

# 城市交通网络的多尺度地理信息系统数据建模

陈少沛<sup>1,2</sup>, 谭建军<sup>1</sup>, 李英远<sup>3</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 广州中科盛博信息技术有限公司, 广州 510630)

**摘 要:**多模式交通是未来城市交通的重要形式,多模式交通系统要求每个交通模式平衡发展并发挥其最好的服务性能。可靠的数据和信息获取是建立可持续多模式交通系统的基础。单一模式的交通地理信息系统信息模型不能准确地反映城市交通空间网络的特性和联系程度。针对此问题,提出一种面向多尺度多模式的交通网络地理信息系统数据模型,支持多模式交通网络地理数据集成化和拓扑关系模型化,实现多模式交通数据的综合分析和表达。数据模型在概念和逻辑建模层面上,应用面向对象设计语言及其扩展机制集成面向地理信息时空特征描述的可视化语言插件(plug-in for visual languages, PVL),将不同交通线网集成于一个综合信息模型中。交通线网的多尺度表达允许不同的交通地理信息系统应用和专业化信息服务的开发和实现,辅助多模式交通网络规划和发展,并且进一步优化城市交通的应用。将模型应用在广州市多模式交通系统中进行可靠性和实用性验证,对未来相关的研究和应用具有指导意义。

**关 键 词:**多模式城市交通系统;交通地理信息系统;面向对象建模方法

## 1 引言

社会、经济 and 环境的演变已经对城市交通的发展产生了巨大的影响,交通与城市居民的居住环境紧密联系着,已经成为现代城市发展的一个关键因素<sup>[1-4]</sup>。然而,城市交通发展的同时也产生了一系列问题,如空气污染、交通阻塞、能源消耗、噪音、自然环境恶化等。这为城市发展提出了一个重要的研究课题,即如何平衡交通发展所带来的利弊,促进交通系统发展,同时减小由发展所带来的负面影响。

多模式交通是未来城市交通的重要形式。当今世界的很多大城市,例如香港、巴黎和伦敦都已经发展了复杂高效的多模式公共运输系统,包括公共汽车、地铁、轻轨、有轨电车甚至客轮等。然而,多模式城市交通网络的运输效率不仅仅由运输模式的数量所决定,还要考虑这些交通模式的可达性和模式间的交互性和协调性。因此,城市交通运输管理部门对交通发展已经不仅仅是重视建设或者扩充新的交通运输网络,同时更加重视管理和维持高效的交通网络可达性及模式间交互性和协调性,并且充分考虑到公共交通服务的质量和效率。高效和可持续的城市交通系统必需具有均衡性,使每个交通模式平衡发展并发挥其最好的服务性能。这就必须

依靠对可靠交通数据和信息的获取,但是多种交通模式并存必然导致交通系统的数据集成变成一个庞大复杂的多样性问题<sup>[5]</sup>,所要解决的问题主要是:①每个交通模式具有各自的空间分布,特征和规则,面向多模式交通网络的集成拓扑结构必须被有效的定义和描述;②多层次的交通网络,即道路-车道-公交线路-人行道结构层次是数据模型的基本要素,因为不同应用要求数据具有合适的尺度表达;③不仅数据的空间和时间维,而且面向交通限制和规则都是数据模型建立的关键因素。针对以上问题,单一模式的交通地理信息系统信息模型不能准确地反映城市交通空间网络的特性和联系程度,因此,研究如何实现多模式城市交通网络地理数据的集成和表达具有重要意义。

多模式城市交通地理信息系统(Geographical Information System, GIS)已经成为交通与地理信息系统集成研究领域中的一个重要课题。我国的交通GIS建模研究,已经从传统的基于专题地理分层的空间数据表达方式对于复杂的地理现象的描述发展到应用模型驱动架构(Model Driven Architecture, MDA)理论进行交通时空数据建模研究<sup>[6-7]</sup>。面向对象技术的发展以及在GIS领域的应用,为交通信息领域提供了一种更为科学的地理现象的表达方法

收稿日期:2008-10; 修订日期:2009-02.

基金项目 广东省自然科学基金项目(7006314);中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室开放研究基金项目(A0717)。

作者简介:陈少沛(1978-),男,博士研究生,主要研究方向为地理信息系统及交通模型等。E-mail: cshaopei@gmail.com

和空间数据的组织方式<sup>[8]</sup>,特别是面向交通地理信息时空特征描述的面向对象建模语言研究和建立,实现地理对象的空间、时间和时空特征的可视化表达和描述,包括简单空间对象、重叠对象、复合空间对象、时态空间对象以及时空特征的表现<sup>[9-10]</sup>。面向对象的 GIS 时空数据模型研究促进了交通空间数据模型发展<sup>[11-12]</sup>,但是国内关于面向多模式的交通地理信息系统模型的理论和应用研究开展得比较少。因此,专门针对多模式城市交通领域的地理信息系统模型研究具有重要意义。

广州市已经发展起一个多模式公共交通运输系统,系统主要包括公共汽车和地铁运输网络。经过 10 多年的交通信息系统研究,广州市相关管理部门和研究机构在交通信息管理和建模中已经取得很大的进展,例如客运管理部门,地铁管理部门和城市交通监控部门等建立自己交通数据库模型。然而,由于其数据特性通常不完整、精度差、不一致和缺乏时空拓扑语义,目前的数据集成处理模式无法适应多模式交通系统的发展和应用。针对这个问题,提出一个面向多模式多尺度的城市交通地理信息系统模型研究,以促进基于 GIS 的多模式交通信息系统的建立,对未来相关的研究和应用具有指导意义。研究案例是基于广州市的多模式城市交通网络系统实施的,并且选择其新城市中心区,即天河区作为研究区。

## 2 交通地理信息系统和多模式数据建模

GIS 与交通系统集成概念包含交通管理、规划和服务中应用 GIS 技术的所有领域。政府部门、研究机构、私人企业和市民都是交通地理信息系统(GIS for Transportation, GIS-T)应用的参与者,他们都希望获得来自不同交通模式的静态和动态数据与信息。但是由于交通系统的复杂性,满足这些数据需求对于交通 GIS 的研究提出更高的要求,即多模式交通数据集成问题(不同模式的交通网络上的不同特性和规则使交通数据建模不只限于空间和时间属性特征的处理)和如何集成、描述多样性网络权重。缺乏一个集成的多模式交通网络信息模型,交通地理信息系统很难实现对交通网络的正确分析和表达。同时,交通数据的多样性使现代城市交通信息系统在各个方面的应用都要求在特定尺度水平上进行,以满足不同的应用目标。

GIS-T 已经在交通数据集成和表达上取得很大进展。但是主要是针对单一交通模式的 GIS 数据



建模,这导致数据处理的低效率以及在数据采集和储存上产生冗余<sup>[13]</sup>。针对这些问题,从建立多模式 GIS-T 模型出发,必须进一步研究更为合理的技术方法以促进多模式交通数据的建模、集成和表达。最近几年,GIS 与多模式交通系统的集成在 GIS 应用研究领域已经引起相关学者的关注<sup>[14]</sup>。面向多模式城市交通信息系统模式,促进了通用性和集成性的交通数据模型研究。

面向对象可视化建模技术,即统一建模语言(Unified Modelling Language, UML)已经成为地理数据建模的主要方法<sup>[15]</sup>。但是单纯依靠 UML 描述地理空间对象、关系和特性依然存在不足。针对如何更好地解决多尺度多模式交通地理信息系统模型的可视化描述,应用 UML 的扩展机制集成面向可视化语言(plug-in visual languages, PVL)<sup>[16]</sup>,并在此基础上,通过对 PVL 的图形构件的扩展和改进实现交通地理对象、关系、属性和语义信息(即:交通规则和限制信息)的描述,高效地将不同交通线网集成于一个综合信息模型框架中。同时,信息模型允许在不同抽象水平下表达交通线网,多尺度表达允许不同的 GIS-T 应用和专门化信息服务的开发和实现满足不同应用需求,辅助多模式交通网络规划和发展和进一步优化城市交通的应用。

## 3 多模式多尺度交通地理信息系统数据建模

由于多模式城市交通网络具有复杂性,多模式 GIS-T 地理信息系统数据建模过程中必须考虑到几个关键因素:①交通实体通常是由其空间、时间和时空属性所定义和描述,并拥有不同权限和专题逻辑概念<sup>[13]</sup>;②GIS-T 应用经常涉及到大量信息和数据,这些信息和数据与交通网络中的各类对象,并与对象间的逻辑和拓扑关系相互对应,这种对应关系建立起地理要素之间的逻辑关联<sup>[17]</sup>;③为了能够提供一个通用的交通数据建模的空间和时间概念,必须建立统一时空参照和拓扑模型以描述存在交通对象,不同交通网络间以及网络和非网络数据间的逻辑拓扑关系;最后,由于每个数据建模过程通常具有各种的数据定义和表现尺度,一个多尺度数据模型的建立将促进不同模式的交通网络可以从详细的数据定义中被概括和抽象表现以满足不同的应用目的。综上所述,应用于多模式城市交通网络的交通地理信息系统数据模型必然集成了物理(地理)和逻辑概念,并且允许由时间或者制图/拓扑改变而产生的多样性数据表达。多尺度信

息模型将提供一系列在合理的抽象水平上的对象、属性和关系以描述不同的城市交通网络。多模式多尺度城市交通地理信息系统模型引用一个“交通对象”概念。交通对象是表达现实世界或虚拟现象的地物特征,即交通对象可以包含一个或多个时空特性。空间特性被定义为在一个时间周期内和具有特定比例的几何实体。几何实体被空间参照系统引用才具有其真实意义。联结几何实体的非空间数据是描述对象主题和时间维的非空间或时态特性。时间实体被时态参照系统所引用。表达交通现象时间维的一种方法是应用一个“时间对象”概念<sup>[18]</sup>。这个方法使用和扩展了“三域时空数据模型”<sup>[19]</sup>。属性域(“是什么”)被存储在交通特征对象中,空间域(“在哪里”)则存储在“空间对象”,而时间域(“什么时候”)存储在“时间对象”。应用相互独立的域来描述交通对象消除了数据冗余,具有相同地理含义的空间对象可以被一个单一语义描述和连接起来<sup>[19]</sup>。然而,单一语义描述导致了集成空间,时间和时空数据的建模过程过于复杂和低效率。因此,提出一个将“是什么”,“什么时候”和“在哪里”三域集成到一个完整的交通对象概念中,即时间域不被认为一个交通对象的子对象(图 1)。这个方法使交通对象可以整体描述为一个基本元件,它的空间、时间和时空特性可以被集成在 UML 中面向可视化语言(PVL)时态和几何构件描述,并且被时态参考系统引用。

基于 UML 概念的交通对象特性表达中,集成 PVL 的 UML 实现交通对象的时态和多尺度可视化描述(图 2)。基于 PVL 线性构件扩展到的空间构件“”阐述一条具有相反方向运行路径的交通线路,如公共汽车线路。位于类名称右边的时间构件“”描述这个交通对象时间持续特性。这个持续时间开始于对象的生成,结束于对象的取消。同时对象类的属性和方法也可以应用与 PVL 构件来描述。类的方法“REP()”表示该对象在一定比例尺范围内的空间表示,即多尺度对象表达。

应用统一时空参照系统来表达时间和空间意味着时态和空间关系必须集成在建模框架中<sup>[20]</sup>。例如解决“一个空间对象在哪里?”的问题,“一个空间或属性对象在空间里什么时候发生?”的时间问题也可以被解决。时态数据表达了对对象的时间维,这就要求建立时态数据结构实现时态关系表达和对象参照<sup>[21]</sup>。时态参照系统中,时态关系对象可以被定义为“追随”,“同时发生”,“在…期间”和“与…交互”。时态对象可以表达单一交通对象,例如查询最新发生的空间对象,或者两个交通对象间,例如确

定一个交通对象发生在另外一个对象之前。这样一个对象包含两个来自同一时态量测方法和操作的时间,例如  $T_a$  和  $T_b$ 。在地理信息系统数据模型中,时态关系对象被应用在对时态参考系统的描述中(图 3)。图 4 表示了一个面向多模式交通网络的概念模型,“事件”描述在时间和空间中改变的动态交通对象。“演变”表达地理对象的历史状态,并且描述引起对象改变的事件。事件和演变的结合描述了发生在交通现象里或现象间的交通对象变化。例如,公共汽车线网的演变是由一序列事件产生,这些事件阐述某一区域内的公交线路,什么改变发生在这些线路上以及怎样发生的。

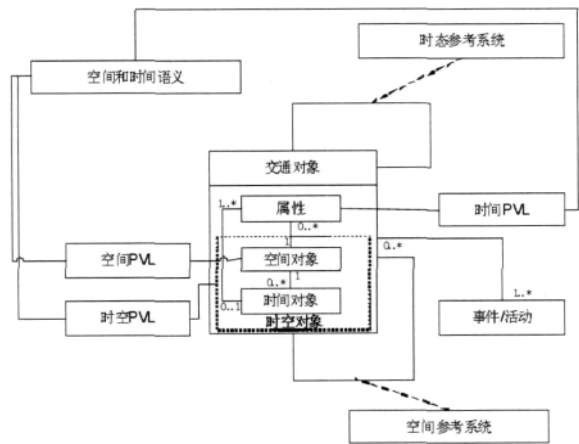


图 1 基于 UML 概念的交通对象特性表达  
Fig.1 UML conceptual view of transportation object characteristic representation

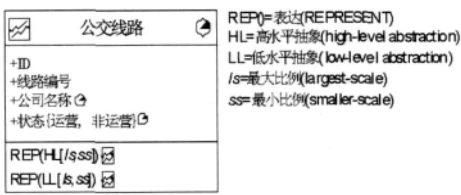


图 2 基于 UML 的交通对象类描述  
Fig.2 Description of transportation object classification

公共汽车线路组成了城市公共汽车线网。每条公共汽车线路都分布于城市道路上,通常具有相反两个方向,并受交通规则限制。公共汽车运输网络的主要建模概念:公共汽车运行路径是公共汽车线路的一个定向运行路程,一个公共汽车线路一般具有两条公共汽车运行路线,每一条代表一个方向;公共汽车运行线路是由一系列公共汽车站点和站段组成的定向路径,每条公共汽车运行站段连接这两个公共汽车站点;每个公共汽车站点位于城市道路的一个边上,是乘客实际上下车的位置;



位于城市道路同一位置的公共汽车站点,无论它是位于道路那一边都被抽象集成为公共汽车站位。

地铁运输网络是由固定线路、站厅、站台和地下通道组成的地下快速轨道运输网络。站厅为乘客提供票务服务。站台是沿着铁道边的一个乘客上车的地点。地下通道引导乘客从地下车站到地面的各个出入口,同时也是引导乘客从地面的各个出入口进入到地下车站。与公共汽车线路相同,地铁线路是由一系列站点和运行路径段组成的定向运输线路。地铁线路的每一个定向路径定义为“地铁运行路线”,并连接着两个地铁站点。地铁站台是位于同一地铁站不同方向地铁运行路线上的地铁站点的集合,在概念模型中被表示为一个位于地铁线路上的点。地铁站台通过地下通道与出入口相连接。公共交通线网和站点空间分布在城市街道网络上,为了描述这些线网和站点,街道被抽象为定向线性特征地物,并在不同抽象水平上分别被描述为道路中心线和车道中心线。而作为一个面状地物的交叉路口也被相应抽象为一个或一系列交叉路

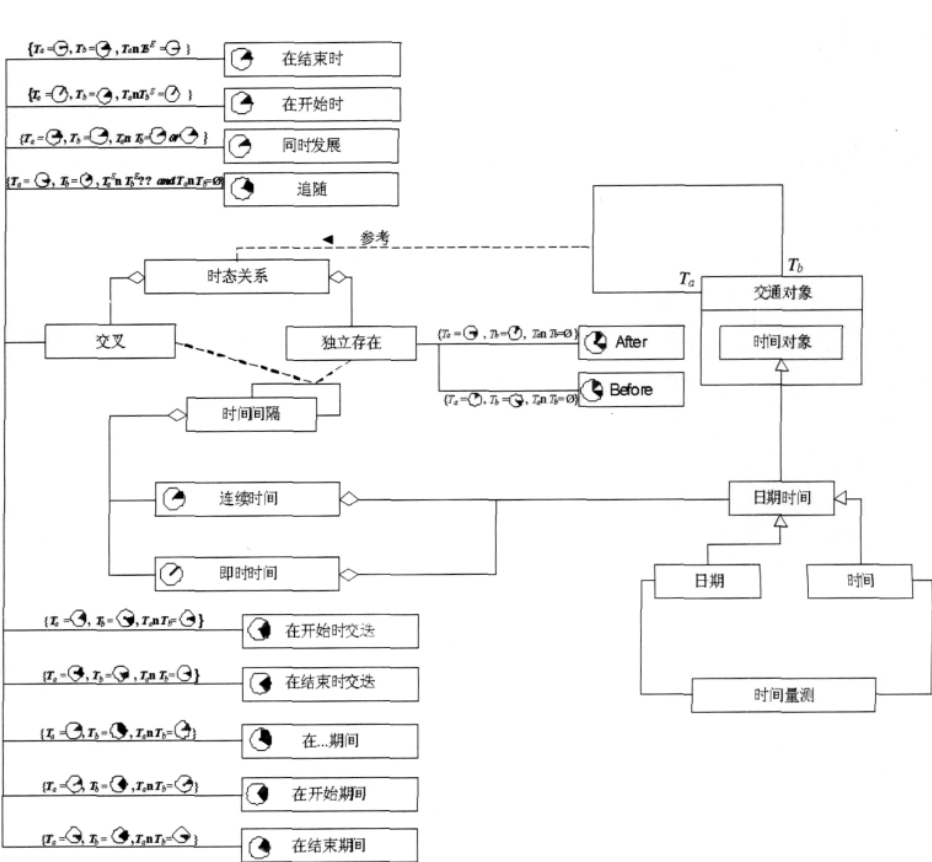


图 3 时态参考系统的 UML 概念图

Fig.3 UML conceptual view of temporal referencing system

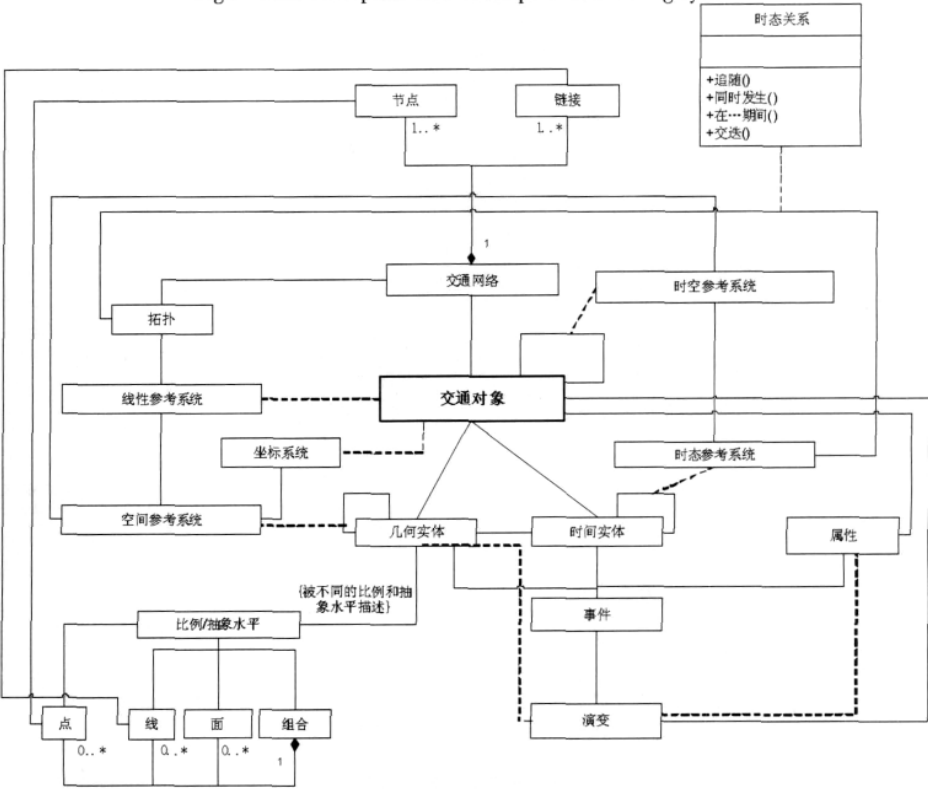


图 4 概念数据模型

Fig.4 Conceptual data model

口点。在低水平抽象下,车道交叉路口点被定义为车道中心线的起点或终点。在高水平抽象下,路段交叉路口点则被用来表示路段中心的起点和终点。路段交叉路口点是车道交叉路口点的抽象概括,并存储在路段在交叉路口的转向信息。每一公共交通线路都有一序列站点提供给乘客上下车。但是不同线路的站点可能在同一位置上,或者在其附近位置上有其他线路的站点让乘客换乘。因此,站点间或者同一站点的不同站位存在步行路径,因为城市街道通常都提供人行道,这些人行道和其他人行设施,如地下道、人行天桥和斑马线等组成一个步行路径网络。为了减少数据冗余和避免增加数据模型的复杂性,车道中心线被定义了另外一层逻辑属性,即“步行路径”。因为相对与机动车辆,行人可以依靠不同的人行设施穿越街道或路口,所以车道中心线的转向规则与步行路径不同,步行路径网络有其独立的连通性。城市街道的人行设施是步行路径网络的重要组成部分,为了表达这些设施,包括地下道、人行天桥和斑马线等,“转换点”被引入作为步行网络的一个节点。例如,一个人行天桥被描述为连接两条车道中心线的一条步行路径,其两交点即为转换点。通过以上的分析和定义,应用UML对交通网络集成数据模型进行描述(图5)。该模型集成了地理几何和基于

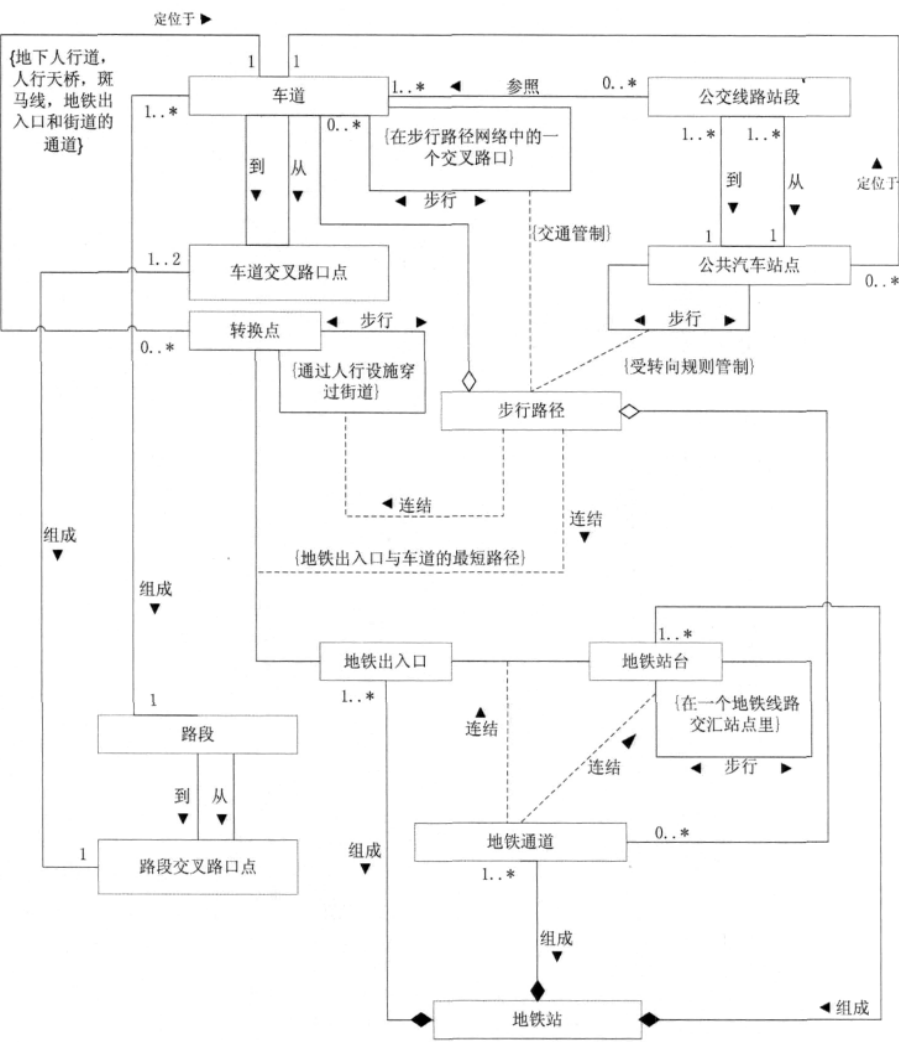


图5 基于UML的交通网络对象连接关系模型

Fig.5 UML conceptual view of interconnections of transportation networks

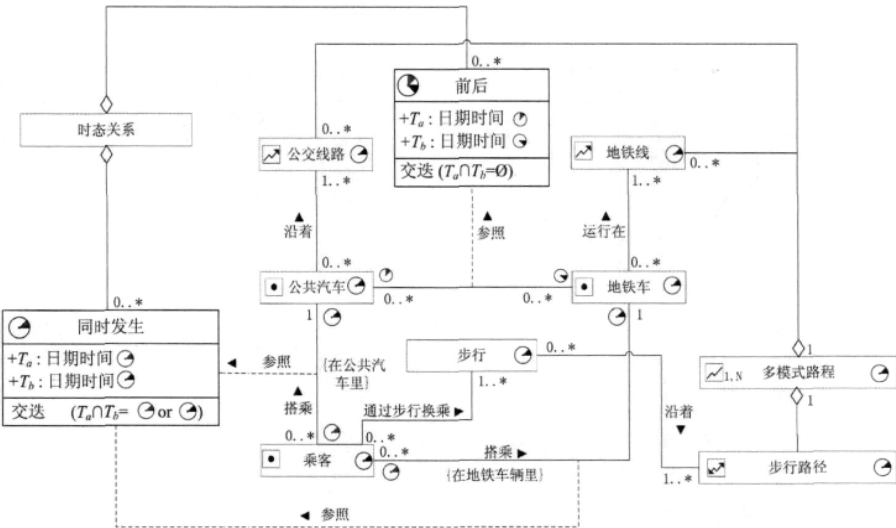
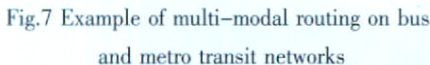


图6 多模式出行的时态关系表达

Fig. 6 Example of temporal relationship representation in multi-route planning

述,例如公共交通出行。如图 6 所示,当乘客从公共汽车换乘到地铁时公共汽车和地铁车辆间的时态关系定义为“前后”,而当乘客在公共交通工具上,乘客的属性,例如位置,时间和速度与车辆的相关属性同时发生。因此,乘客与公共交通工具之间的时态关系定义为“同时发生”。在此基础上,考虑数据模型对广州市不同交通对象和网络间的各种逻辑关系的定义,包括拓扑和语义关系,公共交通信息系统的一个重要信息服务是出行路程查找,即为乘客提供出行前的线路,站点以及换乘信息可以被实现。出行路程通常是被归纳为一个最优路径问题,即出行信息服务是以提高乘客出行效率和公交服务质量为目的。因此,最优出行路程的分析应该是基于不同标准的多模式路程查询,以实现最优路径信息服务。多模式交通地理信息系统模型提供一个出行路径分析模型。这个模型提供了基于出行权重和准则相结合的最优多模式路径分析算法,实现任何两个位置间的最优路径查询。算法通过对公共交通线网的空间特征和语义(交通)规则分析,建立城市交通网络的几何和语义连通性的集成关系。几何连通性是语义连通性的基础和先决条件,而语义连通性是公共交通网络拓扑的核心。基于 UML 和 PVL 的集成语义连通性交通线网拓扑关系模型提升公共交换换乘算法的效率和信息准确度,任何两个站点之间的最优路径可以被迅速获取而不需要检索整个网络的几何拓扑信息。并且该最优换乘路径考虑到最少换乘次数、出行距离最短、费用最少、途经站点最少和换乘中最短步行距离等多目标换乘。如图 7 所示,起始点之间“最少时间内”的多模式出行路程是从起点步行到“华师大”地铁站,搭乘地铁到体育西站,步行到天河公共汽车站搭乘另一

## 集成 PVL 的 UML 提供多模式交通现象的描





条公交线路至“华侨医院(谭村)”站下车步行到终点。出行路径分析模型也同时提供了如何在一起点通过公交汽车线路的换乘到达终点,根据不同的准则,例如出行距离、出行时间或者费用等。

公共交通网络的规划信息包括服务面积覆盖率、换乘次数、线网密度和线路重叠率等。这些规划信息反映交通网络的结构、可达性和服务质量<sup>[22]</sup>。特别是站点服务覆盖率可以明显反映出公共交通运输网络的可达性,在此基础上实现线网结构的合理性评估。例如,地铁站的出入口的服务半径是300m(大约步行3至4分钟),地铁站的各个出入口服务区域进行合并,合并后的区域成为地铁站的服务区域,同时也是地铁与公共汽车的换乘区域。多尺度多模式交通地理信息系统数据模型通过对交通网络对象的拓扑关系定义,使地铁站服务区域内,所有公交站点可以被容易地获取,同时任何一个地铁站出入口和公交站点的在换乘区域内的最短路径也可以应用Dijkstra算法被计算出来(图8)。这些详细信息不仅可以用来评估地铁网络的可达性,而且分析地铁与公共汽车线网的集成程度,从而做出更为科学的决策,提供整个公共交通运输网络的服务质量。交通地理信息系统原型主要是针对于满足公共交通应用的需求。集成新信息模型框架应用UML扩展机制集成PVL实现空间和时间语义的扩展,并建立其物理和逻辑概念集成和对空间/时间/语义。信息模型通过应用于广州市多模式交通系统的验证,满足多模式交通运输系统发展对交通信息应用的需求。系统原型不仅仅对广州市,对北京和上海等已经发展起多模式交通系统的城市也具有应用和指导意义。

## 5 结论

多尺度多模式城市交通地理信息系统数据模型应用面向对象建模理论,并且集成了面向地理对象描述的可视化语言插件(PVL),实现其多尺度、多样性的交通网络的表达和描述。集成语义(交通)规则的建模框架不仅考虑到空间和时态问题,而且可视化描述对象的图形、尺度和专题属性。统一位置和时态参照系统通过对PVL的空间和时间构件扩展实现在物理和逻辑概念层面上的空间/时间/语义(交通规则)关系的定义。多尺度多模式交通地理信息系统数据模型,可以提高对交通网络更为科学和准确的分析,促进多模式交通数据一致性维护和更新。例如,当路段的交通管制和空间信息发生改变,公共交通服务线路的相关属性也需要随着改变和

更新。但是,多模式交通信息应用要求道路网络和公共交通运输网络被集成和综合分析,这使多模式交通地理信息系统比传统交通信息系统需要更多的系统资源。同时,面向复杂的城市交通系统,仍然有很多问题需要在未来工作进一步的探索和研究,其中最重要的任务是:实时数据和运行时间表的集成和表达;建立三维交通网络数据结构;交通网络分布和演变模拟。

## 参考文献

- [1] 李百战, Steermers K. 城市可持续:重庆市的能源与环境. 重庆大学学报(英文版), 2005, 4(4):199-207.
- [2] Menega R. Participatory democracy and sustainable development: Integrated urban environmental management in Porto Alegre, Brazil. *Environment & Urbanization*, 2002, 14(2):181-206.
- [3] Roosa S A. Planning for sustainable urban development using alternative energy solutions. *Journal of Strategic Planning for Energy and the Environment*, 2005, 24(3):37-55.
- [4] 王波, 李橘云, 邓兴栋. 提高中心区公共交通服务水平的新思路:以天河地区环形小巴方案为例. 重庆交通大学学报, 2006, 25(4):113-115.
- [5] Krygsman S. Activity and travel choice(s) in multimodal public transport systems. Dissertation for PhD, 223 pages, Utrecht Universitij, Holand, 2004.
- [6] 李勇, 谭建军, 陈少沛, 等. MDA与事件驱动的面向对象时空数据建模研究. 地球信息科学, 2007, 9(3):91-95.
- [7] 李勇, 陈少沛, 谭建军, 等. 事件驱动的城市公共交通时空数据模型研究. 测绘学报, 2007, 36(2):203-209.
- [8] 龚健雅. GIS中面向对象时空数据模型. 测绘学报, 1997, 26(4):289-298.
- [9] 刘瑜, 林报嘉, 唐大仕. ULM-G:针对地理信息应用的面向对象建模语言. 北京大学学报(自然科学版), 2004, 40(2):271-278.
- [10] 陈少沛, 李勇, 彭聪. 面向交通地理信息时空特征描述的Spatial-UML研究. 测绘科学, 2008, 33(6):97-99.
- [11] 张祖勋, 黄明智. 时态GIS数据结构的研讨. 测绘通报, 1996(1):19-22.
- [12] 陆锋, 周成虎, 万庆. 基于特征的城市交通网络非平面数据模型. 测绘学报, 2000, 29(4):334-341.
- [13] Huang Z D. Data integration for urban transport planning. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), ITC Dissertation, 2003.
- [14] Claramunt C, Fournier S, Li X. Real-time geographical information for ITS. Proceedings of the 5th IEEE International Conference in Intelligent Information Systems, Hong Kong, China, 2006, 237-242.
- [15] Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I. The Unified Modeling Language Users Guide. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, USA, 1999.
- [16] Bédard Y. Visual modelling of spatial database towards spatial PVL and UML. *Journal of Geomatica*, 1999, 53(2):169-185.

- [17] Peng Z R, Dueker K. Spatial data integration in route-level transit demand modelling. *Journal of URISA*, 1995, 7 (1):26-37.
- [18] Adams T M, Konec N A, Vonderohe A P. NCHRP Report 460: Guidelines for the Implementation of Multimodal Transportation Location Referencing Systems. Transportation Research Board-National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., US, 2001.
- [19] Yuan M. Use of knowledge acquisition to build wildfire representation in geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Sciences*, 1997, 11(8):723-745.
- [20] Claramunt C, Jiang B. A representation of relationships in temporal spaces//Innovations in GIS VII: GeoComputation. Ch. 4, Atkinson P, Martin D, Taylor and Francis, 2000. 41-53.
- [21] Konec N, Adam T M. A data model for multi-dimensional transportation location referencing systems. *Journal of URISA*, 2002, 14(2): 27-41.
- [22] 张生瑞,王超深,徐景翠. 基于时间阻抗函数的路网可达性研究. *地理科学进展*, 2008, 27(4):117-121.

## Multi-scale and Multi-modal Urban Transportation Network GIS Data Model

CHEN Shaopei<sup>1,2</sup>, TAN Jianjun<sup>1</sup>, LI Yingyuan<sup>3</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou 510640, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Guangzhou CASample Information Technology, CO., Ltd, Guangzhou 510630, China)

**Abstract:** Multi-modal transportation has been an essential pattern of urban transportation. Sustainable transportation should favour emergence of balanced transportation systems that use each mode for what it does best. The development of sustainable transportation partly depends on reliable data and thus information. Single-modal transportation geographical information system (GIS) cannot precisely reflect the characteristics and relationships of urban transportation spatial networks. Therefore, a study on multi-modal urban transportation network data integration and presentation has been an importation task in transportation GIS. This paper introduced a study on multi-scale and multi-modal transportation geographical information system data model. This implies a support for an integration of different urban transportation networks, modelling of topological relationships and multi-modal network analysis and representation. The model introduced takes into account different transportation modes (including road, bus, metro and pedestrian facilities) and integrates them within a federated data model designed using an object-oriented approach. The approach extends Unified Modelling Language (UML), and integrates plug-in for visual languages (PVL) to represent spatial and temporal semantics of transportation objects. The model provides different scale levels to represent transportation network, that is, transportation network is represented at multiple abstraction levels to meet different applications. Such model allows the development of specialised services designed after a survey and study of users' and planners' requirements. The model is applied to a district of the city of Guangzhou and validated by a prototype development. This experimental system enables transportation planners and decision-makers to take better decisions effectively, and provides high-quality geospatial information-based services to final end-users.

**Key words:** multi-modal urban transportation system; geographical information system for transportation (GIS-T); object-oriented modelling method