基于矩阵的原子方向关系合成*)

刘永山[1,2] 郝忠孝[1,3]
(哈尔滨理工大学计算机与控制学院 哈尔滨150080)[1]
(燕山大学信息科学与工程学院 秦皇岛066004)[2] (齐齐哈尔大学计算机学院 齐齐哈尔161006)[3]

摘 要 方向关系是空间关系研究的重要领域，应用十分广泛。因此，空间数据库中对方向关系的研究越来越引起人们的注意。本文在分析和研究了文[6]提出的方向关系模型的基础上，对该模型做了进一步扩展，提出了一种用关系矩阵表示方向关系的新方法，并对原子方向关系的合成进行了深入研究，提出了不同于传统理论中使用原子方向关系合成表来求解的新的基于矩阵运算的原子方向关系的合成方法。

关键词 原子方向关系，方向关系合成，方向关系矩阵

A Method for Composing Based on Atomic Cardinal Direction Relagtions

LIU Yong-Shan[1,2] HAO Zhong-Xiao[1,3]
(College of Computer and Control, Haerbin University of Science & Technology, Harbin 150080)[1]
(College of Information Science and Engineer, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)[2]
(School of Computer Science and Engineering, Qiqihaer University, Qiqihar 161006)[3]

Abstract The direction relation is an important researching area in spatial relation so it has received more and more attentions than ever. This paper we have extended the model[6] further and offered that direction relations are explained by direction relation matrix. Moreover we have thorough researched the composing of atomic cardinal direction relations and presented methods of composing of atomic cardinal direction relations which differs from traditional methods which using composition tables for direction relations.

Keywords Atomic direction relations, Direction relation composing, Direction relation matrix

1 引言

空间推理在卫星定位、地理信息系统、人工智能、多媒体等领域中的应用越来越引起人们的注意，各种类型的空间关系得到研究，例如拓扑关系、距离关系等，并取得许多有价值的研究成果。方向关系是空间关系研究的重要领域，在地理信息系统中，方向与距离相结合可推理出物体位置关系，方向也可与拓扑关系结合推导出物体的形状。合成操作是空间推理的一种方法，在文[1,10]中利用合成表完成的合成操作的空间关系推理已引起人们的重视，利用合成表方法从已知的空间关系中推理出新的空间关系，这有利于在给定的空间关系中检测可能的不一致性，预处理空间查询，检测不一致的条件，对需要搜索的空间进行剪枝，从而提高空间查询的效率。

主方向关系中原子方向关系一直是方向关系研究的基础和热点，研究原子方向关系的合成方法，可以从已存在的方向关系中推导出新的方向关系，为空间检索提供有利的条件，提高查询效率。因此原子方向关系的合成的研究具有重要意义。

方向关系的研究是空间数据库研究的重要课题，近年来人们主要从以下几方面对方向关系进行研究：基于方向关系的查询、基于方向关系的推理、方向关系模型。文[2]在主方向关系上利用B树、KDB树和R树作索引结构，在二维空间上研究了不同索引结构的不同索引效率。文[3]利用基于对象方位的方向关系研究方向关系提出OSS(Open Shape Strategy)查询策略，但该方法不适用主方向关系。文[4]将空间对象抽象为点，利用有向图和代数方法提出方向关系的推理规则，该方法并不能表示“线”和“区域”对象。文[5] 提出的方向关系合成的理论，一方面证明了文[6]提出的合成理论的不完善性，同时也给出了一种更为完善的并证明了其正确性的合成方法。但是该方法同传统方法一样是基于合成表来求解原子方向关系之间的合成。针对方向关系模型的研究，人们先后提出各种模型包括方向角模型、锥形方向模型、三角方向模型、二维区间方向模型、方向字符数组模型、方向极小边界盒模型等，文[6]最近提出的模型已证明是目前较合理、较好的模型，本文的研究建立在该模型的基础上。

本文利用矩阵的可运算性及程序可实现性，用关系矩阵表示方向关系模型。定义了矩阵运算规则，提出相应的方向关系合成运算符，实现了原子方向关系的合成，并进行了实验验证。

2 基本定义

本文的研究是基于北、南、东、西、东北、东南、西南、西北还有自身。分别用$\{N,S,E,W,NE,SE,SW,NW,O\}$表示。

定义2.1 原子主方向关系形如aRb，其中R是$\{N,S,E,W,NE,SE,SW,NW,O\}$的一个元素，$b$为参考物体，$a$为目标物体。例如：$a$在$b$的北方，可表示为$aNb$，也可用$R=N$表示。

定义2.2 基本主方向关系是一个原子主方向关系或者形如$aR_1:\cdots:R_Kb$，其中$2\leqslant K\leqslant 9$，$R_1\cdots R_K\in\{N,S,E,W,NE,SE,SW,NW,O\}$，每一个$1\leqslant i,j\leqslant k$且$i\neq j$时$R_i\neq R_j$，$b$为参考物体，$a$为目标物体。例如：$a$在物体$b$的北面和西北面，可

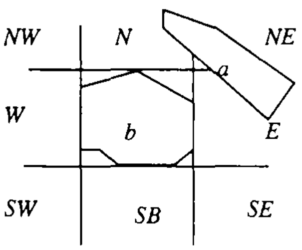
*)黑龙江省自然科学基金 Foo--06.**刘永山** 博士，教授，主要从事数据库理论及计算机应用技术研究。**郝忠孝** 教授，博士生导师，主要从事数据库理论及应用研究。

表示为 $a\ NW:N\ b$，也可用 $R=NW:N$ 表示。

在这里关于方向关系的研究是基于主方向的。基本的主方向关系包含511种，我们所研究的区域对象是连续、无洞的。这种对象间只存在218种基本的方向关系[6]。

定义2.3 方向关系矩阵是由元素0或1构成的一个3 * 3的矩阵。如果目标物体与沿参照物体划分的9个区域的相应部分相交，则相应的拓扑关系的矩阵的值为1，否则为0。

例1 如图1所示，b 为参照对象，a 为目标对象，图2是其对应的方向关系矩阵。



$$\begin{bmatrix} 0&1&1 \\ 0&0&1 \\ 0&0&0 \end{bmatrix}$$

图1 区域和主方向关系　　　图2 方向关系矩阵

由方向关系矩阵的定义可以看出，使用方向关系矩阵不需要对参照物体和目标物体进行近似处理就可以达到：

(1)消除传统的使用 MBR[2](Minimal Border Box)或者使用近似点以及沿着坐标轴投影的方法来讨论近似方向关系等所带来的大量非法结果集的情况(例如：使用 MBR 处理凹对象的判定问题)。

(2)不再使用任何过滤算法对结果进行过滤。

因此基于矩阵的方向关系模型是一个很理想的模型。

定义2.4(方向关系的合成) 设 R_1，R_2是两个二元方向关系，R_1与 R_2的合成用 $R=R_1\hat{o}R_2$表示($\hat{o}$ 是合成运算符)，R 也是一个二元关系并满足如下条件：任意两个区域 a，c 当存在一个区域 b 满足 aR_1b 且 bR_2c 成立的时候，$R=a\ R_1\hat{o}R_2c$ 成立。

例2 两个二元方向关系 $R_1=W$，$R_2=B:S:SW$ 求 R_1与 R_2的合成方向关系 R。即：求 $R=R_1\hat{o}R_2=?$。图3表示方向关系合成运算，R_1与 R_2的合成结果是图3(a)或者图3(b)或者图3(c)。

$$\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix} \hat{o} \begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 0&1&0 \\ 1&1&0 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{合成结果}} \underset{(a)}{\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 1&0&0 \end{bmatrix}} \cup \underset{(b)}{\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 1&0&0 \end{bmatrix}} \cup \underset{(c)}{\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 1&0&0 \end{bmatrix}}$$

图3 方向矩阵合成运算

定义2.5(运算符 δ) 一元运算符 $\delta(P)$(其中 P 为方向关系矩阵)，运算结果等于矩阵 P 的各个值为1的元素所对应的原子方向关系矩阵，以及这些原子方向关系矩阵的各种组合，并过滤掉不满足一致性检验的结果集，取那些满足一致性检验的结果的组合。例如：

$$\delta\left(\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 1&0&0 \end{bmatrix}\right)=\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 0&0&0 \\ 1&0&0 \end{bmatrix} \cup \begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 1&0&0 \end{bmatrix}$$

为了简化起见本文其余部分未经特别说明，矩阵合成结果均指 $\delta(P)$ 里面的矩阵 P。

定义2.6 任意方向关系矩阵 P、Q，如果对于任意 $p_{i,j}=1$ 且 $i,j\in\{1,2,3\}$，都有 $q_{i,j}=1$，则称矩阵 P 包含矩阵 Q。例如：

$$\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&1&0 \\ 0&1&0 \end{bmatrix} \subseteq \begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix}$$

定义2.7 矩阵中的1元素的连线构成一个矩形则称该矩阵为矩形关系矩阵。图4都是矩形关系矩阵，图5是非矩形关系矩阵。

$$\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&0&0 \\ 1&0&0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1&1&0 \\ 1&1&0 \\ 1&1&0 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} 0&1&0 \\ 1&0&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0&0&1 \\ 1&0&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 1&1&0 \\ 0&1&0 \end{bmatrix}$$

图4 矩形关系矩阵　　　图5 非矩形关系矩阵

3 原子方向关系的合成

原子方向关系矩阵一共包括9种，共分为三类：分别称为中位方向关系矩阵、正位方向关系矩阵、角位方向关系矩阵，简称为中位矩阵、正位矩阵、角位矩阵。W、E、N、S 对应于正位方向关系矩阵；NW、NE、SW、SE 对应于角位方向关系矩阵；O 对应于中位方向关系矩阵。

3.1 方向关系矩阵之间的运算定义

定义3.1(迭加运算) 设 P 和 Q 分别是两个方向关系对应的方向关系矩阵。$\oplus$是迭加运算符。$P\oplus Q$ 表示 P 和 Q 的对应元素按照如下规则：$1+1=1$、$1+0=1$、$0+1=1$进行求和运算，结果矩阵为 R。所得的矩阵 R 称为 P 和 Q 的迭加矩阵。

定义3.2(同并运算) 设 P 为中位方向关系矩阵，Q 为任意原子方向关系矩阵，$\otimes$是同并运算符，R 是 P、Q 运算的结果矩阵且 R 中的元素满足如下运算规则：(1)若 $p_{2j}=1(j=1,3)$，$q_{mn}=1(m,n=1,2,3)$，则 $r_{mj}=1$且 R 中其它元素等于0；(2)若 $p_{i2}=1(i=1,3)$，$q_{mn}=1(m,n=1,2,3)$，则 $r_{in}=1$且 R 中其它元素等于0。则 $P\otimes Q$ 的结果矩阵 R 称为 P 和 Q 的同并矩阵。

定义3.3(正则运算) 设 P 是任意基本方向关系对应的方向关系矩阵。Br 是一元运算符。$Br(P)$等于最小的包含 P 的矩形关系矩阵 R。$Br(P)$的结果矩阵 R 称为 P 的正则矩阵。

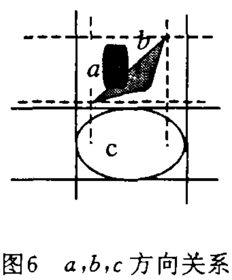
3.2 原子方向关系矩阵之间的合成规则

1)中位矩阵与任意类型的原子方向关系矩阵的合成

定理3.1 设 P 和 Q 分别是两个方向关系对应的方向关系矩阵。如果 P 属于中位方向关系矩阵，Q 是任意类型的原子方向关系矩阵，则有 $P\hat{o}Q=Q$ 成立。

证明：设 a，b，c 是三个空间对象；P 是中位矩阵，则有方向关系 $R_1=O$ 且有 aOb。Q 是任意原子方向关系矩阵，则有方向关系 $R_2\in\{N,S,E,W,NE,SE,SW,NW,O\}$且有 bR_2c。设 $mb(b)$是空间对象 b 的极小边界框[2](极小边界框是指包含该对象的最小矩形)，在关系 R_1中 O 区的大小等于 $mb(b)$[6]，因为有关系 aOb 成立，所以空间对象 a 一定被 $mb(b)$ 也即 O 所包含，而方向关系 bR_2c 成立，则有 aR_2c，因此有 $P\hat{o}Q=Q$ 成立。证毕。

例如：设 $R_1=O$，$R_2=N$，则 R_1、R_2合成关系如图6所示，其对应的矩阵运算结果如图7所示，两者结果相同。



$$\begin{bmatrix} 0&0&0 \\ 0&1&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix} \hat{o} \begin{bmatrix} 0&1&0 \\ 0&0&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0&1&0 \\ 0&0&0 \\ 0&0&0 \end{bmatrix}$$

图6 a，b，c 方向关系　　　图7 a，b，c 矩阵合成

2)正位矩阵与任意类型的原子方向关系矩阵的合成

定理3.2 设 P 和 Q 分别是两个方向关系对应的方向关系矩阵。如果 P 属于正位方向关系矩阵，Q 是任意类型的原

子方向关系矩阵，则有 $P\hat{o}Q=\delta(Br((P\otimes Q)\oplus Q))$ 成立。

证明：设 a,b,c 是三个空间对象；P 是中位矩阵，则有方向关系 $R_1\in\{N,S,E,W\}$ 且有 aR_1b。Q 是任意原子方向关系矩阵，则有方向关系 $R_2\in\{N,S,E,W,NE,SE,SW,NW,O\}$ 且有 bR_2c。下面分两种情况讨论：

(1)Q 为正位关系矩阵，则有 $R_2=O$ 且 bOc 成立。若 $R_1=W$，则有关系 aWb。由于 bOc 成立，因此 $mb(c)$ 包含 b，这样 a 与 c 之间有三种可能的方向关系 W、O:W、O，即 $R_1\hat{o}R_2=\{W,O:W,O\}$。矩阵运算 $\delta(Br((P\otimes Q)\oplus Q))$ 得到的结果是：

$$\delta(\begin{bmatrix}0&0&0\\1&1&0\\0&0&0\end{bmatrix})=\begin{bmatrix}0&0&0\\1&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}\cup\begin{bmatrix}0&0&0\\0&1&0\\0&0&0\end{bmatrix}\cup\begin{bmatrix}0&0&0\\1&1&0\\0&0&0\end{bmatrix}$$

将其转换成方向表示为：$\{W,O:W,O\}$，因此 $\delta(Br((P\otimes Q)\oplus Q))$ 运算结果是正确的。

若 $R_1=N$、$R_1=S$、$R_1=E$，可用同样的方法证明矩阵运算结果是正确的。因此当 Q 为正位关系矩阵时命题成立。

(2)Q 为中位关系矩阵与角位关系矩阵，则有 $R_2=\{N,S,E,W,NE,SE,SW,NW\}$ 且 bR_2c 成立。

取 $R_1=N,R_2=W$，则有 aNb,bWc 成立，则 a 与 c 有三种可能的方向关系，如图8所示。因此有 $R_1\hat{o}R_2=\{W,NW,W:NW\}$。矩阵运算 $\delta(Br((P\otimes Q)\oplus Q))$ 得到的结果是：

$$\delta(\begin{bmatrix}1&0&0\\1&0&0\\0&0&0\end{bmatrix})=\begin{bmatrix}0&0&0\\1&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}\cup\begin{bmatrix}1&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}\cup\begin{bmatrix}1&0&0\\1&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}$$

将其转换成方向表示为：$\{W,NW,W:NW\}$，因此 $\delta(Br((P\oplus Q)\oplus Q))$ 运算结果是正确的。

利用穷举法，当 R_1,R_2 为不同的方向关系时，矩阵运算可得到正确的结果。因此当 P 属于正位方向关系矩阵，Q 是任意类型的原子方向关系矩阵，有 $P\hat{o}Q=\delta(Br((P\otimes Q)\oplus Q))$ 成立。证毕。

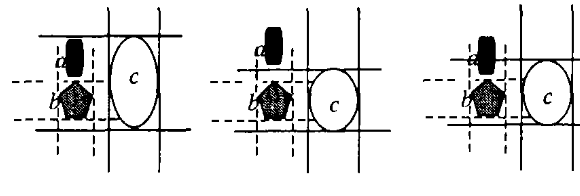


图8 a,b,c 方向关系

3)角位矩阵与任意类型的原子方向关系矩阵的合成

定理3.3 设 P 和 Q 分别是两个方向关系对应的方向关系矩阵。如果 P 属于角位方向关系矩阵，Q 是任意类型的原子方向关系矩阵，则有 $P\hat{o}Q=\delta(Br(P\oplus Q))$ 成立。

证明：参照定理3.2的证明方法，穷举任意角位矩阵同任意原子方向关系矩阵的合成都有 $P\hat{o}Q=\delta(Br(P\oplus Q))$ 成立。在此就不多赘述。

例3 设 $R_1=NW,R_2=NE$，其对应的矩阵合成为：

$$\begin{bmatrix}1&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}\hat{o}\begin{bmatrix}0&0&1\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}=\delta(\mathrm{Br}(\begin{bmatrix}1&0&1\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix}))=\delta(\begin{bmatrix}1&1&1\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix})$$

图9 矩阵运算合成结果

图10表明了 a,b,c 合成后的六种方向关系，这与图9矩阵运算结果是相同的。

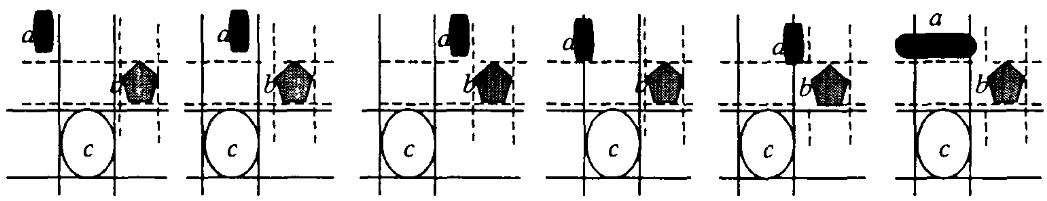


图10 a,b,c 方向关系

经过上面的讨论，可得到原子方向关系合成的规则表1。

表1 合成规则表

合成规则($P\hat{o}Q$)	任意原子方向关系矩阵
中位矩阵(P)	$\delta(Q)$
正位矩阵(P)	$\delta(Br((P\otimes Q)\oplus Q))$
角位矩阵(P)	$\delta(Br(P\oplus Q))$

至此，讨论了所有原子方向关系之间的合成，这里得到的结果集为 $\delta(R)$，根据运算符 δ 的定义，展开 R 并通过一致性检验过滤非法的结果集就可以得到最终的合成结果。下面通过实验来验证合成结果的正确性。

4 实验验证

为验证理论结果的正确性，实现了求解原子方向关系合成问题的算法 Direction-relation-composing。算法的基本思想是把需要合成的两个方向关系分别用各自对应的方向关系矩阵来表示，然后利用方向关系矩阵类的成员函数来实现方向关系的合成。

算法首先给出一个方向关系矩阵类，该类实现了一个3*3的矩阵并以成员函数的形式给出了矩阵所属类型、矩阵包含关系和矩形关系矩阵的判定，以及运算符 δ、迭加运算、同并运算、正则运算等。

4.1 定义方向关系矩阵类

方向关系矩阵类是方向关系矩阵的基础类，使用该类可以直接求解原子方向关系之间的合成问题。从该类还可以派生出一系列复杂的功能强大的方向关系矩阵类，用来求解一般的各种类型方向关系之间的方向合成问题。下面我们给出方向关系矩阵类的简单描述。

```
class Matrix
{ ......................
  public Matrix(){……}//默认构造函数 矩阵元素初始值为0
  public Matrix(int i,int j) {……} //构造函数 矩阵对应元素为1其
                                    余为0
  public Matrix(int[][] m) {……}//构造函数使用数组初始化矩阵
                                元素
  public void reset ()//矩阵的所有元素重置为0
  public Matrix add(Matrix m) {……}//矩阵迭加运算 满足上边所
                                   说得迭加法则
//该成员函数比较容易实现，按照1+1=1,1+0=1,0+0=0规则使
  用普通矩阵之间的加法就行了。
  public int sameGo(Matrix m) {……}//矩阵 sameGo(,b) 同并运
                                   算
//按照同并运算的定义
//首先判断当前矩阵的类型是否属于正位矩阵否则不存在同并运算，
然后进行相应的移动变换，返回得到的矩阵。
  public Matrix br(){……}//矩阵 br() 正则运算
  public ArrayList expand(){……}//矩阵排列组合展开、去掉了不
                                 满足一致性的那些结果集
  public int is_Type(){… }//矩阵的类型判断 1000 正位矩阵 1001
                            角位矩阵 1002中位矩阵
  public void print(){…… }//输出矩阵
```

```
}
```

4.2 方向关系合成算法

```
输入:两个需要合成的方向关系各自所对应的矩阵;
输出:合成所得的方向关系矩阵列表;
Direction-relation-composing(int[][] relation1,int[][] relation2)
{
 (1)定义两个方向关系矩阵;
 (2)两个方向关系分别用关系矩阵来表示。… Relation_two=new
    Matrix(relation2);
 (3)判断方向关系1所对应的关系矩阵是属于哪一种类型 //使用矩
    阵类的成员函数判断
 (4)如果关系矩阵1是中位矩阵
     返回矩阵2 // 中位矩阵 P 与任意类型的原子方向关系矩阵
     Q。有 Po^ Q=Q。
     break; //δ(Q)
 (5)如果关系矩阵1是角位矩阵
     两个矩阵相迭加 //Relation_one = Relation_one.add(Rela-
                    tion_two);
     结果正则化 //Relation_one = Relation_one.br();
     返回正则化所得矩阵//角类矩阵 P,与任意原子关系矩阵
     Q,//PôQ=(Br(P⊕Q))
     break;
 (6)如果关系矩阵1是正位矩阵//(Br((P⊙Q)⊕Q))
   (1) 首先定义一个临时矩阵 W
   (2) W=两个矩阵的同并运算 sameGo(Q) // W=P⊙Q
     同并运算的结果矩阵 W 与矩阵 Q 进行叠加运算;两个矩阵
     迭加 //Relation_one = Relation_W.add(Relation_two);
     //W⊕Q
     结果正则化 //Relation_one = Relation_one.br(); //δ
                (Br(W⊕Q))
     返回正则化所得矩阵
     break;
 (7)整理返回的结果得到最终结果集。//Relation_one.expand();
       //展开结果并且去掉那些不符合一致性检验的结果集。使
         用成员函数 is_real()来判断。
}
```

算法实现了原子方向关系之间合成的求解。算法使用JAVA语言编写,运行在JDK4.0平台,实验结果输出的合成关系矩阵经过转换后得到表2的合成表,通过与文[6]给定的合成表比较,合成结果是正确的。

表2 合成结果表

R_1/R_2	N	NE	E	SE
N	N	NE	$\delta(NE,E)$	$\delta(NE,E,SE)$
NE	$\delta(N,NE)$	NE	$\delta(NE,E)$	$\delta(NE,E,SE)$
E	$\delta(N,NE)$	NE	E	SE
SE	$\delta(N,NE,E,SE,S,B)$	$\delta(NE,E,SE)$	$\delta(E,SE)$	SE
S	$\delta(N,S,B)$	$\delta(NE,E,SE)$	$\delta(E,SE)$	SE
SW	$\delta(S,SW,W,NW,N,B)$	U_{dir}	$\delta(E,SE,S,SW,W,B)$	$\delta(SE,S,SW)$
W	$\delta(NW,E)$	$\delta(NW,N,NE)$	$\delta(E,W,B)$	$\delta(SE,S,SW)$
NW	$\delta(NW,N)$	$\delta(NW,N,NE)$	$\delta(W,NW,N,NE,E,B)$	U_{dir}
B	N	NE	E	SE

R_1/R_2	S	SW	W	NW	B
N	$\delta(S,N,B)$	$\delta(SW,W,NW)$	$\delta(W,NW)$	NW	$\delta(N,B)$
NE	$\delta(N,NE,E,SE,S,B)$	U_{dir}	$\delta(W,NW,N,NE,E,B)$	$\delta(NW,N,NE)$	$\delta(B,N,NE,E)$
E	$\delta(SE,S)$	$\delta(SE,S,SW)$	$\delta(W,E,B)$	$\delta(NW,N,NE)$	$\delta(E,B)$
SE	$\delta(SE,S)$	$\delta(SE,S,SW)$	$\delta(E,SE,S,SW,W,B)$	U_{dir}	$\delta(B,S,E,SE)$
S	S	SW	$\delta(SW,W)$	$\delta(SW,W,NW)$	$\delta(S,B)$
SW	$\delta(S,SW)$	SW	$\delta(SW,W)$	$\delta(SW,W,NW)$	$\delta(B,S,SW,W)$
W	$\delta(S,SW)$	SW	W	NW	$\delta(W,B)$
NW	$\delta(S,SW,W,NW,N,B)$	$\delta(SW,W,NW)$	$\delta(W,NW)$	NW	$\delta(B,W,NW,N)$
B	S	SW	W	NW	B

总结 本文提出了用关系矩阵表示方向关系,并对原子方向关系之间的合成进行了深入的研究。提出了一系列的方向关系矩阵的运算方法,通过该运算方法得到了原子方向关系合成的规则表,使用该表我们可以计算任意原子方向关系之间的合成,为以后各种方向关系合成的研究提供了良好的基础。

利用关系矩阵解决合成问题是本文进行的新的尝试,理论与实验结果表明这种方法是可行的,关系矩阵不仅可以用于方向关系的合成问题,而且可用于拓扑关系合成问题、空间推理等领域,因此希望本文的研究为拓扑关系合成及空间推理带来新的思路。

原子方向关系合成只是我们研究工作的第一步,接下来我们将研究基本方向关系之间的合成以及扩展我们的模型以支持点、线、面等多种类型空间物体的合成。

参考文献

1 Egenhofer M J. Reasoning about Binary Topological Relationships. In:Proc. of SSD-91,1991. 143~160

2 Theodoridis Y,Papadias D. Direction Relations and Two-dimensional Range Queries:Optimisation Techniques. Data & Knowledge Engineering,1998,27:313~336

3 Ligazat G. Reasoning about Cardinal Directions. Journal of Visual Languages and Computing,1998,9:23~44

4 Liu X,Shekhar S,Chawla S. Processing Object-Orientation-based Direction Queries in Spatial Databases. http://www.cs.umn.edu/research/shashi-group

5 Skiadopoulos S. Manolis Koubarakis:Composing Cardinal Direction Relations. SSTD-01 2001-7

6 Goyal R K, Max J. Egenhofer Consistent Queries over Cardinal Directions across Different Levels of Detail. IEEE Computer Society,2000. 876~880

7 Skiadopoulos P, Koubarakis M. Consistency Checking for Qualitative Spatial Reasoning with Cardinal Directions 2002-8

8 Goyal R K, Egenhofer M J. Cardinal Directions Between Extended Spatial Objects. IEEE Trans. on Data and Knowledge Engineering,(in press),2000

9 Goyal R K,Max J. CA92373-8100,USA Similarity of Cardinal Directions. Computer Science,2001,2121:36~55

10 Papadias D. Relation-based Representation of Spatial Knowledge:[PhD thesis]. Dept. of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens,1994