

文章编号: 1002-0268 (2004) 06-0109-04

高空间分辨率卫星遥感数据在城市 交通规划中的应用研究

戚浩平¹, 王 炜¹, 田庆久²

(1. 东南大学交通学院, 江苏 南京 210096

2. 南京大学国际地球系统科学研究所, 江苏 南京 210093)

摘要: 高分辨率卫星遥感数据的出现和商业化, 使利用遥感数据在大比例尺度上研究城市交通规划成为可能。本文在分析高空间分辨率卫星遥感技术及其数据特点的基础上, 提出了其在城市交通规划中的应用技术方案和应解决的关键技术途径, 并展望分析了高分辨率卫星遥感数据在数字交通建设、城市土地利用/土地覆盖调查、交通设施调查等方面应用优势和潜力。

关键词: 高分辨率; 遥感; 交通规划

中图分类号: U491.12

文献标识码: A

Study on Application of High Resolution Remote Sensing Data in Urban Traffic Plan

Qi Hao-ping¹, WANG Wei¹, TIAN Qing-jiu²

(1. Transportation College, Southeast University, Jiangsu Nanjing 210096, China

2. International Institute for Earth System Science, Nanjing University, Jiangsu Nanjing 210093, China)

Abstract: The development and commercialization of high resolution remote sensing data make it possible to utilize the RS data for re-searching large scale urban traffic plan. This paper presents the technological scheme of utilizing high resolution remote sensing in urban traffic planning based on analysis of its data characteristics. Furthermore, the paper discusses the advantage and potentiality of the utilization of high resolution remote sensing data in digital traffic construction, urban LUCC investigation, traffic facility investigation and other fields.

Key words: High resolution; Remote sensing; Traffic plan

0 前言

当今城市化进程加快, 城市高速发展, 要求城市道路网络应与城市的现代化相匹配。如何利用有限的土地资源, 实现城市交通网络的合理布局, 优化网络结构, 使交通网络能充分、高效地发挥作用, 显得非常重要。做出一个好的城市交通规划方案的前提是对城市交通现状的准确把握和对未来交通需求的可靠预测。传统的交通调查方法往往耗时费力, 而且误差较大。随着空间科技的发展, 遥感技术已成为当前

人类研究地球资源的一种有力技术手段^[1]。遥感技术在交通领域的应用目前被称为 RS-T (Remote Sensing on Transportation), 作为一个较新的研究领域而充满活力, 特别是随着高空间分辨率卫星数据的商业化应用, 该研究领域具有了更为广阔的发展前景。在文献^[2]中, 给出了一些城市和工程应用对遥感图像空间、时间和辐射分辨率的要求, 表 1 是摘录的部分与交通调查有关的数据。本文就高空间分辨率卫星遥感数据的特点及其在城市交通规划中的应用进行了探讨, 提出了高空间分辨率卫星遥感数据交通应用技术方案。

收稿日期: 2004-01-25

作者简介: 戚浩平 (1967—), 男, 江苏溧阳人, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向为遥感技术及其在交通领域中的应用。

表 1 城市/郊区有关应用对遥感影像分辨率的要求

应用	最低分辨率要求		
	时间/a	空间/m	光谱
土地利用/土地覆盖			
美国地调局第Ⅰ级	5~10	20~100	可见光-近红外-中红外-雷达
美国地调局第Ⅱ级	5~10	5~20	可见光-近红外-中红外-雷达
美国地调局第Ⅲ级	3~5	1~5	全色-可见光-近红外-中红外
美国地调局第Ⅳ级	1~3	0.25~1	全色
建筑物与房地产设施			
建筑物周长、面积、高度和地籍信息	1~5	0.25~1	全色-可见光
交通设施			
道路中线概略确定	1~5	1~30	全色-可见光-近红外
道路宽度精确确定	1~2	0.25~0.5	全色-可见光
交通计数研究	5~10/min	0.25~0.5	全色-可见光
停车研究	10~60/min	0.25~0.5	全色-可见光
社会经济特征			
局部人口估计	5~7	0.25~5	全色-可见光-近红外
区域/国家人口估计	5~15	5~20	全色-可见光-近红外
生活质量指标	5~10	0.25~30	全色-可见光-近红外

表 2 高分辨率卫星遥感数据的相关参数

数据	QuickBird	IKONOS	SPOT-5	IRS-1C	SPIN2
传感器	QBM/QBP	SI	HRG/HRV VEGETATION	LISS	RKV-1000 相机 TK350 相机
成像方式	推扫	推扫	侧摆/前、后视	凝视阵列	
光谱	全色/多光谱	全色/多光谱	全色/多光谱	全色/多光谱	
空间分辨率/m	全色: 0.61~0.72 多光谱: 2.44~2.88	全色: 1 多光谱: 4	全色: 2.5, 5 多光谱: 10	全色: 3 多光谱: 15	RKV-1000: 2 TK350: 10
成像波段/ μm	全色: 0.45~0.9 蓝: 0.45~0.52 绿: 0.52~0.6 红: 0.63~0.69 近红外: 0.76~0.9	全色: 0.45~0.9 蓝: 0.45~0.53 绿: 0.52~0.61 红: 0.64~0.72 近红外: 0.77~0.9	全色: 0.49~0.69 蓝: 0.43~0.47 绿: 0.50~0.59 红: 0.61~0.68 近红外: 0.79~0.89	全色: 0.45~0.8 蓝: 0.45~0.52 绿: 0.52~0.59 红: 0.62~0.68 近红外: 0.79~0.89	
成像幅宽/km	16.5×16.5	11×11	60×60	全色: 6×6 多光谱: 30×30	RKV-1000: 40×180 TK350: 200×300
覆盖周期/d	1~3.5	1~3	1~5	1.5~2.5	
轨道高度/km	450	681	832	470	150~220

1.2 高空间分辨率卫星遥感数据的特点

(1) 一星多传感器，既提供高几何分辨率的全色波段，又提供多光谱数据。随着成像光谱波段的变窄，单色波段的光谱分辨率增加，使得利用光谱空间特征来区分和判定地物类别的精度提高。

(2) 已能满足大比例尺专题图制作的需求

以专题制图图上 0.2mm 作为适宜专题制图遥感像元空间分辨率的限定，0.61~2.5m 的高空间分辨率数据已可用于制作和更新 1:10 000 至 1:3 000 甚至更大比例尺的地形图。这些数据都有立体像对产品，可同时获得 DEM，其正射影像也将是相应比例尺的国家数字影像库的最经济、最快速、最实用的数据源。

1 高空间分辨率卫星遥感数据特点

高空间分辨率卫星数据通常是指像素的空间分辨率在 10m 以内的全色或多光谱卫星遥感数据^[3]，它的出现不仅为遥感应用提供了新的数据源，也为遥感工程化应用开创了美好的前景。早期高空间分辨率传感器的研制与应用主要在军事领域，以大比例尺遥感制图和对地物的分析和人类活动的监测为目的，20 世纪 90 年代以后逐渐进入商业和民用领域。目前，应用比较广泛的高空间分辨率数据主要有 QuickBird、IKONOS、SPOT-5、SPIN2、IRS-1C 等，它们已经被广泛应用于国土、规划、测绘、遥感、军事、水利、电力、通讯、环保、农林等领域，在交通领域的应用也越来越深入。

1.1 高空间分辨率卫星遥感数据的相关参数(见表 2)

对照表 1 和表 2 可以看出，高空间分辨率卫星遥感数据已基本满足城市/郊区有关应用对遥感影像分辨率的要求。

(3) 时效性强

同地区成像时间周期显著缩短，平均覆盖周期为 1~3d，使得数据更新的速度很快。对于高空间分辨率数据，其解决方案也与以前的中、低分辨率数据的解决方案不同，数据处理的周期大大缩短。所以高分辨率数据完全可以满足有关部门对“动态监测”的时效性要求。

(4) 数据应用从宏观到微观、从定性到定量

过去中、低分辨率数据主要应用于宏观领域，进行定性分析，形成物理模型，现在的高空间分辨率数据完全可应用于微观领域，进行量化分析，最后形成地理模型。中、低分辨率数据更多是进行研究型应用，高空间分辨率数据已可基本实现工程化应用。

(5) 信息丰富、数据量大

高空间分辨率数据包含了精确的地理信息和高精度的地形信息, 高空间分辨率数据所含数据量是相同面积中、低分辨率数据的 100 倍以上。例如: 一幅地面覆盖面积为 $11.7\text{km} \times 7.9\text{km}$ 的全色波段 IKONOS 影像的数据量可达 80MB, 而相同覆盖面积的多波段影像高达 250MB^[3], 整景影像的数据量更高达 2GB^[4]。用全色高空间分辨率数据与多光谱数据融合生成的彩色数据, 可以对城市概貌进行详尽准确的解译, 用以辅助城市规划, 并作为基础地理信息与城市 GIS 集成。

(6) 高空间分辨率卫星影像上地物的几何结构和纹理信息更加明显, 可以从中获取更多的关于地物结构、形状和纹理方面的信息。

2 高空间分辨率卫星遥感数据在城市交通规划领域的应用潜力分析

城市交通规划的主体内容可以概括为 7 个阶段: 总体设计→交通调查及分析→交通需求发展预测→规划方案设计→规划方案评价→信息反馈与方案调整→方案实施计划制定。交通规划所需的基础信息包括社会经济及人口、就业及就学岗位、土地利用现状、交通工具、道路及交通量现状、居民及流动人口出行、城市出入口机动车流向、城市道路交通量、公共交通线路运行现状等, 这些信息的获取均是通过交通调查来完成的。在城市交通规划的 7 个阶段中, 交通需求发展预测在交通规划中占居着核心地位, 但是交通调查、方案设计都与交通预测几乎占用相同的时间精力, 尤其是大量的交通调查及调查数据的统计处理耗费大量人力、物力, 并且常常因为其时间较长而影响交通规划的时效性。高空间分辨率卫星遥感技术为交通调查提供了一种快捷、高效的方法, 在城市交通规划、土地利用现状调查、道路交通设施调查等方面有着显著的优势。

2.1 城市土地利用现状调查

土地利用-交通规划一体化模式, 是区别于过去的先用地规划, 后交通规划模式的一种新的交通规划模式, 在该模式中土地利用规划与交通规划同时进行, 对交通调查这一程序给予了相应简化, 重点调查城市土地利用现状, 在此基础上进行城市土地规划与交通需求预测, 现在已有许多土地与交通需求预测关系模型。如基于 Lowry 理论模型的 ITLUP (Integrated transportation land use package, ITLUP), 基于数学规划法的 POLIS 模型、基于空间投入产出理论的 MWPLAN 模型和基于城市经济学方法的芝加哥模型, 等等。

城市土地利用对交通的影响主要有用地性质、用地规模、用地强度、用地布局、城市用地定额等 5 个方面。不同性质的土地使用, 可产生或吸引不同性质的交通; 土地利用规划的大小直接影响城市交通生成的大小和不同交通方式间的比例; 同类性质, 同样大小的用地, 如果容积率不一样, 对交通生成的影响也不一样; 合理的规划和用地布局是控制交通需求, 减轻城市交通压力的有效手段; 城市用地定额指标的多少直接影响着交通结构、交通方式。

在目前的遥感分类应用中, 较多是采用传统的模式识别分类方法, 但遥感信息处理与分析技术的飞速发展, 大量遥感分类的新理论和新方法相继涌现, 如人工神经网络方法、模糊数学方法、决策树分类法、专家系统方法、基于小波变换的分类方法, 等等。利用高空间分辨率数据的纹理特征来量化空间变异和光谱数据一起进行分类, 采取多种措施去除或减少地块内空间变异, 如低通滤波, 或是采用地块替代像元为分类单元进行分类, 可以提高分类精度, 增加分类级别, 满足交通规划的需要。另一方面, 高空间分辨率卫星影像中的阴影提供了建筑物的高度信息^[5,6], 为建筑密度、容积率的统计提供了新的途径。土地分类结果不仅可用于交通需求预测, 还可用于人口密度推算^[7], 为交通规划提供资料。

2.2 道路交通设施调查

城市道路交通设施调查的内容包括各道路路段的等级、路网结构信息、机动车道及非机动车道路路面几何尺寸、机非分隔方式、长度、坡度、交通管理方式、交叉口类型、交叉口形式、交叉口坐标、交叉口控制方式、停车场的位置、形式和停车容量等。在高分辨率卫星影像上, 这些信息清晰可辨, 采集方便。同时, 在高分辨率卫星影像上, 地物的线性形状特征信息丰富, 运用滤波等技术, 结合影像的纹理特征, 突出地物的边界特征, 通过边缘检测与跟踪处理, 最后得到描述地物线性特征的矢量图层, 随着高分辨率数据应用研究的深入, 线性特征检测与识别的自动化程度将越来越高, 将对提取道路网结构信息、几何尺寸等工作带来方便。根据提取线性地物 (主要指道路) 的自动化程度, 道路提取分为全自动和半自动两种方式。目前半自动提取更具有实用性, 有的方法已具备了一定的实用性^[8,9], 但还应该充分利用计算机视觉、人工智能、模式识别、数学等领域的知识和方法进行深入研究, 向实用化的自动提取过渡。

2.3 数字交通

利用高分辨率卫星遥感数据, 可以快速生成

DEM, 形成三维立体, 与 GIS 技术和 GPS 技术相结合, 实现数字化公路选线、坡度、坡向计算、工程量计算、动拆迁量计算; 利用直观的三维地形、地貌, 实现三维景观化设计。利用高分辨率卫星遥感影像上丰富的光谱特性, 可以分析解译出线路沿线的工程地质状况, 为线路选线提供资料^[10]。

3 高空间分辨率卫星遥感数据交通规划应用技术方案

3.1 技术方案

高空间分辨率卫星遥感数据在城市交通规划中的应用, 要根据高分辨率卫星遥感数据的特点, 采用新的技术方案。对高分辨率卫星遥感数据的处理, 应建立起图像数据与目标特性之间的物理与机理联系, 而不仅仅是统计联系。图 1 是高空间分辨率卫星遥感数据在交通规划中应用的技术方案。

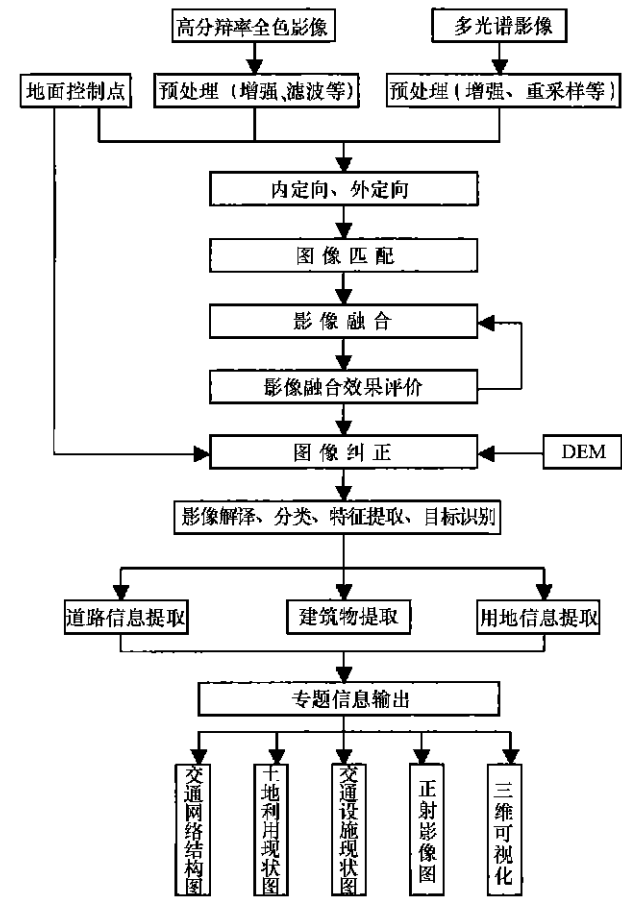


图 1 高空间分辨率卫星遥感数据在交通规划中应用的技术方案

3.2 关键技术分解

上述技术方案中的关键技术主要表现在影像融合、几何纠正和信息提取等以下几个方面。

(1) 影像融合技术

要将遥感数据变为可以应用的信息, 需对不同空间分辨率、不同光谱分辨率、不同时间分辨率的多源影像进行融合处理, 包括像素层、特征层、决策层的融合。高分辨率卫星遥感影像, 其地物景观的结构、形状、纹理和细节等信息非常突出, 但其光谱分辨率往往并不高, 而多光谱数据和高光谱数据具有丰富的地物类别色差, 容易判别宏观地类分布, 但其判别精度却不高, 通过一定的数据融合手段, 可以得到空间分辨率较高的多光谱数据。融合过程中, 保证高分辨率信息损失最小, 不使边界发虚, 不使几何结构信息丢失, 是保证融合质量的关键。

(2) 几何纠正技术

数据融合的基础是不同片种之间的几何精确纠正和正射处理, 而相应的高分辨率影像并没有相应的正射纠正模型来完成这一处理。对于高分辨率影像在城市中的应用而言, 由于城市往往高楼林立, 影像阴影多, 非正射现象明显, 目前尚没有成熟的办法来去除阴影和进行正射校正, 所以高精度的几何纠正将是高分辨率卫星影像广泛应用的关键。

(3) 信息提取与分析技术

遥感信息提取是遥感应用的关键问题, 它包括遥感数据的自动分类、智能化处理、特征提取和专题信息提取等技术。基于传统的统计学而开发的遥感图像处理软件, 自动分类精度尚满足不了实际的需要, 需吸收模式识别、人工智能、专家系统等信息领域的先进技术。传统的遥感图像分类是基于像元的光谱值特征, 针对高分辨率遥感影像的特点, 应采用一种新的遥感分类技术, 正在兴起的是面向对象的遥感影像分析技术, 其基本原理是根据地物的形状、颜色、纹理等特征, 把具有相同特征的像素组成一个对象, 然后根据每一个对象的特征进行分类。分类标准的建立、光谱特征、形状特征、纹理特征的定义及各自的权重关系的确定, 是提高分类精度的关键。

4 结语

高分辨率卫星遥感以宏观、快速、动态、直观和三维可视化的独特优势, 为城市交通规划提供了崭新的高技术途径, 将其与传统城市交通规划手段相结合必将对城市交通的建设和发展起到积极的推动作用。利用高分辨率遥感技术进行城市交通规划是遥感信息工程与应用领域中的重要研究课题, 因此探索研究相应的高分辨率遥感信息的处理、分析、解译与制图等关键技术是极其必要的。高分辨率遥感与 GIS、GPS 和网络技术的进一步结合, 可以推(下转第120页)

- (1) 在国家项目山峡库区蓄水初勘公路病害防治对策研究中, 通过本系统完成库区蓄水公路地质灾害点采集工作, 它促进项目快速推进;
- (2) 应用本系统实现了重庆市主城区新修道路的数据采集与地图更新;
- (3) 根据系统的设计目标, 应用本系统建立重庆市勘测院车辆管理体系。后勤办通过该系统调度指挥生产用车与经营用车。

4 展望

车载 GPS 监控调度系统已成功应用生产与管理中, 现已结合数字重庆网站建设, 利用 WebGIS 技术, 向社会提供动态 GPS 服务。随着通信技术的发

展特别是 CDMA 和 GPRS 的推广应用, 我们将针对车载 GPS 监控调度系统做更深入的研究和更完备的功能开发, 提供更多更全面的服务, 充分发挥 GPS 给人类工作和生活带来的效益, 让 GPS 技术在社会中应用更加普及。

参考文献:

[1] 重庆市地理信息中心. 车载 GPS 监控调度系统设计方案 [D] . 重庆: 重庆市地理信息中心, 2002.

[2] 刘基余, 等. 全球定位系统原理及其应用 [M] . 北京: 测绘出版社, 1993.

[3] 中国移动通信集团公司. 中国移动通信互联网短信网关接口协议 (V2.0) [S] . 北京: 中国移动通信集团公司, 2002.

(上接第 112 页)

动和实现城市交通规划的信息化、数字化、智能化和产业化, 因而具有广阔的发展前景。

参考文献:

[1] 杨存建, 周成虎. 基于知识的遥感图像分类方法的探讨 [J] . 地理学与国土研究, 2001, 17 (1) .

[2] J R Jensen, et al. Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and Socio-Economic Attributes [J] . Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1999, 65 (5) .

[3] 适普软件有限公司. 高分辨率卫星遥感影像的处理和信息提取技术 [C] . 适普快讯, 2003.

[4] 燕琴, 张继贤, 孙晓霞. IKONOS 数据在土地利用动态监测中的

应用方法研究 [J] . 测绘科学, 2002, 27 (2) .

[5] 许妙忠, 余志惠. 高分辨率卫星影像中阴影的自动提取与处理 [J] . 测绘信息与工程, 2003, 28 (1) .

[6] 董玉森, 詹云军, 杨树文. 利用高分辨率遥感图像阴影信息提取建筑物高度 [J] . 咸宁师专学报, 2002, 22 (3) .

[7] 金君, 印洁, 李成名, 林宗坚. 人口密度推求的技术方法研究 [J] . 测绘通报, 2002 (5) .

[8] 傅勇, 秦志远, 龚箐箐. 遥感影像上线状目标自动提取研究现状与思考 [J] . 大地测量与地球动力学, 2002, 22 (2) .

[9] 程承旗, 马廷. 高分辨率卫星影像上地物线性特征的自动识别 [J] . 遥感学报, 2003, 7 (1) .

[10] 戚浩平, 王伟, 杨金中, 王辉光. 基于遥感技术的公路工程地质分析 [J] . 测绘工程, 2004 (2) .