离关系信息,同时计算n组点对 (v_{1i}, R') 的欧式距离,令L为点对 (v_{1i}, R') 的距离 $d_i = Dis(v_{1i}, R')$ 的集合,不同点对距离可能不同,以步长 σ 选取距离l,根据公式(2)计算L中距离在距离范围 $[l, l + \sigma]$ 内出现的频次 $f(l)$, $1 \leq f(l) \leq n$ 。将公式(1)、(2)合并,可以获得点对同时关于l和 θ 出现的频率 $f(l, \theta)$,如公式(3)所示。

[0055] $f(\theta) = f(\theta) + 1, \text{if } \alpha_i \in [\theta - \tau/2, \theta + \tau/2], 1 \leq f(\theta) \leq n$ (1)

[0056] $f(l) = f(l) + 1, \text{if } d_i \in [l - \sigma/2, l + \sigma/2], 1 \leq f(l) \leq n$ (2)

[0057] $f(l, \theta) = f(l, \theta) + 1, \text{if } d_i \in [l - \sigma/2, l + \sigma/2] \& \alpha_i \in [\theta - \tau/2, \theta + \tau/2]$ (3)

[0058] 另定义 $LH_{L, \Theta}(v_1, R') = \{(l, \theta), f(l, \theta)\}$ 为关于L和 Θ 的距离角直方图,最后采用相对频率 $f(l, \theta) = f(l, \theta) / n$ 对距离角直方图进行归一化处理,得到归一化后的距离角直方图仍用 $LH_{L, \Theta}(v_1, R')$ 表示。

[0059] (2) 依据上一步方法计算基本符号单元 v_2 与单像素间接参考对象R'之间的距离角直方图 $LH_{L, \Theta}(v_2, R')$ 。根据空间关系的传递性原则,基本符号单元 v_1 与基本符号单元 v_2 的空间关系可由基本符号单元 v_1 与单像素间接参考对象R'以及基本符号单元 v_2 与单像素间接参考对象R'的空间关系来表示,即基本符号单元 v_1 与基本符号单元 v_2 的空间关系 $R(v_1, v_2)$ 可用两个距离角直方图构成的间接距离角直方图 $\{LH_{L, \Theta}(v_1, R'), LH_{L, \Theta}(v_2, R')\}$ 来表示。

[0060] (3) 将间接距离角直方图的所有数据按顺序排列, 获得空间关系特征矢量 $LH(v_1, v_2)$, $LH(v_1, v_2)$ 的维度与步长 τ 和 σ 相关, 如果 τ 取角度 2 度, σ 取基本符号单元 v_1 与基本符号单元 v_2 共同的最小外接矩形 (MBR) 对角线长度的 $1/10$ 取整, 则 $LH(v_1, v_2)$ 的维度为 3600 维。

[0061] 第 4 个步骤根据图形符号中每对基本符号单元间的间接距离角直方图构造所属图形符号的属性关系图。构造的属性关系图定义如下: $G = (V, E, F_V, F_E)$, 其中 G 表示图形符号, $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$ 表示图形符号 G 中所包含的基本符号单元的集合, v_m 为属性关系图中的 m 个节点, 节点之间用线连接构成图的边, E 表示边的集合: $E \subseteq V \times V$, F_V 表示描述节点的属性方程 (即表示基本符号单元的类型), F_E 表示描述边的属性方程 (即表示边两端节点之间的空间关系特征矢量 LH)。

[0062] 第 5 个步骤计算待检索图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图之间的相似度, 实现基于空间关系的图形符号检索。分别计算待检索图形符号与图形符号库中图形符号的属性关系图, 计算两个待匹配属性关系图之间的相似度。假设两个带匹配的属性关系图 G 和 G' , 它们各自包括边 $e \in E, e' \in E'$, 利用 F_V 和 F_V' 将边 e 和 e' 进行匹配, 即节点相同的边匹配在一起, 然后对匹配后的边计算属性关系图之间相似度, 如公式 (4) 所示, 式 (4) 中 dis 表示相匹配的边之间空间关系特征向量间的欧氏距离。相似度 Sim 越大说明两幅图像空间关系越接近, 通过计算待查询图形符号 (样本符号) 与图形符号库中图形符号的属性关系图相似度, 选择相似度较大的图形符号依次作为推荐的识别结果, 从而实现基于空间关系的图形符号识别和检索。

$$[0063] \quad Sim(G, G') = 1 - \sum_{e \in E} dis(F_E(e), F'_E(e')) \quad (4)$$

[0064] 本发明具有以下特点:

[0065] 1、本发明采用单像素间接参考对象 R' 计算间接距离角直方图, 计算复杂度仅为 $2N$, 其中 N 表示对象的像素点数, 而目前计算速度最快的四叉树直方图计算复杂度为 $N \log_4 N$, 精度最高的 F 直方图计算复杂度为 $N \log_2 N$, 所以本发明算法能够大大降低计算量。

[0066] 2、根据空间关系的传递性, 本发明采用两个直方图构成间接直方图, 能够完整保留对象间的空间信息。在完整保留空间关系信息基础上降低了计算复杂度, 同时解决了有效性和可靠性的问题。

[0067] 3、本发明采用九交模型获取间接参考对象 R' , 从而考虑到拓扑信息, 在计算距离角直方图时计算了点对的欧氏距离, 从而考虑到距离信息, 所以本发明获得的间接距离角直方图与其他直方图方法相比, 同时兼顾了空间方向、拓扑和距离三种空间关系, 间接距离角直方图模型是一种统一的空间关系模型。

[0068] 4、本发明根据图形符号规律性和标准性的特点, 将基于空间关系的检索方法应用到图形符号检索中, 采用一定的空间关系形式化模型获取符号中各基本符号单元之间的空间关系特征, 进而构造属性关系图进行图形符号检索。实验证明了该方法的有效性。

[0069] 实施例 1

[0070] 为了说明以上优点, 采用 2 个实施例加以验证。第一个实施例以图 2-a 中分辨率为 400×400 像素的人工图形为例计算矩形对象 A 与三角形对象 B 间的间接距离角直方图。图 2-b 为经过步骤 2 后所获得的间接参考对象 R 与 R' 。

[0071] 图 3 为对象 A 和对象 B 与 R' 之间的角直方图, 从图中可以发现角直方图可以获得方

向关系信息。图4为经过步骤3获得的对象A和对象B与R'之间的距离角直方图,与角直方图相比,其包含了距离信息,两个距离角直方图共同组成了间接距离角直方图。最后由间接距离角直方图构造空间关系特征矢量LH,本实施例 τ 取角度2度, σ 取对象A和对象B共同的MBR对角线长度的1/100取整。

[0072] 实施例2

[0073] 第二个实施例进行电子电路中的电子器件图形符号检索。构造了一个包含500种电子符号的图形符号库,部分符号如图5所示;划分了四类基本符号单元,分别是粗对象单元(thick)、椭圆对象单元(circle)、角对象单元(corner)以及极点对象单元(extremity)。四类基本符号单元详细划分方法如下:首先计算图形符号各连通区域的像素个数以及连通区域最大长度,当像素个数与最大长度之比大于阈值 γ ,且最大长度大于阈值 δ 时,则认为此连通区域为粗对象单元(thick);将所有椭圆形的连通区域定义为椭圆对象单元(circle);采用左上、左下、右上和右下四个90度角模板进行图形匹配,匹配到的对象定义为角对象单元(corner);如果图形中的一个像素点只与一个像素点相邻,则定义其为极点对象单元(extremity)。具体划分实例如图6所示,图6中分别对两种电子符号进行了基本符号单元划分,符号1中没有粗对象单元,4个圆形连通区域共同组成了椭圆对象单元,7个直角共同组成了角对象单元,4个极点构成了极点对象单元;符号2中包含一个粗对象单元,1个圆形连通区域构成椭圆对象单元,8个直角共同组成角对象单元,8个极点构成了极点对象单元。

[0074] 根据步骤2为每对基本符号单元提取间接参考对象,如图7所示,以符号1为例首先进行基本符号单元划分,进而提取间接参考对象,虚线矩形即为获得的角对象单元与椭圆对象单元之间的间接参考对象R,接着根据步骤3计算每种基本符号单元对之间的间接距离角直方图;根据步骤4建立每种图形符号的属性关系图;最后选取部分符号作为待检索符号(样本符号)在图形符号库中进行识别和检索,检索结果如图8所示,图8中每一行的第一个符号均为样本符号,每一行后三个符号为对应的检索结果,均按照相似度从高到低排列,测试发现本发明的图形符号检索方法效果较好。

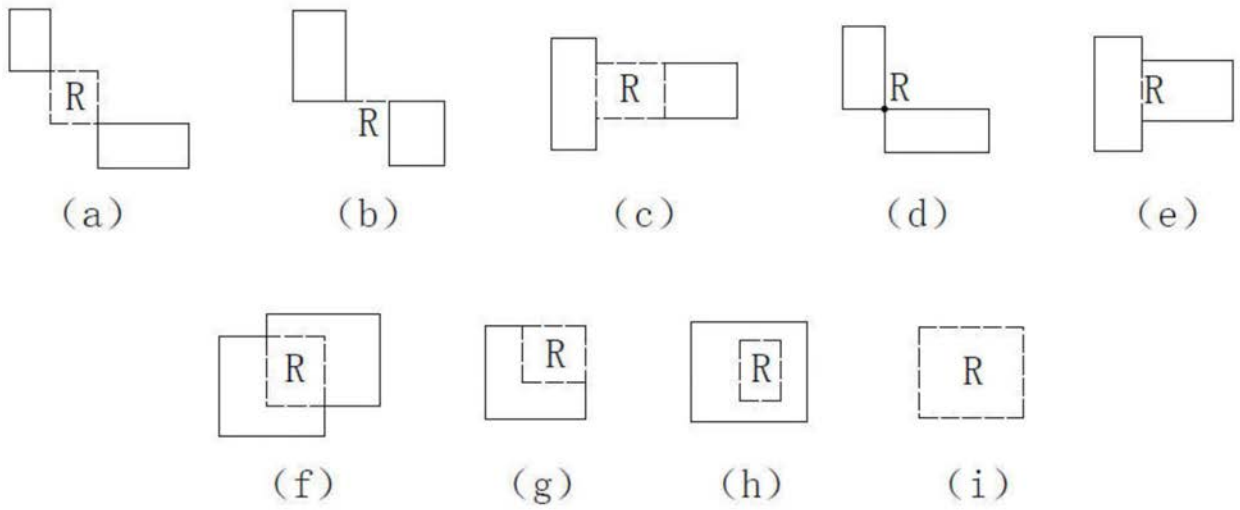


图1

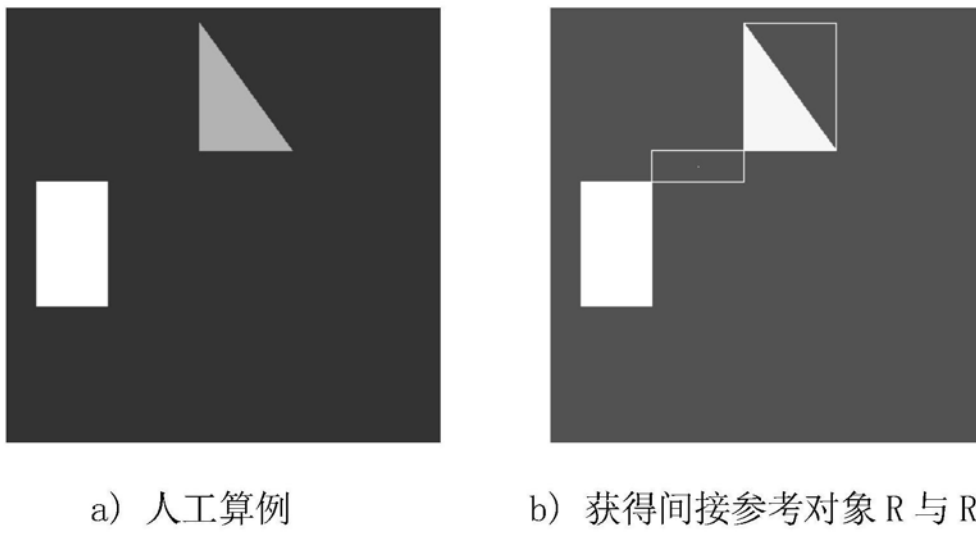
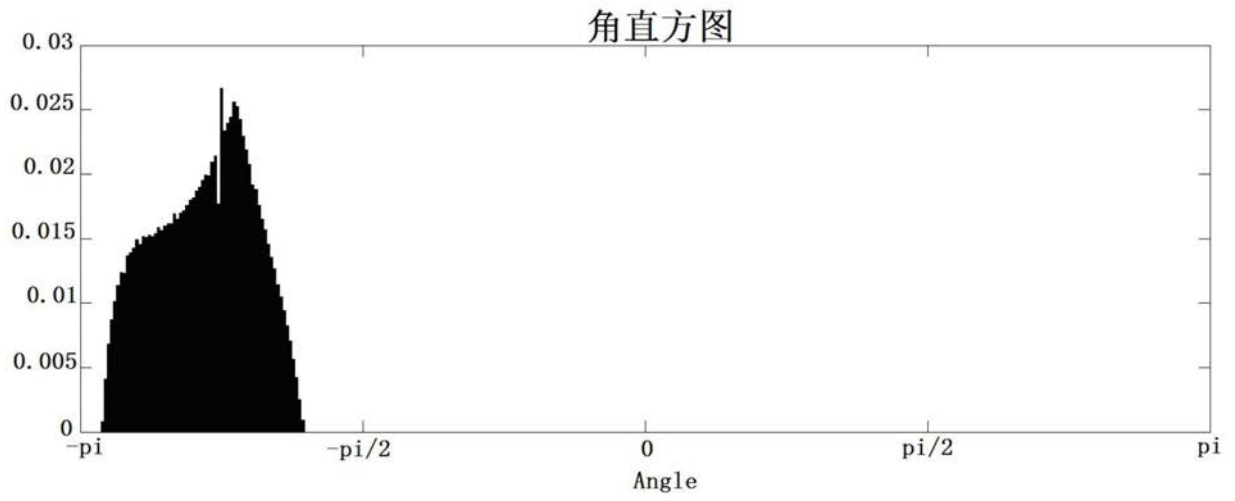
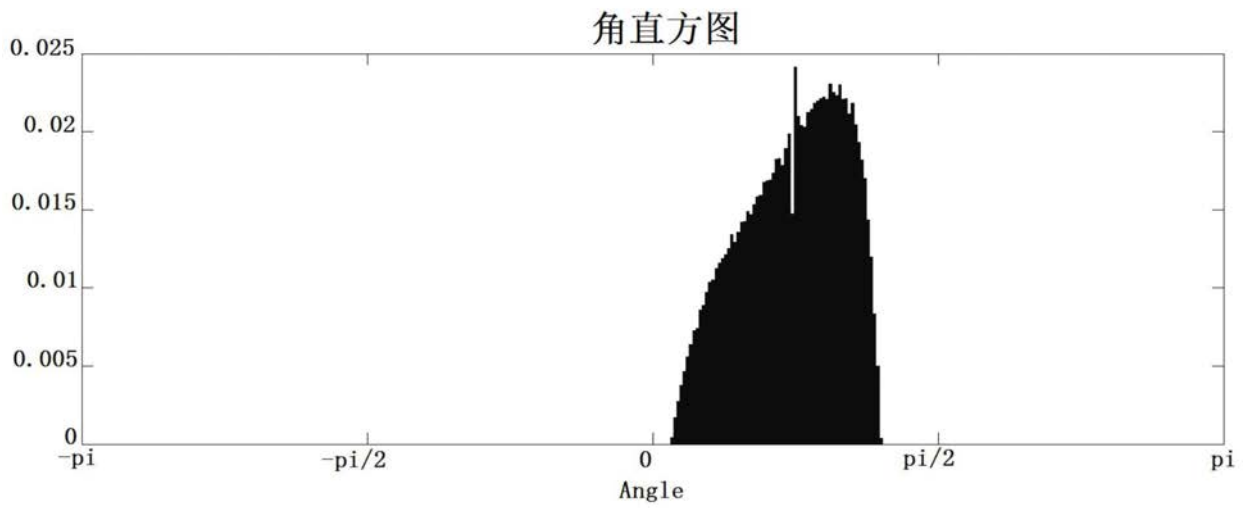


图2

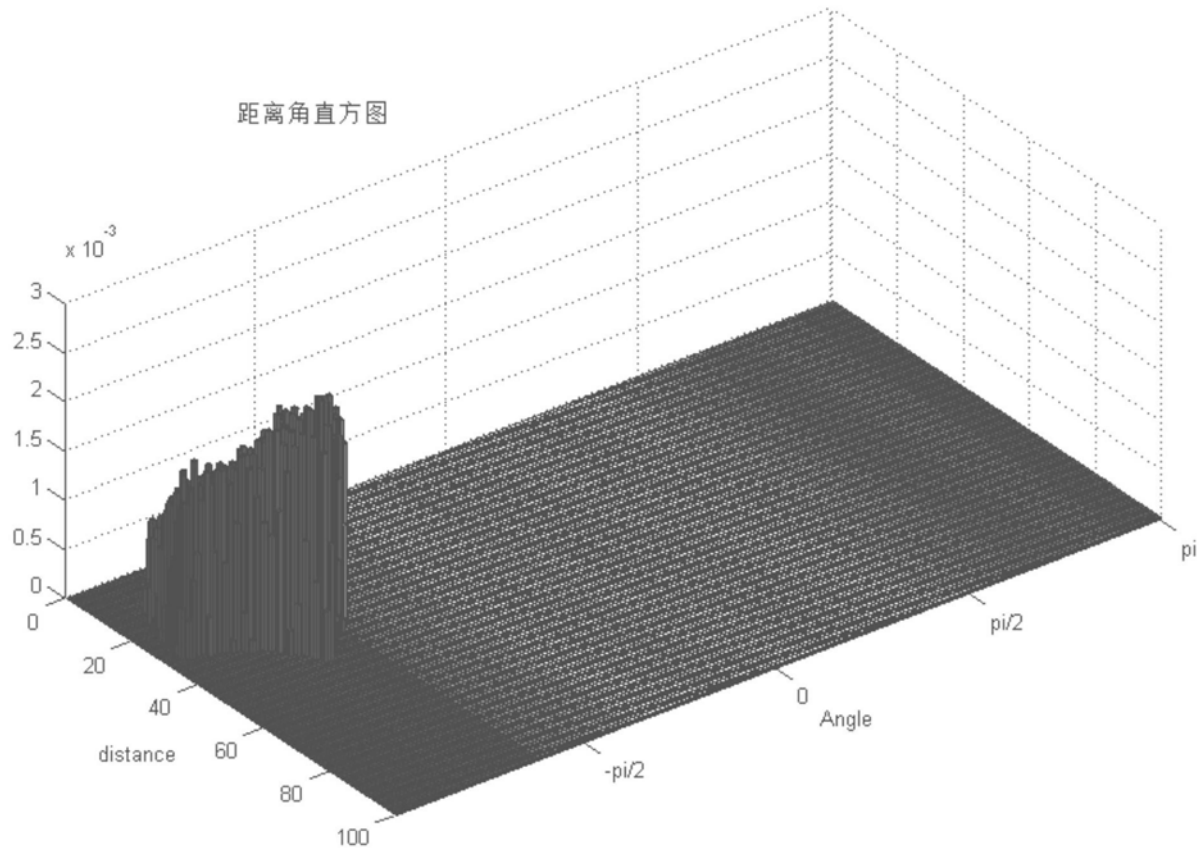


a) 对象 A 角直方图

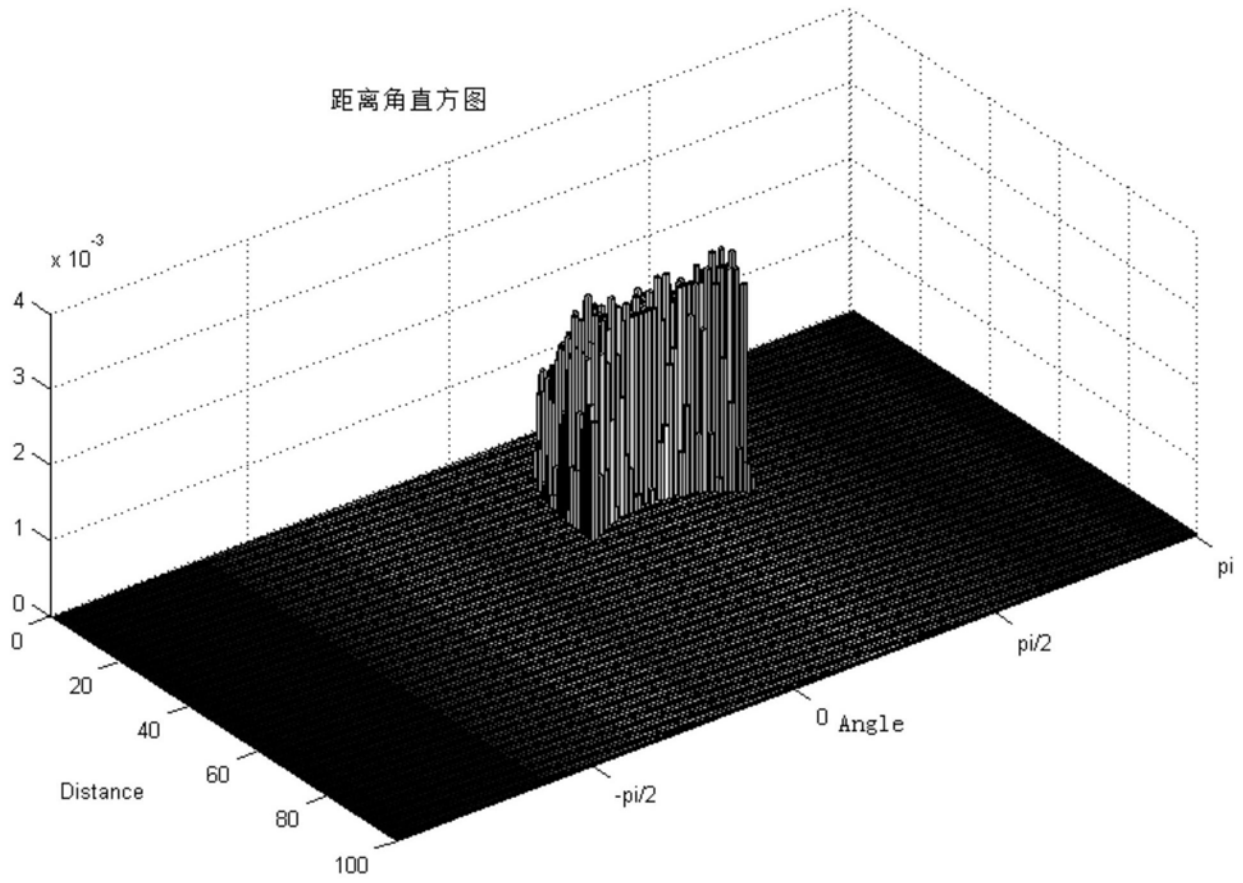


b) 对象 B 角直方图

图3



a) 对象 A 距离角直方图



b) 对象 B 距离角直方图

图4

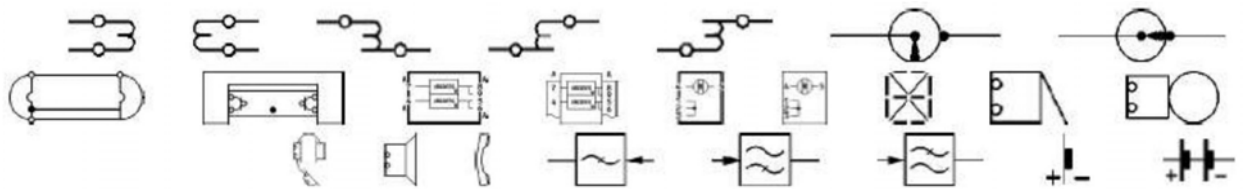


图5

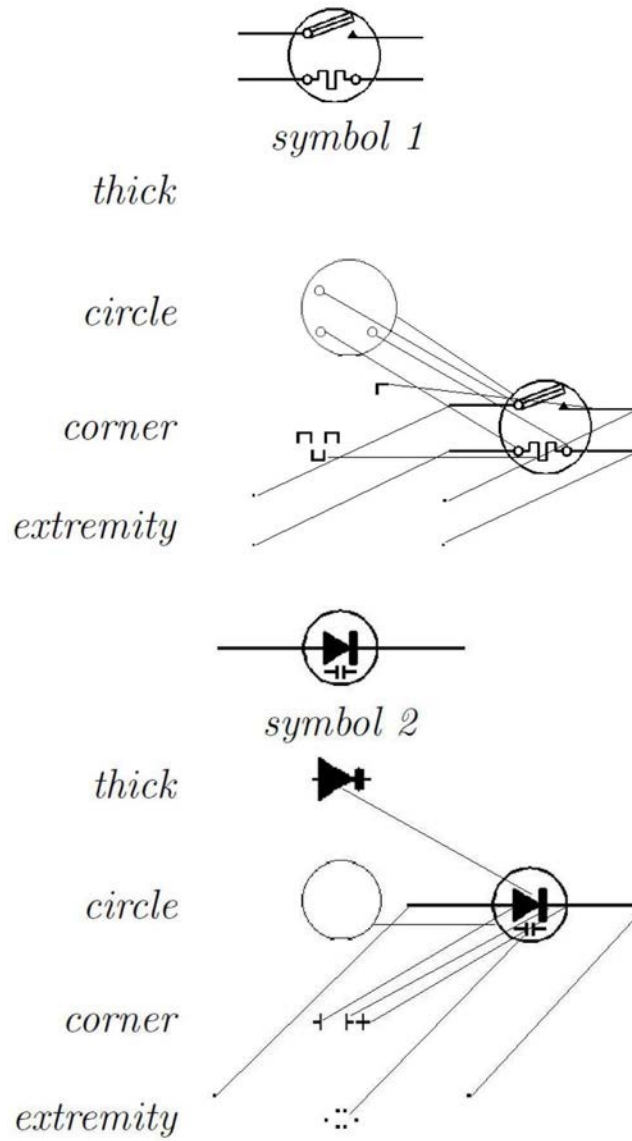


图6

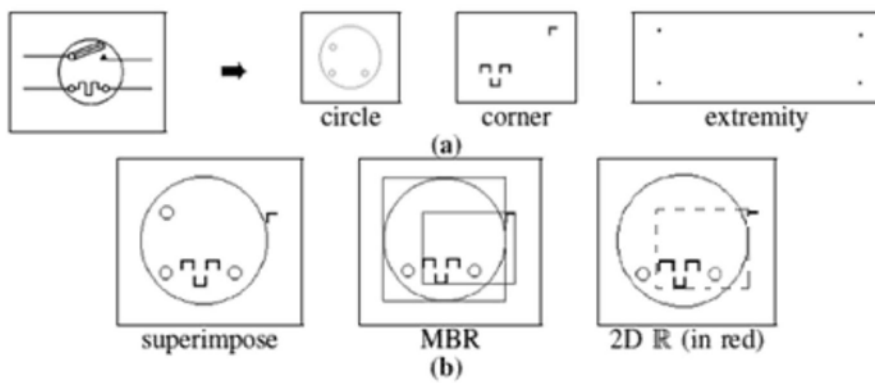
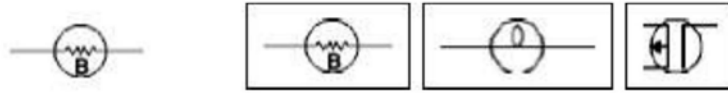


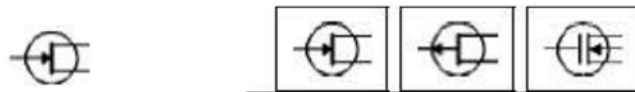
图7



(a)



(b)



(c)

图8