

遥感技术在城市环境与生态研究中的应用

左 冕^{1,2}, 马永俊³

(1. 北京林业大学 林学院, 北京 100083; 2. 中国计量学院 艺术设计学院, 浙江 杭州 310018; 3. 浙江师范大学 旅游学院, 浙江 金华 321004)

摘 要: 论述了遥感技术在城市环境调查监测和生态研究中的应用现状, 指出存在的问题, 提出了加强城市生态环境理论研究和建设数字化城市管理信息系统的建议。

关键词: 遥感技术; 环境生态研究; 应用; 城市
中图分类号: S 127; X 171.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0009(2009)01-0223-04

遥感(Remote Sensing)是指利用某种传感器装置不接触被测物体来获取地表的信息, 通过数据的传输和处理实现研究地面物体形状、大小、位置、性质及环境相互关系的一门现代化应用技术科学^[1]。遥感在数据采集方面具有传统技术无法比拟的优点, 它的发展影响甚至改变了地理学、生态学等多个学科的传统研究方法。随着遥感技术的日益成熟, 其主要应用领域也由传统的测绘、资源调查等向城市信息调查管理、环境监测等方面加速拓展。

现代城市是一个快速发展的开放系统, 要对其实施合理的规划、建设和管理就必须及时掌握和全面分析发展进程中的变化和新信息。遥感技术可以快速、准确地获取城市自然、人造环境的有关信息, 既有宏观的城市全貌和综合数据, 又有一屋一桥等城市微观图像和数据, 能高效、实时地为城市环境研究和管理建设提供多方面的基础信息与分析资料。

1 遥感在城市环境调查监测中的应用

1.1 城市热岛效应调查

城市热岛是指城市地区整体或局部温度高于周围郊区或乡村地区, 温度较高的城市地区被气温相对较低的郊区或乡村所包围的现象^[2]。城市热岛效应引起的高温不仅严重威胁着人类健康, 而且会导致城乡之间的气压差引起城乡空气环流加重城市大气污染^[3]。多年气象数据资料仅是设置在某些固定位置、单元的观测记录, 难以详尽、全面地反映全市区热特征的空间分布。而利用热红外遥感技术测定地物的辐射温度, 如 Landsat-TM6 波段等可以在短时间内获得城市下垫面瞬间的温度场图像, 使人们可以用视觉来研究那些看不见的热污染现象。随着地物温度的升高, 其热辐射功率也随之增大, TM6 数据的灰度值也相应增高。因此, 以 TM6

这一特点为基础, 通过 IHS 彩色变换等处理, 可以快速而全面展示城市热量空间分布状况。

肖胜等(2002)利用卫星遥感资料为数据源, 以地理信息系统为分析平台分析了厦门市热岛效益分布, 并对其影响因子作了相关性研究, 得出热岛效益与植被覆盖的关系, 从而对应布置绿地的结构和分布; 周红妹等(2001, 2002)以遥感、土地利用、气象以及绿地统计资料为主要信息源, 利用 GIS 空间分析技术, 对 2000 年以来上海中心城区热岛效应与绿地分布状况进行动态监测和综合评估。田平等^[3]通过对杭州市区 ETM+ 遥感影像数据的处理, 提取该区域地表亮温和 NDVI 数据, 经研究得出了杭州市区热岛强度和 NDVI 之间的定量关系模型, 反映了该区域热岛效应和植被覆盖指数的关系, 为杭州市城市规划、绿地规划等提供了理论依据。葛伟强等(2006)以气象卫星和资源卫星遥感资料为主要信息源, 结合气象、绿地观测等相关资料, 采用星、地同步或准同步观测的点面结合方法, 通过研制 GIS 多要素空间分析模式, 对近年来上海城市“热岛、绿岛”分布以及相关关系、作用效果进行综合分析, 进而揭示了城市绿地对城市气温的调节作用和影响效果。韩素芹等(2006)利用天津市 1964~2003 年城郊气温, 1993 年 6 月 15 日和 2001 年 5 月 12 日不同时间陆地卫星遥感资料分析了天津市热岛演变特征, 并对热岛变化规律的成因进行了初步分析。热红外遥感资料可为城市热环境质量评价和热源调查提供准确、丰富的信息, 作为常规监测方法的补充具有较好的应用价值和推广前景。

1.2 大气环境调查监测

城市大气污染物的主要来源是固定工业排放源排出的烟尘、机动车尾气和裸土地面、建筑工地、建材堆场等的扬尘及人流车流等引起的再次扬尘。常规的大气环境质量评价是在典型区布点采样, 在室内分析大气中污染物的含量来评价大气环境质量。这种评价方法用少量点的监测数据来评价全区, 代表性和可靠性均有一定的局限性。而通过遥感手段能直接或间接调查产生

第一作者简介: 左冕(1981-), 男, 江西永新人, 硕士, 讲师, 在读博士, 主要研究方向为环境生态规划。
收稿日期: 2008-10-25

大气污染的污染物质发生源的分布、污染源周围的扩散条件、污染物的扩散影响范围等。例如通过遥感影像可以直接统计出研究区所有锅炉、烟囱的分布、数量、类型和道路上汽车的数量、类型,求出其与烟尘、废气排放量之间的相关系数,考虑城市气象、地形、风速、风向、绿化等多方面因素,并结合实地观测数据,则可对城市大气污染程度进行测定。

间接解译通常是用植物对有害气体的敏感性来推断城市大气污染的程度和性质。生长正常的植物叶片对红外线反射强,因此在彩色红外像片上色泽鲜艳、明亮。植物受污染后叶片内叶绿素含量、细胞结构及水分含量发生相应变化导致叶片光谱反射特征发生变化,反映在彩色红外像片上颜色发暗。植被受轻度污染的情形并不容易被肉眼察觉,但在遥感图像上灰度的差异表现较为明显。基于植被分布的广泛性和对酸沉降污染的指示性,在GIS中应用相应的空间分析与评价模块进行数据处理和分析就能对城市大气污染做出较为客观、可靠的判断。

1.3 水体污染监测

城市水污染主要是由于工业、生活废水排入城市周围的水体,使水质发生变化而造成。由于溶解或悬浮于水中的污染物种类、浓度不同,使水体颜色、密度、透明度和温度等产生差异,导致了水体反射波谱能量的变化,在遥感图像上反映为色调、灰阶、形态、纹理等特征的差别。例如,工厂中排出的冷却污水比环境水温高,在多光谱图像和热红外图像中有明显的反映,密度分割后即可确定热水污染的范围。因此,对城市废水污染可用多光谱合成图像进行监测。如果利用多时相遥感图像,还可求出热水污染的扩散方向和扩散系数。以GIS为信息平台,综合利用RS、GPS及常规监测手段,则可实现对城市水域分布变化和水体沼泽化、水体富营养化、泥沙污染等进行监测。姜雪等(2006)利用IKONOS数据对滹沱河石家庄市市区段进行了生态环境遥感调查,查明滹沱河石家庄市市区段的裸沙、垃圾、林地、果园、农田、荒地、水面等内容,并提出了相应的生态环境改善措施。

2 遥感在城市生态研究中的应用

2.1 城市景观生态学研究

景观生态学以景观为对象,通过能量流、物质流、物种流、信息流在地球表层的交换,研究景观空间结构、内部功能、时间与空间的相互关系及时空模型的建立。“景观生态”的概念最早由德国著名生物地理学家Troll于1939年在利用航片判读东非土地利用时提出,这也说明遥感作为景观生态研究中数据采集最主要的手段之一由来已久^[4]。遥感技术为景观生态学提供的常用信息包括土地利用类型及其面积、土壤类型及其水分特

征、植被类型及其分布、生物量分布、群落蒸腾量、叶面积指数、叶绿素含量等等^[5]。

目前我国景观生态学家主要利用遥感卫片或航片判读来制作专题地图以研究城市空间和土地覆被变化,或建立景观生态评价模型。邢诒等(2002)以深圳市为例,运用遥感监测的方法技术进行景观生态遥感监测验证,并分析了深圳20世纪80年代末到2000年城市景观生态的变化。高杨等(2005)以地形图和不同时相的TM影像为信息源,以GIS为空间信息处理手段,研究了浙江省义乌市城市空间结构动态变化过程,阐明了1970~2002年义乌市城市空间结构动态变化的驱动因素主要有自然环境、交通通达性和经济发展速度等,得出义乌市城市空间结构变化在时间上是以加速度的方式推进的,在空间上轴向扩展远大于外向扩展,城市经历了带状到现今的椭圆状发展方式的结论,为合理制定和完善城市规划,实现城市社会经济与生态环境的持续发展提供了决策依据。胡希军等(2006)利用1996、1999、2002、2005年的义乌市遥感资料,对城市环线内的城市生态系统景观进行分类,用景观指数和转移矩阵分析法,在宏观层次上分析了人类活动对城市生态系统景观格局的影响。结果表明,“研究区的城市生态系统景观演化就是自然景观和半自然半人工景观的城市化”。宗良纲、刘存丽等(2006)在遥感与地理信息系统技术支持下,以南京市域1988年、1995年、2000年和2003年3、4期TM影像为主要数据源,研究了南京市域景观空间格局的动态变化特征及其演变规律,得到了确定性的结果。

2.2 城市绿地研究

20世纪80年代中期以后,航空遥感图像在我国被广泛地运用于城市绿化的调查和分析。天津、北京、广州、上海等地先后开展了城市航空遥感综合调查研究,均取得了较好的效果,极大地推动了城市绿化及其生态研究^[6]。

2.2.1 绿地覆盖率调查及绿地三维量估算 作为城市中唯一的自然生产力,绿地在城市生态系统中发挥着重要作用。城市绿地的生态效益不仅取决于绿化的覆盖面积,而且取决于绿化的空间结构和绿地类型,以及构成绿地的植物种类。相对于平面类的量化指标(如绿化覆盖率),由周坚华等率先提出的绿化三维量指标(即绿色植物茎叶所占据的空间体积,是从植物空间占据的体积来反映绿化结构形态的生态作用)能更好地反映城市绿化在空间结构方面的差异。刘滨谊等也提出了城市绿量率,即城市用地范围内总绿色量与城市用地的比值,认为该指标能更好地反映城市绿化开发的强度和质量,并试图以此替代绿化覆盖率^[7]。传统的城市绿地资源调查方法一般采用人工普查结合数学统计分析的方法,不仅投资的人力、物力大,而且调查的数据准确性

低, 不利于综合分析评价。上海市于 1988 年至 1991 年间进行了城市航空遥感综合调查和研究, 主要应用红外航片研究城市绿化覆盖率的计算方法、城市绿化树木的航空解译、绿地变迁, 以及城市行道树生态质量评价与功能区域的分析研究。1992 年后上海进行了城市三维绿量的研究, 主要是探索城市绿化生态效益的估算问题。从 1994 年起上海开展第二轮航空遥感绿化调查, 在这项为期 3 a 的研究中, 除了进行绿化覆盖率、绿化变迁等常规调查外, 还重点研究了城市绿化信息的快速提取和城市绿化景观生态分析^[6]。周一凡等(2005)也提出了在红外航片上分树种逐株测算绿量的方法。首先在航片上判读和测定树种、覆盖面积、株数、结构类型等特征数据和平面量, 然后实测植物冠径、冠高、冠下高等样本数据, 再由计算机模拟计算冠径、冠高进而求取绿量。应用该方法他们对上海、合肥绿地的不同功能区、不同绿地结构在不同的季节绿化三维量变化作了分析, 并借助于绿色植物的环境效益典型试验值对城市绿化环境效益作了估算; 袁东升(2001)也应用遥感技术对城市绿化现状进行调查与研究, 探讨 RS 和 GIS 的集成及相关技术在天津市城市绿化状况调查中的应用研究, 为天津市进行城市规划建设及科学的决策提供可靠的依据。

2.2.2 城市绿地景观格局分析研究 国内外研究表明, 当城市的绿地覆盖率低于 40% 时, 绿地的内部结构和空间布局的程度是城市绿地环境效益的重要影响因子^[8]。一些学者运用景观生态学原理来探讨城市绿地的空间结构、功能与异质性的关系, 分析城市绿地的景观格局, 并进行科学、合理规划布局的研究, 如城市生态绿地的尺度、城市绿地破碎化分析、城市绿色廊道研究、城市绿色网络、绿地景观异质性研究及城市绿地景观格局的分析等^[7]。郭程轩等(2003)通过对广州市的研究认为, 基于 TM 图像的遥感分析与评价方法能够准确描述城市生态绿地格局在宏观和微观方面的基本特征; 全斌等(2003)利用 RS 和 GIS 技术定量分析了厦门 1996 年和 2001 年的景观格局指数, 并进一步有针对性地提出了生态环境建设的方略和措施; 王天明等(2004)在遥感和地理信息系统技术支持下对哈尔滨城市现有景观生态格局进行了研究和分析, 并提出了一些相关建议; 辛江等(2005)试用 TM 多波段组合对乌鲁木齐市绿地进行解译并提取城市生态绿地的信息。在分类基础上, 对乌鲁木齐市绿地分布格局的特点进行了分析, 探讨了存在的问题, 进而提出乌鲁木齐市生态绿地建设今后应实行的策略与措施。周廷刚等(2007)以万分之一彩红外航空遥感图像为主要信息源研究了宁波市的城市绿化生态环境效益及其空间特征; 周文佐等(2002)和干晓宇等(2007)应用多年的 TM 影像分别对南京城市绿地的景观生态格局和绿地结构的变化及驱动力进行了分析研

究。王文奎(2007)首次以福州市建成区为研究范围, 综合利用遥感和实测调绘数据构建了高精度城市绿地斑块数据库, 采用景观生态学的研究方法分析了福州市城市绿地的景观现状格局以及与城市建设、人居环境等之间的关系, 并对城市绿地规划和建设提出了一些建议。

2.2.3 城市绿地景观设计及管理 随着人们对环境认识的提高, 城市园林绿地的规划设计由早期直观单一的方式趋向于更多理性的综合性思考, 应用生态学理论指导也已成为一种趋势。如景观生态学中格局与功能的关系、城市绿地开敞空间规划、城市廊道效益、生物多样性理论等都已经渗入到城市绿地景观规划的工作中。杨葳等(2003)提出了 3S 在现代园林绿地规划设计中应用的技术路线, 即利用高分辨率的遥感数据源建立 GIS 数据库, 然后对设计用地进行适宜性、敏感性和景观视线的分析从而为更合理的设计提供支持。许浩(2005)则介绍了利用包括 IKONOS 卫星拍摄的 4 个波段图像在内的 3S 技术手段在日本筑波山梅林公园规划上的应用。赵金梅(2006)以银川市为例, 采用高分辨率的卫星影像为主要数据源, 结合外业调绘进行数据采集, 获取银川市统一的电子地图, 提取其中的城市绿地信息, 在 GIS 平台下建立起银川市城市园林系统空间数据库, 实现了城市园林的空间和属性信息的统一管理。

3 存在的问题

3.1 应用理论研究相对贫乏

运用当代科学和技术发展的成果构建生态与和谐城市是新世纪城市建设与发展的重要方面。但由于传统的行业分隔, 城市生态环境的专家通常很难直接运用遥感这一高新技术进行研究; 而遥感专业人士则因为缺乏科学理论的支持而难以开展工作。虽然目前 3S 技术正逐渐应用到城市绿地建设管理中, 但很多仅停留于绿地信息管理和显示的技术层面, 现有的 GIS 空间分析也仅仅基于简单的空间地理过程(如叠加、缓冲区等)。由于缺乏成熟可行的城市景观分类、格局评价、景观模型、模拟预测、预警理论基础和方法, 遥感技术在城市环境和生态研究中的应用还是停留在较粗放的层次。

3.2 技术局限性

在整个遥感技术的流程中, 从投影、飞行到色差、扫描以及校正解译都存在着一定的误差^[9]。城市地表信息不同于农林业等其它用地类型, 因而在城市生态环境研究中的遥感技术也具有其显著的特点。城市地物非常复杂, 绿地植物组成丰富、多样性较高, 群落结构类型多样, 变动频繁。城市绿地类型有公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地和其他绿地 5 大类型组成, 在此基础上又细分为 16 中类, 24 小类^[10], 导致其研究的空间尺度较小, 空间分辨率要求高, 但这就带来了巨大的运算数据量。而且在对城市遥感图像进行解译时, 特别是利

用计算机软件自动分类时误差很大。如果采用人机交互屏幕跟踪矢量化,则会造成极大的工作量。据估计在GIS的应用中80%的时间和投资都是花费在数据的收集和整理上^[11]。

4 结语和展望

4.1 加强城市生态环境理论研究

对于具体的城市生态环境保护和建设问题来说,遥感技术只是一种强有力的工具。只有不断发展城市生态环境的专业理论知识,结合3S新技术才能有效解决现实的问题。应该针对城市景观建设和规划的要求,在传统生态学理论和模型的基础上,研究出适用于城市景观格局分析的方法和技术,并在景观分析方法和评价模型研究不断成熟的基础上,结合3S技术开发城市景观环境规划所需要的现实模拟、决策分析和最优化选择等功能,全面开展智能化景观格局分析系统的研究与建设。

4.2 建设数字化城市管理信息系统

“数字城市”的实质是信息化的城市,包括城市大部分要素的数字化、网络化、智能化、可视化的全部过程。建设数字城市要运用地理信息系统、遥感、全球定位、智能交通、智能建筑、宽带网络等技术,对城市的基础设施、功能机制进行动态监测、优化管理以及辅助决策,能全面提高城市规划、建设、管理与服务水平^[12]。数字城市将成为21世纪和信息时代最重要的社会公共基础平台。

城市遥感信息是数字城市多源信息的一个重要分支,遥感技术也是“数字城市”建设中的关键技术之一。随着遥感空间分辨率、光谱分辨率和时间分辨率的不断突破,影像增强处理技术的发展和智能化专家解译系统的建立,就可以在计算机中实现城市基础信息自动高精

度提取和更新,减少繁重的工作量。在与GIS和GPS技术中的有关部分集成后,可构成一个强大的技术体系,实现3S中数据存储、处理、传输以及可视化等技术的有机结合,直接将现实中的城市地形地貌、空间形态和建筑物等信息输入计算机系统,采用仿真、虚拟现实等技术对各类城市信息进行浏览、比较和分析,预测城市未来发展前景并与现实进行对比,提高城市建设和管理的水平,更好的满足现代城市可持续发展的需求。

参考文献

- [1] 孙家柄,舒宁,关泽群.遥感原理、方法和应用[M].北京:测绘出版社,1997:1-114.
- [2] 韩素芹,郭军,黄岁樑,等.天津城市热岛效应演变特征研究生态环境[J].生态环境,2007,16(2):280-284.
- [3] 田平,田光明,王飞儿,等.基于TM影像的城市热岛效应和植被覆盖指数关系研究[J].科技通报,2006,22(5):708-713.
- [4] 角媛梅,肖笃宁,郭明.景观与景观生态学的综合研究[J].地理与地理信息科学,2003(1):91-95.
- [5] 牛少凤,韩刚,李爱贞.简述3S技术及其在景观生态学中的应用[J].山东师大学报(自然科学版),2003(3):65-67.
- [6] 高峻,杨冬青,韩红霞.构建城市“数字绿化”[J].城市管理,2002(1):35-36.
- [7] 肖荣波,周志翔,王鹏程.3S技术在城市绿地生态研究中的应用[J].生态学杂志,2004,23(6):71-76.
- [8] 魏斌,王景旭,张涛.城市绿地生态效果评价方法的改进[J].城市环境与城市生态,1997,10(4):54-56.
- [9] 何光宝.遥感数字影像在城市规划中应用及误差分析[J].地理空间信息,2003(12):12-14.
- [10] 中华人民共和国行业标准.城市绿地分类标准CJJ/T85-2002[S].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [11] 韩笋生,彭震.GIS在国外城市规划中的应用[J].国外城市规划,2001(1):42-44.
- [12] 周心铁.对地观测技术与数字城市[M].北京:科学出版社,2001:192-199.

Application of Remote Sensing Technology in the Urban Ecological and Environmental Researches

ZUO Mian^{1,2}, MA Yong-jun³

(1. College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. College of Art Design, China Jiliang University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China; 3. College of Tourism and Resources Management, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004, China)

Abstract: The current application of remote sensing technology in urban environment surveying and monitoring and ecological researches was discussed. Deficiencies were pointed out. Suggestions of reinforcing urban ecological and environmental theory and building digital Information Management System for cities were raised.

Key words: Remote sensing technology; Ecological and environmental researches; Application; City