

图像对象空间关系模型研究

Research on Spatial Relationship Model

周学海¹ 李 西¹ 谌传立¹ 龚育昌¹ 赵振西¹

(中国科学技术大学计算机系 合肥230027)¹(深圳市证监委)²

Abstract In the paper, more precise spatial relationship model was proposed through integrating topological relationship into direction relationship and inducing relationship measurement. The spatial relationships among objects in an image were expressed by 2DPIRG. The similarity measurement between images and similarity retrieval algorithms was described. The model we presented has more ability to represent spatial relationship than traditional model.

Keywords Topological relationship, Direction relationship, Spatial relationship graph, Similarity retrieval

1 引言

在图像数据库中,依据图像区域的空间关系进行空间推理以检索目标图像,是重要的查询方式之一。空间关系模型是这种查询的基础,有两类空间关系引起了国内外广泛的关注:图像区域间的方向关系,如上下左右、或东南西北等,以及图像区域间的拓扑关系,如不相交(disjoint)、相接(touch)、重叠(overlap)、覆盖(covers)等。这些空间关系经常作为空间查询语言中的空间约束条件,例如:“查找桌子上有台计算机的图片”。在日常生活中,经常利用方向关系来描述对象间的空间关系。如鼠标在键盘的右边,北京在合肥的北边。方向关系在语义层是模糊的概念^[1-2],依赖于人们的解释,并且与人的视角和对象的方位有关。

大多数空间关系模型仅考虑其中一类空间关系^[3,4],Peuquet和Ci-Xiang^[1]利用多边形的面积、形状和多边形间距离来建立多边形间的方向关系,并给出了确定二维空间中多边形间方向关系的算法。Takahashi^[2]等将模糊概念引入方向关系,以表达一对象与另一对象间方向关系的模糊性。拓扑关系是指在拓扑变换下保持不变的关系(即对象经旋转、平移、放大、缩小,空间关系保持不变)。Egenhofer^[5]对二维平面中的区域,利用区域的边缘点集和内部点集来导出两区域间八种有效的拓扑关系:disjoint、contains、insides、overlaps、touch、equal、covers和covered-by,很少有同时考虑这两类空间关系的空间模型,或者尽管考虑了这两类空间关系,如用E-R模型^[6]描述两对象间的空间关系,但其语义均是用户直接定义的。在许多应用中,考虑这两类空间关系对于空间关系查询是非常必

要的,将这两类空间关系集成在一起会使模型具有更强的表达能力。

本文描述了一组基于Allen的时态间隔关系的空间关系模型,二维投影间隔关系图模型(2DPIRG)。2DPIRG是一有向图,其中顶点集合表示图像区域,边集合表示图像区域间的空间关系。根据应用的需求,空间关系可以是二维投影间隔关系、倾斜的二维投影间隔关系、拓扑投影间隔关系或精化的二维投影间隔关系。该模型具有如下特点:(1)简单;(2)融合了方向关系和拓扑关系,比传统的方向关系模型具有更强的表达能力;(3)可以高效存贮;(4)基于空间关系图可以进行图像空间关系的精确或相似性检索,在此基础上可以进行空间推理。

2 空间关系模型

2.1 二维投影间隔关系

Allen提出了基于时间间隔的时态表示^[7],并给出了根据两时间间隔导出时态关系的方法。一个时间间隔由两个时刻给出,两时间间隔之间的时态关系有十三种,其中六对互为反关系,equal关系没有反关系,如表1所示。

二维投影间隔关系与拓扑关系类似,用符号表示对象间的方向关系。它将Allen的时态间隔^[7]和二维字符串方法有机地组合构成统一的方向表示形式。该模型借鉴了2D-string表示中投影的思想,但它不是利用(=, <, .)来描述对象投影的关系,而是利用Allen的时态间隔关系来描述对象在X轴和Y轴投影的关系,因此不必首先将图像栅格化,但图像中区域间的空间关系必须用图来表示,不能用字符串表示。

表1 基于时间间隔的时态关系

X与Y的关系	符号	反关系符号	图例
X before Y	<	>	XXXXX YYYYY
X equal Y	=	=	XXXXX YYYYY
X meet Y	m	mt	XXXXXYYYYY
X overlaps Y	o	oi	XXXXX YYYYY
X during Y	d	dt	XXXXX YYYYYYYYYY
X starts Y	s	st	XXXXX YYYYYYYYYY
X finishes Y	f	ft	XXXXX YYYYYYYYYY

利用 Allen 的操作符,可以分别生成对象在 X 轴和 Y 轴上投影的间隔关系。

定义1 设 $V = \{<, =, m, o, d, s, f, >, mt, oi, dt, st, ft\}$ 表示间隔关系的符号集合,则对象 A 与 B 之间的二维投影间隔关系可定义为二元组 (χ, φ) , 其中 $\chi \in V, \varphi \in V$ 。 χ 表示对象 A、B 在 X 轴上投影的间隔关系, φ 表示对象 A、B 在 Y 轴上的投影间隔关系。

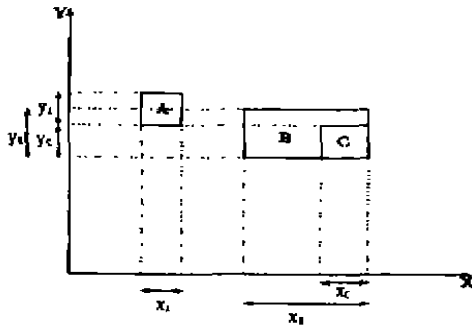


图1 规则对象的二维投影间隔关系

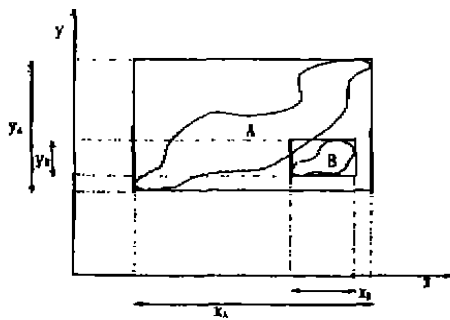


图2 不规则对象的二维投影间隔关系

如图1所示, A 与 B、A 与 C 以及 B 与 C 的间隔关系分别为 $(<, oi)$ $(<, m)$ (ft, si) 。从 A 与 B 的关系 $(<, oi)$ 可知, 由于 $x_A < x_B$, 可以推出 A 与 B 不相交。

并且 A 位于 B 的左边, 从 $y_A oi y_B$ 可推出 A 的一部分在 B 之上; 从 B 与 C 的关系 (ft, si) 可推出 B covers C, C 位于 B 的下角, 该例仅说明了矩形对象, 现实世界对象的形状并非如此简单。例如图2, A、B 为两不规则图像区域。为此用最小外切矩形来表示实际对象, 这种方法尽管十分有效, 但丢失了对象的方向性, 如图2所示, A 与 B 的关系是 (di, di) , 由此可推出 A 包含 B, 但这一结论实际上是错误的。可以用两种方法解决这一问题。第一种方法是在二维投影间隔关系的基础上引入拓扑关系, 新的二维投影间隔关系称为拓扑投影间隔关系, 其定义如下:

定义2 令 $T = \{dt, to, ct, in, ov, co, eq, cb\}$ 表示拓扑关系的符号集合, $V = \{<, =, m, o, d, s, f, >, mt, oi, dt, st, ft\}$ 表示间隔关系的符号集合, 则对象 A 与 B 的二维拓扑投影间隔关系为三元组 (δ, χ, φ) 。其中 $\delta \in T, \chi \in V, \varphi \in V$ 。 δ 表示对象 A 与 B 的拓扑关系, χ 表示对象 A、B 在 X 轴上投影的间隔关系, φ 表示对象 A、B 在 Y 轴上的投影间隔关系。

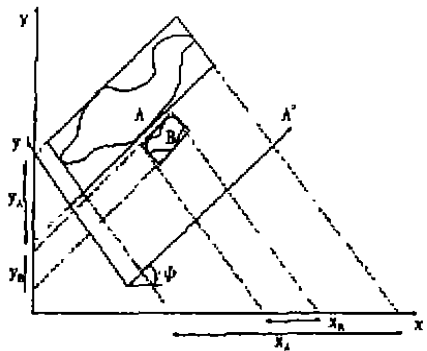


图3 倾斜的二维投影间隔关系

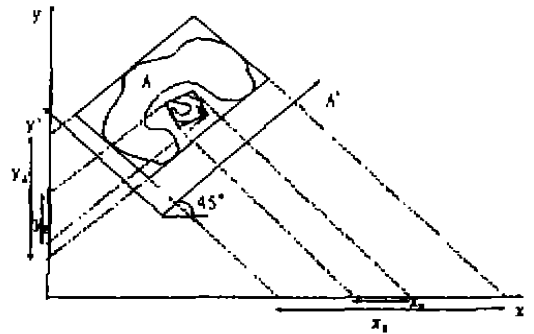


图4 包含完全覆盖的倾斜的二维投影间隔关系

引入拓扑关系后, 则不必在对象上加外切矩形。上例中 A 与 B 间的关系为 (dt, di, di) , 该关系表示 A 与 B 不相交, 由于 X、Y 方向的关系均为 di , 隐含说明了在对象 B 的上下左右均存在 A 的区域, 故 A 包围着

B.

第二种方法是使用与对象主轴方向平行的外切矩形,然后选择较大对象的外切矩形作为局部坐标系,其轴平行于外切矩形的边.基于局部坐标系进行投影,得到投影间隔关系,并计算局部坐标系与全局坐标系的夹角,这种关系称为倾斜的二维投影间隔关系.

定义3 倾斜的二维投影间隔关系是三元组 (ψ, χ, ϕ) ,其中 χ, ϕ 表示两对象在局部坐标系中的间隔关系, ψ 表示局部坐标系与全局坐标系间的夹角.

如图3所示为图2的倾斜的投影示意图,A与B的关系为 $(\psi, d, <)$,表示A在B的上方且不相交,相对 ψ, A 的有些部分在B左边,有些在B右边.

上述两种表示方法各有优缺点,第一种方法可以保证推导出正确的空间关系,但需要计算区域间的拓扑关系.对形如 (dt, di, di) 或 (dt, d, d) 的对象间的空间关系可以作进一步细化,例如图2中,如果B在A的另一边,其二维投影间隔关系仍然是 (dt, di, di) ,为解决这一问题,可按较小对象的两垂直边缘,将较大的对象分割成若干子区域,分别计算这些子区域与B的二维拓扑投影间隔关系.

第二种方法相对简单,但当一对象的外切矩形与另一对象的外切矩形有重叠时,会导致推理错误.如图4所示,用第一种方法得到A与B的空间关系为 (dt, di, di) ,用第二种方法得到的是 $(45, di, di)$,45表示参考对象的方向与X轴的夹角.可见第一种方法给出了正确解释,即A与B不相交,且A包围B,第二种方法的最好的解释应该是B在A中,这是不正确的.

这两种方法有不同的应用背景.例如在以基于相似性检索为主要检索手段的多媒体数据库中,这两种方法都可以使用,第一种方法可以保证只有正确的答案才能返回,第二种方法给出了较多的结果,有些结果是错误的,但第二种方法计算费用较小.因此,在图像相似性检索中,我们可以用第一种方法先进行过滤,然后为保证所查图像对象空间关系的正确性,再用第二

种方法进行查询结果后处理.

2.2 二维投影间隔关系的进一步精化

前面讨论的空间关系,仅能解释两对象间的关系为:disjoint, contains 和 left_of 等.当两对象的拓扑关系和空间关系一致时,模型认为它们完全匹配,而在实际应用中,可能需要解释诸如 faraway, nearby, nearby but not surrounding 等语义空间关系,因此对二维投影间隔关系模型可进一步精化以解释更精细的语义空间关系.其基本思想是在原来三元组 (δ, χ, ϕ) 的基础上,增加拓扑空间关系度量、方向关系度量.

定义4 精化的二维投影间隔关系为六元组 $(\delta, \delta_m, \chi, \chi_m, \phi, \phi_m)$,其中 δ, χ 和 ϕ 的含义与定义1相同, δ_m 表示 δ 的度量, χ_m 和 ϕ_m 表示间隔关系度量.其定义如表2.

表2 拓扑关系度量

δ	δ_m
disjoint(dt)	ds/dc
touch(to)	0
overlaps(ov)	$\text{area}(A \cap B) / (\text{area}A + \text{area}B)$
equal(eq)	0
contains(ct)	$\text{area}B / \text{area}A$
insides(in)	$\text{area}A / \text{area}B$
covers(co)	$\text{area}B / \text{area}A$
covered-by(cb)	$\text{area}A / \text{area}B$

其中:ds:两区域间的最短距离;dc:两区域中心间的距离;areaA:A区域的面积;areaB:B区域的面积; $\text{area}(A \cap B)$:A与B相交的面积.

设间隔关系 $X_a = (X_{as}, X_{ae}), X_b = (X_{bs}, X_{be}), X_{as}, X_{ae}$ 分别表示A区域投影的起始坐标和终止坐标, X_{bs}, X_{be} 分别表示B区域投影的起始坐标和终止坐标, ΔX 表示X方向的间隔, ΔY 表示Y方向的间隔,方向关系的度量定义如表3.

表3 方向关系度量

χ	χ_m	χ	χ_m
before	$(X_{bs} - X_{ae}) / (X_{be} - X_{as})$	before ⁻¹	$(X_{as} - X_{be}) / (X_{ae} - X_{bs})$
meet	0	meet ⁻¹	0
equal	0	equal	0
overlaps	$(X_{ae} - X_{bs}) / (\Delta X + \Delta Y)$	overlaps ⁻¹	$(X_{be} - X_{as}) / (\Delta X + \Delta Y)$
during	$\Delta X / \Delta Y$	during ⁻¹	$\Delta Y / \Delta X$
starts	$ \Delta X - \Delta Y / \max(\Delta X, \Delta Y)$	starts ⁻¹	$ \Delta X - \Delta Y / \max(\Delta X, \Delta Y)$
finishes	$ \Delta X - \Delta Y / \max(\Delta X, \Delta Y)$	finishes ⁻¹	$ \Delta X - \Delta Y / \max(\Delta X, \Delta Y)$

在定义了以上四种空间关系的基础上,可以定义空间关系图.

定义5^[8] 空间关系图是一连通的具有标注的有向图 $G(V, R), V$ 是一非空的符号集合,符号代表图像

中图像对象, R 是一组边, 在其上标注了边所连接的两对象间的空间关系。

3 基于空间关系的检索

在前一节, 我们定义了空间关系图。由于图像由图来表示, 因此两图的关系转化为图像所对应图的关系。两图的基本关系是图的同构关系, 若存在单值函数 $f: V(G_1) \rightarrow V(G_2), xy \in E(G_1)$ 当且仅当 $f(x)f(y) \in E(G_2)$, 则两图 G_1 和 G_2 同构。

在一般情况下, 图的同构问题是 NP 问题。但如果我们小心地构造二维投影间隔关系图, 可以得到有效的算法来检测图的同构问题。其基本思想是以固定的拓扑顺序来构造图像所对应的图的表示。

3.1 图的构造^[8]

我们可以用下列简单的算法来构造图像的空间关系图。

算法1^[8] 构造图像的空间关系图

输入: 预处理过的图像(所有对象已标识出来, 所有相关的信息如拓扑关系、投影关系已计算出来)

输出: 表示图像空间关系的有向图(邻接表形式表示)

Begin

(1) 将图像中的对象按从左到右, 从上到下的顺序

排好序

(2) 设 P 为基于(1)排好序的集合, N 为集合中元素的个数

(3) for P 中的每一元素 O_i ,

(4) 创建它与其后的 $N-i$ 个对象的空间关系, 并形成一链表。

(5) end for

end.

该算法的时间复杂度很容易分析。第(1)(2)行是 $O(1)$, 第(4)行到第(5)行的复杂度为 $O(e)$, 其中 e 为图中的边, 显然 e 总是 $(n^2 - n)/2$, 故该算法的时间复杂度为 $O(n^2)$ 。

3.2 空间关系相似性的度量

目前检索图像的方法可以分为两类: 基于精确匹配的图像检索和基于相似性的图像检索, 而后者是图像信息系统中较普遍的检索方式。相似性检索的关键是确定相似性度量方法, 所采用的度量方法应能高效地计算并与人的直觉判断相一致。通过给定相似性测度, 我们可以构成有用的检索操作如区域检索操作和

K -最近邻检索操作。

两个由二维投影间隔关系图表示的图像空间关系的相似程度, 取决于它们所对应的两对象间的空间关系。空间关系的相似程度取决于空间关系的组成成分。例如, $(\delta_1, \chi_1, \varphi_1)$ 和 $(\delta_2, \chi_2, \varphi_2)$ 的相似度, 取决于 δ_1 与 δ_2, χ_1 和 χ_2, φ_1 和 φ_2 的相似程度。因此, 我们需要首先确定拓扑关系以及投影间隔关系的相似性度量。

δ_1 与 δ_2 的距离 $D(\delta_1, \delta_2)$ 的语义是从拓扑邻接图导出的, 为定义拓扑邻接图, 我们首先定义拓扑邻接关系。

定义6 如果两空间对象的拓扑关系 R_1 , 经过旋转、平移以及尺度变换直接变为另一关系 R_2 , 则我们称 R_1 与 R_2 是邻接的。

例如, 通过平移变换 *disjoint* 关系可直接变为 *touch* 关系, 同样 *touch* 通过平移变换可以变为 *disjoint* 关系, 则我们称 *disjoint* 与 *touch* 关系是邻接的。

定义7 拓扑关系邻接图 $G=(V, E)$, 其中 V 为拓扑关系集合, 对 V 中任意一对顶点, 若它们所表示的拓扑关系是邻接的, 那么在 E 中存在一条边连接这两个顶点。根据定义拓扑关系邻接图^[8]如图5。

定义8 两间隔关系 T_1, T_2 , 若通过对两间隔进行变形操作(变短、变长或移动)可以直接从 T_1 转换为 T_2 , 则我们称 T_1 与 T_2 是邻接的。类似地我们可以给出间隔关系邻接图的定义。

定义9 间隔关系邻接图 $G=(V, E)$, 其中 V 为间隔关系集合, 对 V 中任意一对顶点, 若它们所表示的间隔关系是邻接的, 那么在 E 中存在一条边连接这两个顶点。

根据定义9可以得到如图6间隔关系邻接图^[8]。两拓扑关系 δ_1 和 δ_2 间的距离 $D(\delta_1, \delta_2)$ 定义为从 δ_1 到 δ_2 的最短路径。表4列出了八种拓扑关系间的距离。

两间隔关系间的距离 $D(\chi_1, \chi_2)$ 和 $D(\varphi_1, \varphi_2)$ 与 $D(\delta_1, \delta_2)$ 类似地定义为在投影间隔关系邻接图中的最短路径。同样也可以列出十三种关系间的距离值(见表5)。

在拓扑关系距离以及投影关系距离的基础上, 可以对两对象间的空间关系进行度量。

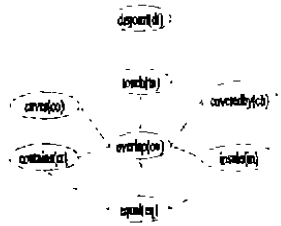


图5 拓扑邻接图

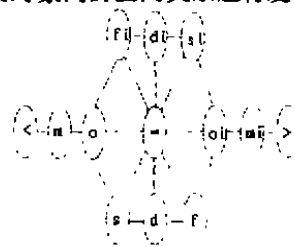


图6 投影间隔关系邻接图

表4 拓扑关系间的距离

D	dt	to	eg	ta	cb	ct	co	ov
dt	0	1	3	4	3	4	3	2
to	1	0	2	3	2	3	2	1
eg	3	2	0	1	1	1	1	1
ta	4	3	1	0	1	2	2	2
cb	3	2	1	1	0	2	2	1
ct	4	3	1	2	2	0	1	2
co	3	2	1	2	2	1	0	1
ov	2	1	1	2	1	2	1	0

定义10 设空间关系模型中两空间关系 $r_1 = (\delta_1, \chi_1, \varphi_1)$ 和 $r_2 = (\delta_2, \chi_2, \varphi_2)$, 则根据 Euclidean 的距离公式得:

$$D(r_1, r_2) = \sqrt{D(\delta_1, \delta_2)^2 + D(\chi_1, \chi_2)^2 + D(\varphi_1, \varphi_2)^2} \quad (1)$$

定义11 设空间关系模型中两空间关系 $r_1 = (\delta_1,$

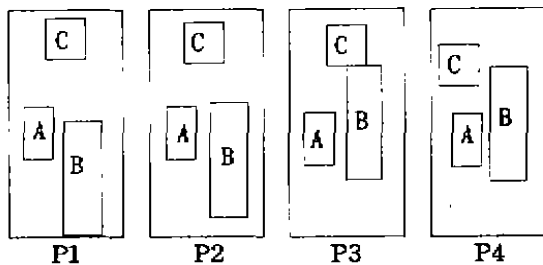
$$D(r_1, r_2) = \sqrt{D(\delta_1, \delta_2)^2 + D(\delta_{1m}, \delta_{2m})^2 + D(\chi_1, \chi_2)^2 + D(\chi_{1m}, \chi_{2m})^2 + D(\varphi_1, \varphi_2)^2 + D(\varphi_{1m}, \varphi_{2m})^2} \quad (2)$$

根据两空间关系的度量, 可以定义两图像对应的空间关系图的相似程度。

定义12 设 $G_1(V_1, R_1), G_2(V_2, R_2)$ 分别表示图像 A 与图像 B 的空间关系图, 且 $V_1 \subseteq V_2$, 令 $R_1 = \{r_{1a}, r_{1b}, \dots, r_{1m}\}, R_2 = \{r_{2a}, r_{2b}, \dots, r_{2n}\}$, 则

$$D(G_1, G_2) = \sum_{i=1}^m D(r_{1a}, r_{2a}) \quad (3)$$

例如, 根据下列四幅图像, 判定 P2、P3、P4 哪幅与 P1 最相似。从直观上看 P1 与 P2 最相似, 其次为 P3, 最后为 P4。根据公式(1)和(2)得到 P1 与 P2、P1 与 P3、P1 与 P4 的距离分别为 1.00、3.41 和 6.83。



右上四幅图像, 其 2D-PIR 图是相同的, 若按公式(1)和(2)判定它们的相似性, 得出的结论是 P1、P2、P3、P4 是完全相同的, 显然这与我们的直观判定有所区别。

若按精化的二维投影间隔关系来对它们建模, 并按公式(2)和(3)来判定它们的相似性, 则 $D(P1, P2) < D(P1, P3) < D(P1, P4)$

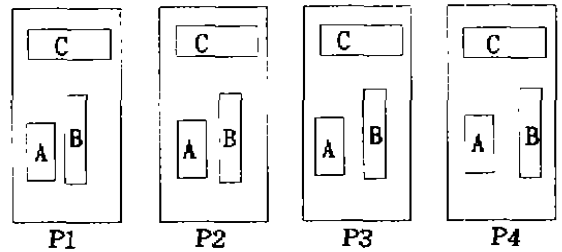
3.3 空间关系相似性检索

若按式(1)和(3)或式(2)和(3)计算出两图像的

表5 方向关系距离

D	<	m	o	=	or	s	d	f	f1	d1	st	m1	>
<	0	1	2	3	4	3	4	4	3	4	4	5	6
m	1	0	1	2	3	2	3	3	2	3	3	4	5
o	2	1	0	1	2	1	2	2	1	2	2	3	4
=	3	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	3
or	4	3	2	1	0	2	2	1	2	2	1	1	2
s	3	2	1	1	2	0	1	2	2	2	2	3	4
d	4	3	2	1	2	1	0	1	2	2	2	3	4
f	4	3	2	1	1	2	1	0	2	2	2	2	3
f1	3	2	1	1	2	2	2	0	1	2	3	4	5
d1	4	3	2	1	1	2	2	2	1	0	1	3	4
st	4	3	2	1	1	2	2	2	2	1	0	2	3
m1	5	4	3	2	1	3	3	2	3	3	2	0	1
>	6	5	4	3	2	4	4	3	4	4	3	1	0

$\delta_{1m}, \chi_1, \chi_{1m}, \varphi_1, \varphi_{1m}$) 和 $r_2 = (\delta_2, \delta_{2m}, \chi_2, \chi_{2m}, \varphi_2, \varphi_{2m})$ 则根据 Euclidean 距离公式得:



空间关系图的距离小于某一阈值, 则可以认为两图像具有相似的空间关系, 或利用空间关系相似性测度函数, 可以对图像间空间关系的相似性进行排序。

下列算法^[1]用来计算用空间关系图表示的图像空间关系的距离。该空间关系图表示支持子图检索, 若空间关系图按前面给出的算法构造, 那么计算两图像间的空间关系距离是相当简单的。

算法2 图像空间关系距离计算

输入: 两图像 P1 和 P2 对应的空间关系图 G1 和 G2
输出: 两图像 P1 与 P2 的空间关系距离

```

begin
(1) 设 Distance(P1, P2) = 0
    /* distance between P1 and P2 = 0 */
(2) 若  $V_1 \subseteq V_2$  则
(3) 对 G1 的每一节点  $V_i \subseteq V(G_1)$ 
(4) 则对  $V_i$  所指向的链表中的每一节点 n
(5) 在 G2 中查找相应的  $V_j$  为头指针的链表中的节点 m
    即  $V_i = V_j$  并且  $n = m$  或  $V_i = m, n = V_j$ 
(6) 计算对应边的距离并加到 Distance 上。
(7) 结束循环(4)
(8) 结束循环(3)
(9) 返回 Distance
(10) 否则返回最大距离 /* different pictures */
end.
    
```

(下转第 41 页)

与 I/O 时间分量有关的系统特征可归纳为:

程序特征: I/O 数据量, I/O 操作次数, I/O 操作类型, I/O 操作时序, I/O 操作的并行性与均衡性

机器特征: I/O 子系统结构, 基本 I/O 操作方式, 基本 I/O 操作性能

运行环境特征: I/O 子系统状态, 任务状态, 高层 I/O 操作实现方式与开销

由以上分析可知, 影响并行程序执行时间的系统特征来自并行程序, 并行机器和运行时环境三个方面, 其中并行程序特征包括需求和结构两方面, 需求指程序中计算、通信、共享访问、I/O、同步各类操作的量(计算量、数据量)、次数、类型, 结构指各方面操作的并行性、均衡性、及操作的次序, 并行机器方面特征包括机器的计算、存储、通信、I/O 与同步子系统结构, 各基本操作实现方式及性能, 影响程序执行时间的运行环境因素包括状态(处理机状态、任务状态、数据状态、Cache 状态、网络状态、I/O 结点状态), 规则(OS 或运行库中通信、同步、I/O、共享访问操作算法、任务调度算法、Cache 一致性协议、网络路由和切换方式)以及各有关操作开销。

在对并行系统进行预测性性能研究时, 我们可以根据性能特征与系统特征的联系建立以程序需求与程序结构为内容的并行程序模型, 以机器结构、基本操作实现方式、基本性能数据为内容的并行机器模型, 以有关的运行时状态、运行时管理规则、运行时库操作实现

方式及有关开销为内容的运行环境模型。对由程序模型、机器模型和运行环境模型构成的并行系统模型进行以关键路径分析方法为主的性能求解, 从而在不要系统实际运行, 不需要进行复杂的模拟的情况下, 对包含程序、机器、运行环境在内的完整的并行系统进行全面的性能预测和性能改进。(详细内容将另文介绍)。

结束语 本文分析了并行系统的层次性的性能指标体系, 并针对其中最根本的性能指标—执行时间, 讨论了分析性时间模型中各时间分量的实际意义, 定值方法以及影响时间分量的系统特征, 提出了将并行程序执行时间与并行程序的代码和执行活动相联系的关键路径概念, 建立了并行系统中并行程序、并行机器以及运行时环境三方面的系统特征与各时间分量之间的联系, 初步提出了建立包括并行程序模型、并行机器模型、运行时环境模型在内的并行系统模型以及通过对系统模型进行关键路径分析来预测并行系统的性能, 指导系统性能改进的设想, 在下一步的工作中, 我们将致力于该方法的深入分析与完善。

参考文献

- 1 杨晓东. MPP 系统的粒度匹配加速比模型. 计算机学报, 1997(10月增刊)
- 2 Huang Kai. Advanced computer architecture: parallelism, scalability, programability. New York McGraw Hill 1993
- 3 Xiao Xiaoqiang, Jin Shiyao, et al. The effect of communication performance on the speedup of MPP. In: Proceeding of HPC Asia 2000, May 2000. 399~402

(上接第57页)

上述算法的主要操作是比较两图的边, 最坏情况下需进行 $(n^2 - n)/2$ 次, 故该算法的最坏时间复杂度为 $O(n^2)$, n 为图中的节点数, 2D-strings 匹配的时间复杂度为 $O(M) + O(N^2 * lp^3)$, M, N 表示匹配表中的项数 ($M, N > n$), lp 为匹配表的长度, 一些新提出的匹配算法最坏时间复杂度也是 NP 的^[1]。所以, 上述算法不仅简单, 而且比所有已知的 2D-string 匹配算法具有更高的效率。

小结 本文描述了表示两对象间空间关系的四种不同方法, 所提出的精化的二维投影间隔关系模型在二维投影间隔关系基础上加入了 δ_m, χ_m 和 φ_m , 使得系统可以回答诸如 nearby, faraway 等语义空间关系, 比前者具有更高的精确度。但该空间关系由于加入了额外的参量, 因此也额外增加了计算费用, 在实际应用中, 需要权衡精确度与效率, 以选择合适的空间关系模型。

空间关系图是模型化图像对象间空间关系的有效方法, 本文描述了该图的简单构造方法, 并描述了支持精确匹配和相似性匹配的检索算法, 该算法比所有已知 2D-string 串匹配算法具有更高的效率。

参考文献

- 1 Peuquet D J, Ci-Xiang Z. An algorithm to determine the directional relationship between arbitrary-shaped polygons in the plane. Pattern Recognition, 1987, 20(1): 65~74
- 2 Takahashi T, Shima N, Kishino F. An Image retrieval method using in queries on spatial relationships. Journal of Information Processing, 1992, 15(3): 441~449
- 3 Chu W W, Cardenas A F, Taira R K. KMeD: A Knowledge-Based Multimedia Medical Distributed Database System. Information Systems, 1995, 20(2): 75~96
- 4 Hsu C-C, Chu W w, Taira R K. A Knowledge-Based Approach for Retrieving Images by Content. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1996, 8(4): 522~532
- 5 Egenhofer M J, Franzosa R D. Point-set topological spatial relations. Int. J. Geographical Information Systems, 1991, 5(2): 161~174
- 6 Aslandogan Y A, et al. Design, Implementation and Evaluation of SCORE (a System for Content based Retrieval of Pictures). IEEE Computer, 1995, 28(2): 280~287
- 7 Freksal C. Temporal Reasoning Based on Semi-Intervals. Artificial Intelligence, 1992, 54(1-2): 199~227
- 8 Nabil M, Shepherd J, Ngu A H H. 2D-Projection Interval Relationships: A Symbolic Representation of Spatial Relationships. Advances in Spatial Databases: Fourth Int'l Symp., SSD'95, Lecture Notes in Computer Science, No. 951, Springer-Verlag, 1995. 292~309