

# 城市慢行交通网络数据建模研究

丘健妮<sup>1</sup>, 陈少沛<sup>2</sup>

(1. 广州地理研究所, 广东 广州 510070;

2. 广东财经大学公共管理学院, 广东 广州 510320)

**摘要:**城市慢行交通系统是现代城市交通系统的重要组成部分,随着多模式城市交通发展,建立便捷和高效的慢行交通网络系统成为现代城市解决交通问题和提升交通运行效率的关键措施。基于此,文中应用统一建模语言(UML)和地理标识语言(GML)建立城市慢行交通网络数据模型,提出一种统一的和一致性的交通地理要素定义和性质描述方法,并阐述基于GML的城市慢行交通网络的地理要素和关系表达。研究成果促进了城市交通地理数据的组织、表达、集成、共享和操作,对建立高效的慢行交通网络系统具有重要的理论价值。

**关键词:**城市慢行交通;统一建模语言;地理标识语言;数据建模

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)12-0048-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.12.012

## Study on Urban Non-motorized Transportation Network Data Modeling

QIU Jian-ni<sup>1</sup>, CHEN Shao-pei<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, China;

2. School of Public Administrator and Policy, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou 510320, China)

**Abstract:** Urban non-motorized transportation system is the important component of modern urban transportation system. With the development of multi-modal transportation, it is the key measure to build a convenient and efficient urban non-motorized transportation system for modern cities to deal with traffic problem and improve traffic running efficiencies. Therefore, apply Unified Modeling Language (UML) and Geography Markup Language (GML) to construct an urban non-motorized transportation network data model, and present an unified and consistent transportation geography features' definitions and the methods of their properties representation. As a result, describe the representation of the geography elements and their relationships in urban non-motorized transportation network based on GML. The result in this paper promotes the organization, representation, integration, sharing and operation of urban transportation data, and has theoretic value for a high efficient transportation network system.

**Key words:** urban non-motorized transportation; Unified Modeling Language (UML); Geography Markup Language (GML); data modeling

## 0 引言

城市慢行交通模式在一般情况下是指出行速度不大于15 km/h的非机动车模式,既是城市居民进行各种社会和经济活动重要的出行方式,也是公共交通实现衔接和换乘的主要途径。城市慢行交通概念是相对于快速和高速的机动化交通而言的,亦称为非机动车(non-motorized transportation)<sup>[1]</sup>。目前,我国许多大城市的非机动车模式主要是步行和自行车。

慢行交通概念隐含了以人为本和可持续发展理念,其发展在提高短程出行效率、填补公交服务空白、促进交通可持续发展、保障居民出行便利等方面,具有机动化交通所无法替代的作用,可以与私人机动化交通和公共交通相互竞争、相互配合,共同构成城市的客运交通系统。在当前能源供应趋紧、城市交通拥堵和环境污染加剧的背景下,规划和建设高品质的慢行交通网络服务系统成为城市交通地理研究领域的热点内容之一。

收稿日期:2014-01-16

修回日期:2014-04-22

网络出版时间:2014-10-23

基金项目:2010年广州市科技计划项目(2010Y1-C041);2010年广东商学院校级科研项目(10BS41301)

作者简介:丘健妮(1978-),女,广东梅州人,工程师,研究方向为GIS建模与空间分析;陈少沛,博士,讲师,通讯作者,研究方向为GIS软件设计与空间分析能力。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141023.1052.016.html>

目前国内诸多学者对城市慢行交通系统的发展前景和意义,以及网络规划有着广泛研究<sup>[2-5]</sup>。但是,纵观现有城市交通地理数据建模的研究成果中,学者更为关注机动化交通网络的数据和关系建模与表达研究<sup>[6-7]</sup>,而面向慢行交通网络的城市交通网络数据和关系组织、表达和集成研究较为薄弱。由于现代化城市交通网络系统是一种多模式叠加和复合的空间网络服务系统,如果缺乏慢行交通网络的关系和结构支持,其连通性、衔接性评价和规划分析难以反映出真实的交通特性<sup>[8]</sup>。因此,讨论和研究面向城市慢行交通网络的数据集成建模和关系表达成为城市交通地理信息建模领域的一个重要研究课题,其中交通地理要素定义与性质描述以及要素间关系模型的研究是主要内容。交通网络地理要素定义与性质描述是关系模型构建的基础和前提。关系模型进一步提供地理要素的关系定义和表达机制。基于此,文中将结合统一建模语言(Unified Modeling Language, UML)<sup>[9]</sup>和地理标识语言(Geography Markup Language, GML)<sup>[10]</sup>建立一种城市慢行交通网络模型,实现一种交通地理要素定义和性质描述方法,提供城市慢行交通网络关系框架。

## 1 UML 与 GML3.0

### 1.1 统一建模语言(UML)

UML,即统一建模语言,是对象管理组织(Object Management Group,OMG)发布的面向对象可视化建模语言。在数据建模中,UML帮助设计者更为正确理解 and 描述数据集内容,以及掌握问题的复杂性和促进观念的交换和确认。UML作为可视化建模技术的工业标准语言,目前已被广泛应用在交通地理数据模型中,例如 NCHRP 20-27(3) MDLRS 数据模型<sup>[11]</sup>,ISO-GDF 数据模型<sup>[12]</sup>,NCHRP 20-27(2) 线性参考系统模型<sup>[13]</sup>和 GIS-T/ISTEA PFS 模型<sup>[13]</sup>等。UML的扩展机制包括构造型(stereotypes)、标记值(tagged values)和约束(constraints)。在空间数据建模中,UML的扩展机制被应用在对象类模型中用来定义和描述空间地理对象和时空特征。文中将探讨基于UML的交通信息建模中空间和时间语义扩展,以实现交通数据时空特征集成化表达。

### 1.2 地理标记语言(GML)

地理标记语言(GML)是 OGC(Open GIS Consortium)制定的一套基于 XML 的数据编码规则,主要用于地理信息的建模、传输和存储,被公认为地理信息系统(Geography Information System, GIS)数据共享和互操作的技术标准。GML 提供了基本的数据类型,标准的语法表达形式和一个创建及共享应用模式的机制,以实现不同系统中空间数据的互操作。GML3.0 规范基于

XML 表达方式定义了 32 个基本的模式(XML Schema)描述地理世界,其中包括要素模式(GML Feature)、几何模式(GML Geometry)、拓扑模式(GML Topology)、时间模式(GML Temporal Reference System)、定义模式(GML Definition)等,以及提供了一种简单的语义模型来描述对象和属性之间的关系。GML 作为一种 XML 形式的语言,定义了一系列地理信息的标签、结构、类型,利用 GML 的语义模型和模式组件,就可以定义针对某个具体应用的符合 OGC 标准的地理信息应用模式文档,构造出应用模式。

## 2 交通地理要素 GML 描述

城市交通网络模型的核心是地理要素,不仅具有空间、时态和属性三方面特征,还有面向交通规则定义的语义特征。交通地理要素多元特征使得城市慢行交通网络的数据建模成为一个庞大复杂的多样性问题<sup>[14]</sup>。因此,文中探讨一种基于 GML 的集成化、一致性的交通地理要素多元特征定义和性质描述方法。如图 1 所示,交通地理要素的属性(“是什么”)、空间(“在哪里”)、时间(“什么时候”)和语义(“交通规则”)特征不是被定义为独立的对象,而是描述为地理要素不可分割的一个组件。同时,不同组件被模块化,并封装在一个 UML schema 中。另外,引用 UML 的内置扩展机制实现时间、空间和时空语义的扩展,以可视化表达空间特征、属性特征、时间特征和(面向交通规则定义的)语义特征。

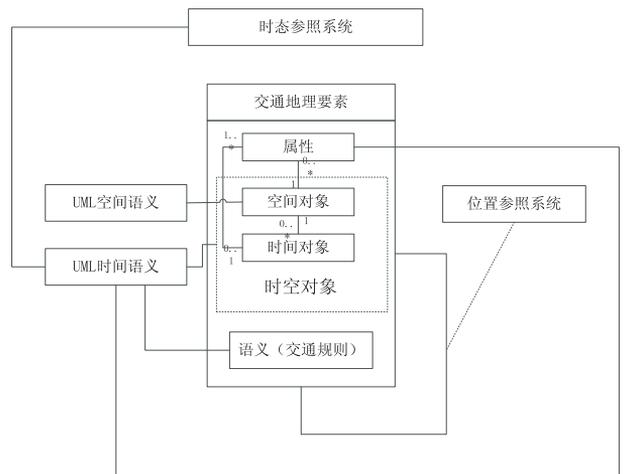


图 1 集成化交通地理要素 UML 图

集成化交通地理要素 UML 表达为 GML 描述提供清晰的关系、结构和语义支持。如图 2 所示,交通地理要素 GML 描述模型由基础模式和四个特征表达模型组成,包括要素模型、属性模型、几何模型和时态模型。基础模式提供 GML 的公共对象 gml:\_GML,即所有的 GML 对象都必须从 GML 的根类型演化而来,并服从 GML 的对象-属性模型。要素模型中的要素是现实世

界的对象或概念,为创建 GML 的交通地理要素和交通地理要素集提供了一个框架,并定义了抽象和具体的要素元素及类型,通过(include)元素引入了几何模型和时态模型中的定义和声明。与要素模型关联的属性(Value)模型、几何(Geometry)模型和时态(Timeobject)模型体现交通地理要素在位置、形状、时态、(交通)语义四方面的特征。交通地理要素的“位置”表征了地理对象的空间坐标或位置描述,通过 location 属性与描述空间位置的类相关联;交通地理要素的“形状”可以在一定程度上反映出地理对象的空间特征,通过 boundedBy 属性与描述空间几何形状类(Geometry)相关联。因此,几何(Geometry)模型详细描述了交通

地理要素的几何类型和拓扑属性。交通地理要素的“时态”特征表达地理对象在时间轴上的演变。时态模型通过时态模式(temporal schema)扩展了 GML 的核心元素,使其包括描述地理数据时态特征的元素,以提供一种框架用于描述动态要素的时间变化。

集成化交通地理要素多元特征 GML 描述不仅为交通地理要素提供通用性、一致性和可视化的定义和性质表达框架,而且不同组件的模块化,在实际应用中,用户能够选择必要的组件来使用,简化和缩小了数据模型的执行尺寸,避免了不必要的资源耗费,提高对复杂交通时空数据的建模效率。

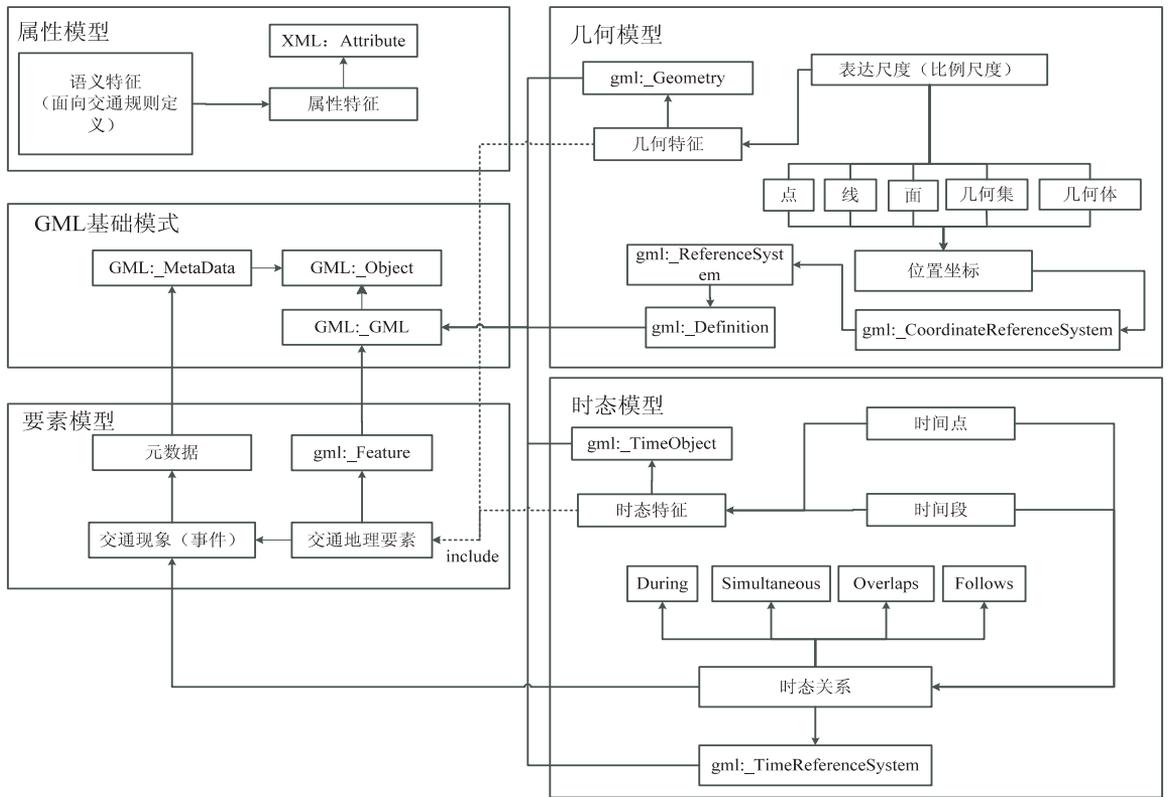


图 2 交通地理要素 GML 描述

### 3 城市慢行交通网络 GML 模型

交通地理要素 GML 描述模型提供一个面向交通领域的时空对象表达框架,实现通用性、一致性和模块化、集成化的交通地理要素定义和性质描述,使得复杂的交通网络建模可以专注于对象间关系表达和拓扑结构构建。因此,在交通地理要素 GML 描述模型基础上,笔者在建立慢行交通网络的对象关系模型基础上,进一步确定交通地理要素之间的空间关系、几何关系和面向交通规则定义的交通关系(语义关系),然后根据需要,选取 GML 相应的模式(Schema),对于其中的抽象类型定义给予实际的具体定义,最后依据 GML Schema 的语法规则,将其组合成 GML 面向城市慢行

交通网络的应用模式(ApplicationSchema),建立城市慢行交通网络 GML 模型。

#### 3.1 UML 逻辑关系模型

文中探讨的城市交通慢行交通网络模型是基于我国主要城市的慢行交通特征,主要包括步行网络和自行车网络的建模。城市慢行交通网络模型可以抽象为由不同性质的链接和节点组成,其主要地理要素包括步行路径、步行路径节点、自行车径、自行车径节点、自行车停放(租借)点等。另外,交通地理要素的多元特征决定了各要素间存在着复杂多样的关联性,包括了几何关系、空间关系、时态关系和面向交通(规则)定义的交通关系(语义关系)。步行路径是具有多态性质的链接,其定义覆盖了人行道、斑马线、人行天桥和

地下人行通道等步行设施。步行路径节点表达了这些不同性质的步行路径的连接点。自行车径描述城市中由交通规则定义的自行车专用道、各种自行车通行设施(如天桥、地下通道设置的自行车无障碍设施或自行车与轨道及公交站点的接驳场站和通道设施)等不同性质的链接。自行车径节点表示这些不同性质的自行车径的连接点,并与自行车径链接构成一个连续和完整的自行车径网络。“自行车停放(租借)点”表达城市交通网络中的自行车停放或租借设施,在空间关系上连接着自行车径和步行路径。因此,“自行车停放(租借)点”作为自行车径网络的特殊节点,在语义关系(交通关系)上表达了城市慢行交通网络中步行

路径网络和自行车径网络的连接点。此外,城市慢行交通网络中的步行路径网络的连通性具有特殊性,体现在步行路径的双向特性和步行路径节点并没有严格的转向限制,只有在特殊情况下,步行路径及其节点存在面向交通规则定义的语义关系,例如步行路径被人为限制为单向通行。

基于以上的城市慢行交通网络的地理对象和关系概念的分析,图 3 显示了一个基于 UML 的城市慢行交通网络逻辑关系模型。UML 逻辑关系模型将地理要素和关系概念转化成对象模型,有利于将特定的 UML 结构替换成和 GML 一致的结构。

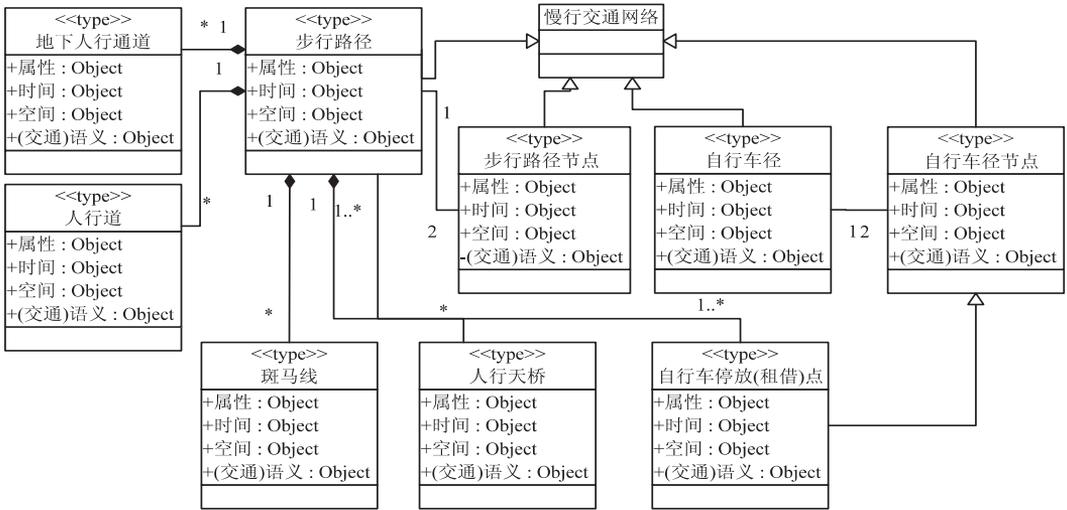


图 3 慢行交通网络 UML 逻辑关系模型

### 3.2 基于 GML 的城市慢行交通网络模型

通过构建 GML 友好的 UML 逻辑关系模型,城市慢行交通网络的地理要素和关系概念被重新解释成 GML 模式。首先,UML 对象类被映射为相应的 GML 类(包括 BasicTypes, FeatureTypes 和 Enumeration)。下一步是将 UML 对象属性(attribute)和关联被映射为 GML 类属性(property),UML 对象属性名称是 GML 类属性名称或和目标对象关联的规则名称。最后是将 UML 逻辑关系模型表示的主要逻辑实体(对象)和它们之间的关联的拓扑基元提取出来进行编码,拓扑中内嵌几何属性、时空属性和语义属性,然后在 GML 要素模型中引用拓扑元素。因此,城市慢行交通网络 GML 模型可以由五个模式层组成,如图 4 所示。

(4) GeometryTopology.xsd 定义了交通地理要素所需要的集合及其拓扑属性;

(5) TransportObject.xsd 定义了交通地理要素和要素集合。

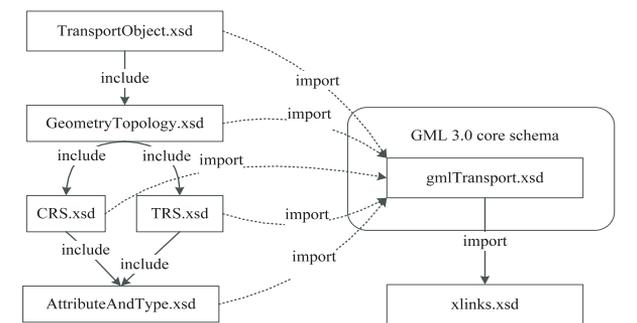


图 4 城市慢行交通网络 GML 模型的模式结构图

城市慢行交通网络 GML 模型中,交通地理要素的几何和拓扑关系的定义参照 UML 逻辑关系模型的对象概念和关系模式,步行网络和自行车径网络共享统一的几何和拓扑关系参照,实现一致性的交通地理要素几何和拓扑关系的更新。模型中所有的交通链接和节点被单独定义和描述,为相关交通地理要素提供统一几何和拓扑属性参照。在定义交通地理要素的几何

(1) AttributeAndType.xsd 包括合法的交通对象属性和基本类型;

(2) CRS.xsd 定义了几何对象位置和坐标信息,以及模型中使用的坐标参照系统(Coordinate Reference System, CRS);

(3) TRS.xsd 定义了交通地理要素的时态属性和时态参照系统(Temporal Reference System, TRS);

和拓扑关系时,使用 ( coordinates ) 元素将交通链接 TransportLink 和交通节点 TransportNode 的坐标分别编码。TransportLink 和 TransportNode 的拓扑属性参照以定义的统一的几何和拓扑类型。在城市慢行交通网络 GML 模型中,具有特殊性质的节点 ( SpecialNode ), 如自行车停放点等的位置使用线性参考方法沿 TransportLink 测量决定。测量值用 </position> 元素编码,并应用一个已定义几何和拓扑模式参照测量值和相应的 TransportLink。拓扑关系将 SpecialNode 的拓扑属性参照统一的拓扑类型来定义。TransportLink 的几何关系也用拓扑方式来定义,参照组成路段的 SpecialNodes 和 TransportNodes。采用这种方法,交通地理要素是几何关系更新的基础;其他层的要素通过要素间的几何和拓扑关系定义和描述实现一致性更新。

#### 4 结束语

城市慢行交通网络数据建模涉及两个主要问题:交通地理要素的定义与性质描述和交通地理要素间的关系构建。两者具有紧密的层次关联关系。交通网络地理要素定义与性质描述是关系构建的基础和前提。关系模型进一步提供地理要素的关系定义和表达机制。文中结合统一建模语言 ( UML ) 和地理标识语言 ( GML ), 建立一种面向城市慢行交通网络的数据模型,并提出一种一致性的交通地理要素定义和性质描述方法,进一步实现城市慢行交通网络要素间关系模型的构建。这有利于城市交通地理数据的组织、表达、集成、共享和操作,促进多模式城市规划水平。

#### 参考文献:

[1] 熊文. 城市慢行交通规划: 基于人的空间研究 [D]. 上海: 同济大学, 2008.

(上接第 47 页)

- 速数值计算方法 [J]. 计算机工程与设计, 2013, 34 (9): 3119-3123.
- [8] 石成英, 张利民, 陈登科. 基于 VC++ 与 Matlab 联合编程的测量系统软件开发研究 [J]. 计算机与数字工程, 2013, 41 (9): 1535-1537.
- [9] 陈华杰, 史俊峰, 林岳松. 基于 COM 的 VC/Matlab 混合编程及其在 SAR 图像分类中的应用 [J]. 机电工程, 2011, 28 (11): 1377-1381.
- [10] 陈庭, 余顺, 李志明. VC++ 与 MATLAB 在数控自动编程系统中的应用 [J]. 湖北工业大学学报, 2005, 20 (3): 118-119.
- [11] 郭虹, 薄云飞, 林冬. VC++ 与 MATLAB 混合编程技术研究 [J]. 计算机工程, 2002, 28 (9): 269-271.
- [12] 杨文臣, 张轮, 何兆成, 等. Matlab 与 VC++ 混合编程及其

- [2] 宋佳, 诸云强, 王卷乐, 等. 基于 GML 的时空地理本体模型构建及应用研究 [J]. 地球信息科学, 2009, 11 (4): 442-451.
- [3] 潘媛媛, 潘荣武. GML3.0 在空间数据建模中的应用 [J]. 武汉理工大学学报: 信息与管理工程版, 2006, 28 (12): 34-37.
- [4] 张峰, 崔晓健, 王伟, 等. 基于 GML 的地理空间数据交换技术研究 [J]. 地理空间信息, 2009, 7 (1): 78-81.
- [5] 蒋林岑, 季一木. 物联网业务模型描述语言的研究与设计 [J]. 计算机技术与发展, 2012, 22 (2): 249-252.
- [6] 兰小机, 闫国年, 张书亮, 等. GML3.0 在城市道路网络建模中的应用研究 [J]. 计算机应用研究, 2005, 22 (8): 27-29.
- [7] 焦东来, 张书亮, 闫国年, 等. 基于 GML 的市政道路管理模型 [J]. 计算机工程, 2009, 35 (16): 32-34.
- [8] 杨林, 左泽均, 李振栋. 多模式复合交通网络的拓扑一致性处理 [J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2010, 35 (3): 397-402.
- [9] Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I. UML 用户指南 [M]. 邵维忠, 麻志毅, 张文娟, 等, 译. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [10] OGC. OpenGIS geography markup language implementation specification [M]. [s. l.]: OGC, 2003.
- [11] Koncz N, Adam T M. A data model for multi-dimensional transportation location referencing systems [J]. URISA Journal, 2002, 14 (2): 27-41.
- [12] International Organization for Standardization (ISO). Intelligent transport systems - Geographic Data Files (GDF) - Overall Data Specification [S]. 2004.
- [13] Chen S. Multi-scale and multi-modal GIS-T data model: a case study of the city of Guangzhou, China [D]. Brest: Naval Academy Research Institute, 2008.
- [14] Chen Shaopei, Tan Jianjun, Claraumnt C, et al. Multi-scale and multi-modal transport data model [J]. Journal of Transport Geography, 2011, 19 (1): 147-161.

在交通信号两级模糊控制中的应用 [J]. 公路交通科技, 2012, 29 (9): 123-128.

- [13] Shao Renping, Huang Xinna, Li Yonglong. Feature extraction and diagnosis system using virtual instrument based on CI [J]. Journal of Software Engineering and Applications, 2010, 3 (2): 177-184.
- [14] Easterling M R, Evans M V, Kenyon E M. Comparative analysis of software for physiologically based pharmacokinetic modeling: simulation, optimization, and sensitivity analysis [J]. Toxicology Mechanisms and Methods, 2008, 10 (3): 203-229.
- [15] Gokhan F S, Yilmaz G. Solution of Raman fiber amplifier equations using MATLAB BVP solvers [J]. COMPEL: the International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, 2011, 30 (2): 398-411.

# 城市慢行交通网络数据建模研究

作者: 丘健妮, 陈少沛, QIU Jian-ni, CHEN Shao-pei

作者单位: 丘健妮, QIU Jian-ni(广州地理研究所, 广东 广州, 510070), 陈少沛, CHEN Shao-pei(广东财经大学 公共管理学院, 广东 广州, 510320)

刊名: 计算机技术与发展 

英文刊名: Computer Technology and Development

年, 卷(期): 2014(12)

引用本文格式: 丘健妮, 陈少沛, QIU Jian-ni, CHEN Shao-pei 城市慢行交通网络数据建模研究[期刊论文]-计算机技术与发展 2014(12)