

# TOUR 及其改进模型在路径搜索中的应用研究

王亚文<sup>1</sup>, 王 君<sup>2</sup>

(1. 陕西师范大学 计算机科学学院, 陕西 西安 710062;

2. 合肥工业大学 计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009)

**摘 要:**定性空间推理是近几年来空间关系推理的一个热点, TOUR 模型就是一个很好的定性空间推理模型, 它基于认知图, 对空间信息进行合理描述, 能够吸收新的信息和解决路径搜索问题, 但 TOUR 模型本身也存在一些不足之处。文中介绍了基于空间关系路径搜索的 TOUR 模型, 用 TOUR 模型解决了一个具体的路径搜索问题, 根据具体的应用指出了 TOUR 模型的不足, 对 TOUR 模型进行了改进, 并提出了改进后的算法, 最后分析了对 TOUR 模型改进后的主要优势。

**关键词:**路径搜索; 空间关系; TOUR 模型

**中图分类号:** TP18

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2006)09-0169-03

## Application and Research of TOUR Model and Its Improved Model in Route - Hunting

WANG Ya-wen<sup>1</sup>, WANG Jun<sup>2</sup>

(1. College of Computer Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. School of Computer & Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** Qualitative spatial reasoning is a hotspot of spatial relation reasoning recently. The TOUR model is a good spatial relation reasoning model. It is based on cognitive map, has a reasonable description of spatial information, and can assimilate new information and solve route - hunting problem, but it has some disadvantage. At first introduced the TOUR model which is based on spatial relation, solved a specified route - hunting problem with the TOUR model. Then according to a specified application pointed out the deficiency of the TOUR model, improved the TOUR model, and brought forward the arithmetic of the improved TOUR model. At last analysed the main advantage of the improved TOUR model.

**Key words:** route - hunting; spatial relation; TOUR model

### 0 前 言

定性空间推理是处理常识性空间知识的一种人工智能方法。由于空间知识是一类重要的知识且本质上是定性的, 因而定性空间推理研究工作受到重视<sup>[1]</sup>。基于空间关系的推理实际上是定性空间推理。图 1 是西安市地图的一部分, 现在有一个路径搜索问题: 旅行者想从西安饭店到陕西师范大学。对于这样的一个路径搜索问题, 如果基于空间关系进行路径搜索怎样实现呢? 文中介绍了基于空间关系路径搜索的 TOUR 模型。

### 1 什么是 TOUR 模型

美国麻省理工学院教授 Kuipers 在他的博士论文《大范围空间知识的表示》中首次提出了 TOUR 模型。TOUR 模型是认知图的计算模型, 可以用来吸收新的信

息和解决路径搜索问题。认知图是存在于人脑中关于环境的结构的知识, 它可以在大范围空间中用来解决路径搜索和相对位置问题。若空间的相关结构超过了人们的视觉范围并且关于此空间结构的知识需要在此空间中进行探测才能获得时, 把此空间叫做大范围空间<sup>[2,3]</sup>。

#### 1.1 环境描述: 地点和道路

TOUR 模型中地点 place 用 PLACE 来描述。PLACE 描述零维地理对象: 位置或路标。环境的另一个基本特征就是道路 path 和街道 street, 它们用 PATH 来描述。PATH 描述一维地理对象: 道路或街道。PATH 描述包括在 path 上相关地点的顺序。DIRECTION 是关于一维空间: path 的一个方向, 它有两个值: +1 和 -1, +1 表示与所选取的正方向相同, -1 表示与所选取的正方向相反。+1 和 -1 是相对于同一个 PATH 而言, 不同 PATH 的方向值 +1 和 -1 没有可比性<sup>[4,5]</sup>。

#### 1.2 TOUR 模型的构成

TOUR 模型包括对不同类型空间知识大量的描述, 这些知识被分成 3 种类型: 特定环境的知识表示; 当前位置的描述和操作; 前两类知识的推理规则。

收稿日期: 2005-12-13

**作者简介:** 王亚文(1981-), 男, 陕西扶风人, 硕士研究生, 研究方向为空间关系路径搜索、人工智能; 导师: 汪西莉, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为数字图像处理、模式识别、人工智能。

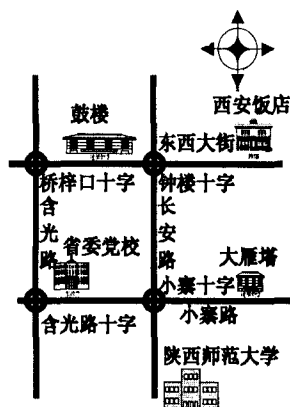


图 1 西安市部分地图

## 2 利用 TOUR 模型解决路径搜索问题

首先把东西大街、小寨路、含光路和长安路分别描述为道路 1, 2, 3 和 4, 把桥梓口十字、鼓楼、钟楼十字、西安饭店、含光路十字、省委党校、小寨十字、大雁塔和陕西师范大学分别描述为地点 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 和 9。根据 TOUR 模型的推理规则 and 这个路径搜索问题的具体情况, 整个搜索过程分为 3 个步骤:

- ① 沿着东西大街从西安饭店走到钟楼十字;
- ② 在钟楼十字处左转弯到长安路;
- ③ 沿着长安路从钟楼十字走到陕西师范大学。

用 TOUR 模型表示整个路径搜索过程为:

You Are Here:

地点:[地点 4: 西安饭店]  
道路:[道路 1: 东西大街]  
方向: 空值

Go-To:

从:[地点 4: 西安饭店]  
到:[地点 3: 钟楼十字]  
所在道路:[道路 1: 东西大街]  
方向: -1

You Are Here:

地点:[地点 3: 钟楼十字]  
道路:[道路 1: 东西大街]  
方向: -1

Turn:

所在地点:[地点 3: 钟楼十字]  
转弯前所在道路:[道路 1: 东西大街]  
转弯前方向: -1  
旋转度数: 90.  
转弯后所在道路:[道路 4: 长安路]  
转弯后方向: +1

You Are Here:

地点:[地点 3: 钟楼十字]  
道路:[道路 4: 长安路]  
方向: +1

Go-To:

从:[地点 3: 钟楼十字]

到:[地点 9: 陕西师范大学]

所在道路:[道路 4: 长安路]

方向: +1

You Are Here:

地点:[地点 9: 陕西师范大学]

道路:[道路 4: 长安路]

方向: +1

至此, 从西安饭店到陕西师范大学的整个路径搜索完毕。

## 3 TOUR 模型存在的不足及对 TOUR 模型的改进

### 3.1 TOUR 模型存在的不足

对于一个特定的路径搜索问题, 通常情况下需要对数据库进行大量的搜索。如图 2 所示, 对于一个十字路口, 因为刚刚从一条道路走过来, 而且只要某一个地点在这条道路上, TOUR 模型就会将这个地点搜索到, 所以 TOUR 模型通常不会再对刚才走过来的这条道路进行搜索, 而会对其余三条道路进行搜索, 到下一个十字路口, 又要对其余三条道路进行搜索, 直到找到目标地点。如何确定一个地点或一条道路是否被搜索过呢? TOUR 模型通常在数据库中给地点和道路分别加一个“是否被搜索过”属性, 没有被搜索过的地点或道路这个属性值为 0, 一旦它被搜索过了, 它的属性值就会变成 1。置为 1 后在这个路径搜索结束之前 TOUR 模型不会再对这个地点或道路进行搜索, 直到下一次路径搜索开始之前 TOUR 模型会将地点或道路的这个属性值全置为 0。由此可以知道 TOUR 模型的时间复杂度为  $O(3^n)$  ( $n$  为搜索树的深度)。可见利用 TOUR 模型进行路径搜索效率很低, 系统开销太大。

①

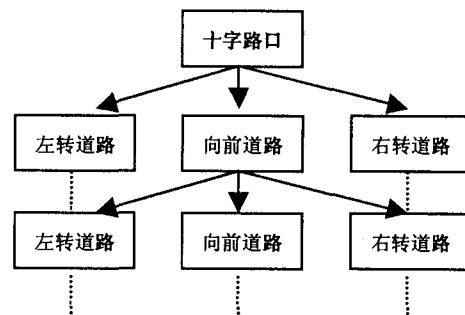


图 2 TOUR 模型在十字路口的操作

②

### 3.2 对 TOUR 模型的改进

先从简单问题开始。图 1 中, 如果旅行者要从鼓楼走到大雁塔, TOUR 模型采用的路径会有这么两种情况: 一种是沿着东西大街向正方向走, 走到钟楼十字右转弯, 然后沿着长安路向正方向走, 走到小寨十字左转弯, 再沿着小寨路向正方向走, 这样便可以走到大雁塔; 另一种是沿着东西大街向负方向走, 走到桥梓口十字左转弯, 然后沿着含光路向正方向走, 走到含光路十字左转弯, 再沿着小寨路向正方向走, 这样也可以走到大雁塔(这里简化了问题)。TOUR 模型里这两个路线没有关系, TOUR 模型通常是单独再对路径进行搜索。

③

不难发现两次搜索过程中都经过了长安路,由此我们想是否可以在数据库中给地点和道路增加一些属性,将经常会用到的地点和道路标记,以简化搜索过程。基于这样的思想,将 TOUR 模型进行改进,对地点的描述为:地点 <名称;所在道路;几何特征;是否标志性地点;附近的标志性地点;所在道路是否主干道;附近的主干道;是否被搜索过>;对道路的描述为:道路 <名称;位于其上的地点;是否主干道;附近的主干道;其上的标志性地点;附近的标志性地点;是否被搜索过>。

对 TOUR 模型改进后,从鼓楼走到大雁塔的路径搜索问题在解决时首先将会同时对数据库中鼓楼和大雁塔的信息进行扫描,看它们是否位于主干道上或附近有主干道,若它们位于主干道或附近有主干道,则转而对这些主干道进行搜索,直到找到地点或主干道的交集,这样便完成了对路径的搜索。这里从鼓楼开始搜索到了长安路,从大雁塔开始也搜索到了长安路,这两个搜索出现了交集,说明搜索完成,从鼓楼搜索到了去大雁塔的道路。

然而现实生活中的路径搜索问题比这个要复杂的多,并不一定能直接找到地点或是道路的交集,如图 3 所示,地点 a, b, c, d 分别位于区域 A, B, C, D, 地点 a 与 c 相距很远,现在要找到从 a 到 c 的路径,直接进行搜索很难找到地点或是道路的交集,这是不是意味着不能实现路径搜索呢? 对 TOUR 模型进一步改进,这一问题就会得到解决。

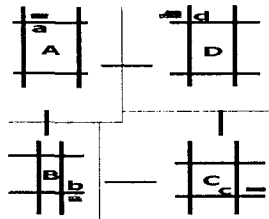


图 3 区域示意图

对 TOUR 模型所做的进一步改进主要有以下两点:

- ①在关于地点、道路的数据库中“是否被搜索过”属性后加入“所在区域”这一属性;
- ②在数据库中建立一个名为“区域方向关系”的数据表,如图 4 所示(对应图 3)。

区域	区域 A 对应它的方向	区域 B 对应它的方向	区域 C 对应它的方向	区域 D 对应它的方向
A	/	南	东南	东
B	北	/	东	东北
C	西北	西	/	北
D	西	西南	南	/

图 4 区域方向关系

对 TOUR 模型做了上述改进后,在解决图 3 的路径搜索问题时,首先在“地点”数据表中进行搜索,看地点 a 和 c 分别位于哪个区域,如果它们位于同一个区域,则只需搜索数据库中“所在区域”属性值为这个区域的地点或道路,直到找到地点或道路的交集,这样便完成了搜索;如果发现它们不在同一个区域,这里发现它们分别位于区域 A 和 C;接着在“区域方向关系”数据表中进行搜索,找到

区域 A 和 C 的方向关系,发现区域 A 在 C 的西北方向,区域 C 在 A 的东南方向;然后再对“地点”数据表和“道路”数据表进行搜索,由于有了方向关系这一启发信息,进行并行处理或是同时搜索时,从地点 a 开始搜索只需考虑向东和向南的道路,从地点 c 开始搜索只需考虑向西和向北的道路,这样一定能找到地点和道路的交集,从而实现路径搜索。这时候路径搜索的时间复杂度降低为  $O(2^n)$ 。

3.3 改进后 TOUR 模型的算法实现

如果起始地点与目标地点相距很近,经过几步搜索就可以实现路径搜索,这种情况下在“地点”数据表和“道路”数据表与“区域方向关系”数据表之间的切换以确定地点之间的大概方向关系就显得繁琐,因此把搜索过程分成两个阶段:

- 1)定义搜索树的深度为 3,在不考虑地点之间方向关系的情况下进行搜索(通常情况下如果起始地点与目标地点相距很近一定能够搜索到);
- 2)如果第一个阶段搜索失败,则考虑起始地点和目标地点之间的大概方向关系,具体方法如 3.2 节所述。

改进后 TOUR 模型的算法如下:

算法: TOUR 模型的改进算法,实现基于空间关系的路径搜索

输入: 起始地点、目标地点

输出: 搜索路径

方法:

- (1)定义搜索树的深度  $n = 3$ ;
- (2)在没有起始地点和目标地点大概方向关系这一启发信息的条件下进行盲目搜索;
- (3)如果找到地点或道路的交集,执行步骤(6);否则执行步骤(4);
- (4)确定起始地点和目标地点分别位于哪个区域;
- (5)如果起始地点和目标地点位于同一个区域,则对数据库中“所在区域”属性值为这一区域的地点或道路进行搜索,直到找到地点或道路的交集;否则确定起始地点和目标地点所位于的区域之间的方向关系,进而确定起始地点和目标地点之间的大概方向关系,利用这一启发信息进行搜索直到找到地点或道路的交集;
- (6)完成路径搜索。

4 结 论

对 TOUR 模型改进后优势体现在两个方面:一是时间复杂度将减少为  $O(2^n)$ ,比起改进前 TOUR 模型的时间复杂度  $O(3^n)$ ,极大地提高了搜索的效率,减小了系统的开销;二是可对起始地点和目标地点同时进行搜索,实现了并行处理,而改进前 TOUR 模型只能实现串行处理。

参考文献:

[1] 廖士中,高培焕,石纯一. 定性空间推理的分层递阶框架

时,也能够很好地控制图形数据的操作权限。

### 1.5 一体化国土资源电子政务平台技术

一体化国土资源电子政务平台包括系统构建平台、系统运行平台、政务运行系统和信息发布系统等,是集 GIS 应用系统、办公自动化系统(OA)、管理信息系统(MIS)于一体的国土资源电子政务信息系统平台(如图 3 所示)。

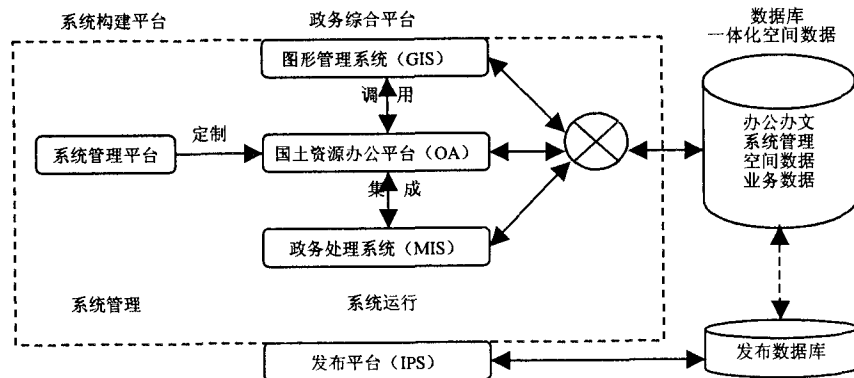


图 3 一体化国土资源电子政务平台

一体化的国土资源电子政务应用系统建设,是在统一平台的基础上,针对具体业务需求进行相应配置,通过添加选项、搭建和裁减等定制机制构建每个业务应用系统。对比较复杂的应用系统,无法使用电子政务平台进行定制的可采用第三方的开发工具进行应用系统开发,但这种开发必须在电子政务平台的框架下进行,必须符合平台的相应规范,对平台功能调用和预留的访问接口必须一致;对既有应用系统进行整合,通过封装 Web Services 技术、应用 API、接口 InterFace 等方式保证平台互连互通,数据资源有效共享。

整个应用系统通过“弱耦合”的组件式平台架构,可满足不同级别的国土资源部门业务系统建设需求,其中电子政务平台是系统的内核,内核具有广泛的适应性;业务系统是平台的扩展应用,提供系统的外部表象。由于采用了电子政务平台统一的数据资源管理,因此系统之间数据可以共享共用,已有的应用系统也可以不通过电子政务平台直接操作业务数据库(根据旧系统的改造难易度)。例如使用统一的权限授权、统一的人员机构数据、统一的工作流定义数据、统一的图层管理数据等。

通过电子政务平台定制的应用系统或者采用平台通用功能组件开发的应用系统,可以享受平台模块级的应用支持,快速构建业务应用,充分发挥资源的群聚与持续优势,从而极大地节省工作时间,提高工作效率。

### 1.6 流程化的系统管理与控制技术

土地管理业务比较复杂,而且并不是非常规范,各个单位有所不同,甚至随着负责人的变化,业务流程也会局部改变,所以单纯的一体化国土资源电子政务平台设计,还不能很好地满足业务系统运行中的要求。为了适应办公业务流程在系统运行过程的调整,增加系统的灵活性,

经过研究认识到有必要采用工作流管理机制,达到在系统运行过程中对工作流的管理和调整。

工作流管理机制由工作流定义程序、工作流控制与监控组件、动态表单设计器与动态表单调用组件构成,工作流定义和实例数据与工作流相关数据(信息系统数据)统一存放在关系数据库中,一体化管理。目前,在多个土地信息系统的开发实践中,均采用了工作流的方式,大大提高了系统应用的灵活性,进而也提高了系统开发的效率<sup>[5]</sup>。

## 2 结束语

基于对以上关键技术的分析及研究,能够实现国土资源管理中的地籍管理、建设用地审批、执法监察管理、土地利用管理等业务管理的全业务一体化,实现多元空间数据无缝集成技术和一体化空间数据库,实现了多业务数据的“一图化”查询与管理;同时,采用组件式开发工具以及基于平台开发,能够实现快速搭建业务系统的开发目标。另外,能够很好地实现省、市、区县多级管理模式下国土资源业务处理的网络协同,对提高国土资源管理的效率以及现代化水平起到了巨大作用。

### 参考文献:

- [1] 王海琴,杨永侠,严泰来. MapGis 到 ArcSDE 的数据转换方法与实践[J]. 国土资源遥感, 2005(3): 30-33.
- [2] 姚敏,张柏,张树清. 基于构件的地理信息系统应用软件开发模型研究[J]. 测绘工程, 2001(1): 41-45.
- [3] 杨美清. 软件复用及相关技术[J]. 计算机科学, 1999(5): 1-4.
- [4] 齐治昌,谭庆平. 软件工程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [5] 王康弘,姚敏,王尔琪. 基于 SuperMap GIS 的国土资源信息系统应用与开发[J]. 国土资源信息化, 2004(1): 32-35.

(上接第 171 页)

- [J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(5): 574-579.
- [2] Kuipers B J. An Intellectual History of the Spatial Semantic Hierarchy[EB/OL]. <http://www.cs.utexas.edu/users/qr/papers/Kuipers-NZ-06.html>, 2005-10-11/2005-11-20.
- [3] Kuipers B J. Modeling Human Knowledge of Routes: Partial Knowledge and Individual Variation[A]. In Proceedings of the

- National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-83) [C]. [s.l.]: Morgan Kaufmann, 1983.
- [4] Kuipers B J. Representing Knowledge of large-Scale Space [D]. Cambridge, Massachusetts: Mathematics Department, Massachusetts Institute of Technology, 1977. 6-8, 19-20.
- [5] Kuipers B J. Modeling Spatial Knowledge[J]. Cognitive Science, 1978, 2: 129-153.