



经济快速发展区 土地

利用变化及其生态环境效应

JINGJI KUAISU FAZHANQU

TuDi LiYong BianHua JiQi ShengTai HuanJing XiaoYing

吕志强 陈红顺 著



西南交通大学出版社
<http://press.swjtu.edu.cn>

73211
153

本书由国家自然科学基金项目(项目编号: 41101155)资助出版

经济快速发展区土地利用变化 及其生态环境效应

吕志强 陈红顺 著

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

经济快速发展区土地利用变化及其生态环境效应 /
吕志强, 陈红顺著. —成都: 西南交通大学出版社,
2013.5

ISBN 978-7-5643-1937-3

I. ①经… II. ①吕… ②陈… III. ①珠江三角洲—
土地利用—研究②珠江三角洲—区域生态环境—研究
IV. ①F321.1②X321.265

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 207450 号

经济快速发展区土地利用变化及其生态环境效应

吕志强 陈红顺 著

*

责任编辑 万 方

特邀编辑 张宝珠 徐前卫 顾 飞

封面设计 墨创文化

西南交通大学出版社出版发行

成都市金牛区交大路 146 号 邮政编码: 610031

发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 148 mm × 210 mm 印张: 7.25

字数: 203 千字

2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-1937-3

定价: 23.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

土地是人类社会生存和发展的物质基础。土地利用、覆盖是地球表层最突出的景观类型。土地利用是指人类根据土地的特点,按照一定的经济与社会目的,对土地进行长期性或者周期性的经营活动。土地覆盖是指地表要素的综合体,强调其自然属性。土地利用变化反映土地自然、社会经济要素和人为活动的变化以及生态系统响应的变迁。

自国际地圈-生物圈计划(IGBP)与全球环境变化人文计划(HDP)于1995年联合提出“土地利用、土地覆盖变化”研究计划以来,土地利用变化就一直是专家、学者们研究的前沿和热点。

当前,人类面临着世界性的人口、资源、环境危机。中国的资源环境问题尤为严重,耕地锐减、土地荒漠化、水土流失、环境污染直接影响着人类的生存和发展。而这些问题的产生与土地利用、覆盖变化密切相关。因此,分析土地利用、覆盖的演化过程与趋势,探讨土地利用、覆盖变化的生态效应,研究土地利用、覆盖变化的驱动机制,是当前城市化与可持续发展研究中面临的重要问题。

土地利用动态变化是土地资源的数量、质量随时间迁移而发生的变化,包括土地利用的空间格局的变化及土地利用类型结构的变化,其土地利用动态变化模型常作为其研究的主要手段。土地利用变化主要包括土地质量与类型的变化和土地属性的转变,土地利用变化的效应主要包括资源、环境及生态效应。土地利用变化的研究主要包括土地利用与覆盖类型分类、测量及制图与统计。

土地利用变化作为IHDP的核心科学计划,对土地利用、土地覆盖的测量一直作为土地利用、覆盖变化(LUCC)研究的重要基

础。土地利用变化受社会、经济、技术以及政治的驱动而变化。区域土地利用变化影响的积累对区域的生态以及环境影响极为深刻。因此,分析土地利用的变化、时空变化规律以及驱动力已成为了当前国际上开展土地利用变化研究的新动向。

目前,土地利用采用地理学与生态学相结合的分析方法,对“过程—格局—尺度”的定量化研究较多。土地统计和景观生态学指数是较为常用的方式。除了关注土地的自然属性之外,现在很多研究都重点关注其社会属性,并对其进行变化的动力学分析,来提高人们对土地利用及其变化的认识和理解。

作 者

2012 年 6 月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 研究背景	1
第二节 土地利用变化相关研究的发展现状	3
第三节 研究目标	18
第二章 研究区概况	20
第三章 研究区土地利用状况	24
第一节 面向对象的土地利用分类	24
第二节 土地利用制图与土地利用变化	33
第三节 研究区典型城市的土地利用变化研究	39
第四章 土地利用变化的驱动力分析	89
第一节 自然驱动力分析	89
第二节 人文驱动力分析	95
第三节 不同时段驱动力分析	101
第四节 基于回归模型的驱动力分析	107
第五章 区域景观格局与生态服务价值	109
第一节 土地利用变化的景观格局变化	109
第二节 耕地多样性研究	121
第三节 最佳尺度在格局分析中的应用	129
第四节 广州市景观格局的梯度分析	138
第五节 土地利用变化的生态服务价值	144
第六章 建设用地扩展及其影响因素	150
第一节 珠江口建设用地扩展类型分析	151

第二节 典型城市建设用地扩展	156
第七章 地表热环境演化	176
第一节 基于遥感的地表温度反演	176
第二节 珠江口沿岸地区地表温度反演	180
第三节 珠江口沿岸地区地表温度特征分析	186
第四节 地表温度与地表参数	193
第八章 研究区建设用地扩展与地表热环境效应	198
第一节 土地利用与地表温度	200
第二节 建设用地扩展与地表温度	205
第三节 建设用地扩展及其热贡献	208
第四节 建设用地扩展及热环境效应变化	210
第九章 结论与展望	213
第一节 主要研究结果与结论	214
第二节 研究展望	216
参考文献	218

第一章 绪 论

第一节 研究背景

随着城镇化水平的提高,大量的农用地及未利用地转化为建设用地。从土地利用变化的角度来看,主要是从农业用地如农田、果园、林地等向城市用地、工业用地和交通用地转变。

在土地资源紧缺、城镇化快速发展的今天,研究建设扩展变化对土地管理、土地资源的优化配置和合理利用等可持续发展理念有着较强的指导和辅助意义。随着对地观测技术和地理空间分析理论的不断发展完善,使得城镇建设用地的观测与定量化研究成为可能。

建设用地扩展是土地利用、土地覆盖变化最为显著的部分,是指城市、居民的、道路等非传统农业用地规模的扩大和增加。遥感和地理信息系统的普遍应用可以获得不同时相的建设用地的准确信息,并对这些地面信息进行空间上的分析,为建设用地的动态监测与规划调控提供科学的技术参数。Fan 等利用 Landsat TM 和 ETM+ 数据对城市与城市郊区的土地覆盖进行分类。Camagni 等研究了不同的建设用地扩展对环境影响。Xu 等通过不同的数据源研究了南京城市扩展的时空特征。

在西方,20 世纪 60 年代以来,城市空间不断外扩,使得城市空间膨胀与无序蔓延趋势日益加剧,因此产生了城市蔓延 (Urban Sprawl) 这一概念,城市蔓延及其所带来的生态问题已成为城市发展面临的主要问题。

近年来,随着社会经济的快速增长和城市化进程的快速发展,我国的一些区域,特别是发达的珠三角、长三角以及京津地区,建设用地的扩展开始由相对的中心区域开始向郊区的农业用地区发展。同时,在一些二、三线城市也在不断片面强调“城镇化”,由此而引起的具体表征为农业用地流失严重、建设用地盲目扩张,建设用地的蔓延之势日趋严重。在城市化过程中,建设用地的扩展呈现出离散型发展的空间过程,尤其是在省会和沿海的特大城市,城市空间扩张的无序性须得到进一步的研究和控制。

珠江三角洲地区是一个土地利用快速变化的区域,一直以来是城市化与城市扩张研究的热点地区,城市扩张压力下的土地利用、覆盖变化研究受到高度重视。

建设用地的扩展往往伴随着建成区周边土地利用的急剧变化。分析建设用地扩张及其驱动力机制,可以科学合理地指导土地规划以及城市规划的制定,从而有效调控用地规模,提高土地利用效率并能保护当地的生态环境。

建设用地的扩展是城市化过程的最为明显的特征之一,并对区域的生态环境产生深刻影响,具体表现为自然景观被城镇、道路等人为景观所替代,并影响生态系统的物质循环和能量流动,改变了区域生态环境的整体状况。

地表热环境效应是建设用地扩展的具体表现形式之一,是人为活动与自然系统之间的能量交换的一种表达,是建设用地影响局地小气候的重要因素,也是理解城市区域的生态系统如何响应景观演变的重要依据。

在城市化进程加剧的全球背景下,在城市研究领域,其地表热环境是环境热力场的综合表现,影响气候、土壤、水环境、生物多样性,直接参与气候、生态、灾害的相互作用,对公共健康、能耗结构、空气质量等产生影响,因此而受到了广泛关注。对地表热环境开展相关研究,可为了解陆面过程、生态保护、植被覆盖研究提供科学依据。

第二节 土地利用变化相关研究的发展现状

土地利用变化在全球变化与可持续发展研究中具有极其重要的地位,许多全球变化的研究者都将土地利用变化作为研究内容,对人类在全球变化中所起的作用进行研究。

1992年,联合国制定了《21世纪议程》,这可以看作是国际上有关土地利用变化研究的正式开始。其实,各国开展与土地利用变化有关的研究活动比较早,如美国生态学会于1988年就提出了创建可持续生物圈的规划(Sustainable Biosphere Initiative, SBI),致力于研究生态学在地球资源管理和地球生命支持系统保护中的作用,其中涉及土地利用变化的研究内容。随着对土地利用在全球变化中的重要性认识的不断提高,国际地圈-生物圈计划(IGBP)和全球变化的人文因素计划(IHDP)于1995年发表了《土地利用、土地覆盖变化科学研究计划》,确定了该计划的四个研究目标和三个研究重点。同年,国际系统应用研究所(IIASA)启动了为期三年的“欧洲和北亚土地利用、土地覆盖变化模拟”的项目,重点研究1900—1990年该区域的土地利用、土地覆盖变化及环境效应,并对未来50年土地利用、土地覆盖变化趋势开展预测。

目前,越来越多的国际组织和国家启动了与土地利用变化相关的研究项目,并取得了一系列成果。但是,由于研究目的、手段以及区域等方面的差异,也逐渐形成了不同的研究流派,基本上可以分为北美流派、日本流派和欧洲流派三种。

北美流派,也称为定性流派或宏观流派,其主要代表人物包括美国克拉克大学教授Turner等人,其特点是从宏观的角度出发,定性地研究全球规模大尺度上的土地利用变化状况及其与全球环境变化的相互关系。由于北美流派的偏向于宏观方面,其所得的研究成果过于空泛,多为概念性模型,实用性不大。近年来,该流派的研究方向与重点开始向量化、具体化和区域化方向发展。与北美流派相反,日本流派则偏向于定量研究,主要利用数学模型与经济学

模型研究区域性土地利用变化并开展预测。该流派设计并发展了有关土地利用变化的基本模型 (LU/GEC-1), 该模型具有很好的可操作性与实用性。

欧洲流派开展有关土地利用变化研究的代表是 IIASA 计划和土地利用计划, 其代表人物是 Fischer, 认为可以通过福利分析、研究福利政策, 可以为模拟引起土地利用变化的社会与经济驱动力提供一条行之有效的途径。

随着国际上有关土地利用变化研究的大量开展, 我国学者紧随国际研究动态, 在区域土地利用变化方面开展了大量的研究, 其研究主要集中在以下几方面。

为了方便深入研究区域土地利用的时空变化, 我国在构建土地时空数据库方面取得了一系列成果, 如我国已完成全国 1:200 万的土地利用卫星影像图及 1:5 万的主要城市土地利用现状卫星影像图等, 刘纪远根据“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”项目建立了中国资源环境数据库, 国家环保局于 2000 年完成了“西部遥感调查”项目。

在区域土地利用变化研究方面, 我国学者也做了大量研究。例如, 葛全胜等在对 20 世纪中国土地利用时空变化的研究中发现, 中国土地利用结构在近 50 年发生了明显的变化; 王思远等在遥感技术与地理信息系统技术的支持下, 利用土地利用动态度模型、土地利用程度模型、垦殖指数模型等, 对中国近 5 年来土地利用的时间动态特征和空间动态特征进行了定量分析; 朱会议等对环渤海地区土地利用的时空变化进行了分析, 结果显示环渤海地区在 10 年内, 土地利用发生了大幅度的变化, 年变化速度达 0.8%。从研究区域的选择来看, 长江三角洲地区、珠江三角洲地区和环渤海地区一直是我国学者开展区域土地利用变化研究的热点区域, 中西部地区的武汉、长株潭、重庆、成都、西安等也是重点研究区域。上述地区都是全国或区域经济相对较为发达的地区, 受其经济发展和城市化的影响, 区域土地利用格局发生了较为明显的变化, 因此成为开展区域土地利用变化研究的理想地区。

由于土地利用的变化涉及因素繁多,过程错综复杂,通过简化和抽象而建立的各种土地利用变化模型对理解和预测区域土地利用格局具有极其重要的作用。随着土地利用变化研究的展开,国内许多学者提出了自己的方法,其中包括土地资源数量变化模型即土地利用动态度模型、土地利用程度变化模型、土地资源生态背景质量模型、土地利用变化区域差异模型、土地利用重心变化模型以及土地利用结构预测模型,还包括灰色预测模型、马尔柯夫链模型、系统动力学预测模型以及规划预测模型等。

一、土地利用变化

土地利用变化驱动因素是土地利用变化研究的核心内容。摆万奇等人认为,驱动力与土地利用变化的关系是土地利用变化动力学研究的核心。分析土地利用变化的驱动力,建立相应的驱动力模型,已成为当前国际上土地利用变化研究的最新动向。

目前,对土地利用变化驱动因素的研究主要集中于对区域土地利用变化的驱动因素进行分析,以揭示区域内影响土地利用变化的动力所在。如 Turner 认为,土地利用/覆盖变化的驱动因素有人口、技术、经济、政治结构、价值和态度等。IHDP 指出,影响土地利用变化的驱动因素可以分为直接因素和间接因素:直接因素包括对土地产品的需求、对土地的投入、城市化程度、土地利用集约程度、土地权属、土地利用政策和土地资源保护的态度等方面;间接因素包括人口变化、技术发展、经济增长、政治与经济政策、富裕程度和价值取向等方面。

我国学者在这方面也进行了大量的研究。顾朝林用不同时间段的遥感影像图对北京土地利用机制进行了研究,认为资本、土地、劳动力和技术四大生产要素在我国现代城市土地利用变化过程中发挥至关重要的作用。摆万奇等人从系统论的角度提出:土地利用变化的驱动力系统由自然驱动力和社会驱动力两部分组成。自然驱动力和社会驱动力各自作为一个独立的子系统,又可以分成不同的组成

部分,如自然驱动力可以分为气候、土壤、水文等,社会驱动力可以分为人口、技术、贫富状况、价值观念等。史培军认为,土地利用变化的主要原因有:外界环境的变化,如降水、气温的变化等;土地利用政策的影响;社会经济的变化,特别是城市化和工业化的发展引起农业用地向城市用地转变;人类价值的转变。蔡运龙认为,土地利用和土地覆盖变化驱动因子主要包括人口、经济发展状况和技术三个方面,土地利用和土地覆盖变化驱动机制研究的关键在于解析不同地区各种驱动因素的作用及其相互关系以及驱动因素与环境变化之间的关系。朱会义等通过对环渤海地区耕地流向及其与人口变化、农业经济发展的关系等进行了分析,确认土地管理政策、人均居住用地的增长、农业生产结构调整以及城市扩张是该区土地利用变化的主要驱动因素。张新长等人认为,影响区域土地利用的主要因素为经济发展动态因素和社会系统因素。章波等人利用相关分析和主因子分析方法,构建了城市区域土地利用变化驱动力模型,得出长江三角洲城市区域土地利用变化的主要驱动因素是人口的增长和非农化、经济总量的增加以及劳动力的非农化。徐勇等人的研究表明,土地经济产出效益的巨大差异是驱动北京市丰台区土地利用从农业用地,尤其是耕地向非农业用地转化的最大动力所在。黄宏伟利用主成分分析法对长沙市的土地利用变化驱动因子进行了分析,研究表明:1991—2004年间主要驱动因素可以归纳为经济发展动力和社会发展动力两大类。

二、土地利用变化的生态环境效应

土地利用变化研究的对象是一个由人和自然环境构成的相互作用的耦合系统,既要研究土地利用和土地覆被变化导致的生态环境影响,也要研究这种影响对人类社会的反馈作用,以及人类如何制定合理的响应对策。土地利用变化的生态环境效应研究已经成为全球环境变化研究的核心和热点问题。

国际上有关对土地利用变化的生态环境效应研究较多,如 Carlson 等人利用 AVHRR 和 TM 遥感影像,以宾夕法尼亚州一个快速城市化地区为例,研究了土地利用变化对区域小气候和水文方面的影响;Pauleit 等人以慕尼黑为例,重点研究了不同土地利用类型对城市环境的影响,研究表明城市绿地特别是林地的减少对城市的水文环境有重要影响,当城市建设密度达到 30%~40%时,每年地表雨水下渗量会减少 25%,而暴雨时的地表径流量会增加 50%;Whitford 等人利用地表温度、水文、碳源汇和生物多样性四项简单的生态效应指数反映城市化对生态环境的影响,研究结果表明在城市各种土地利用类型中,对生态效应影响最大的是绿地,尤其是林地的比例。

由于区域土地利用变化所引发的生态环境变化表现在诸多方面,总体来看,我国学者对区域土地利用变化的生态环境效应的研究主要集中在以下几个方面。

(1) 土地利用变化对区域生态系统服务价值的影响。冉圣宏等人的研究表明,1996—2004 年间全国土地利用变化导致生态服务功能整体增加了 0.91%,土地生态服务价值变化的主要原因是该时期内全国水域面积和林地面积的增加导致了生态系统服务功能的增加,而城市建设用地和交通用地的增加导致了全国生态服务功能的下降;王宗明等人研究了土地利用变化对三江平原生态系统服务价值的影响,结果表明,1980—2000 年三江平原生态系统服务价值损失了 538.87 亿元,损失幅度为 28.62%,大面积湿地转化为农田是生态系统服务价值大幅度下降的主要原因;吴后建等人计算了 1996—2001 年武汉市的土地利用、土地覆盖变化导致的生态系统服务价值变化,结果表明,5 年中生态系统服务价值总体变化不大,变化率仅为 0.35%;段瑞娟等人核算了 1993—2003 年北京不同区位土地利用和生态服务价值的变化情况,结果表明土地利用结构决定生态服务价值,生态服务价值反映了土地利用结构的生态优劣;李晶等人研究表明,1978—2000 年陕北黄土高原的生态价值增加了 16.71%,生态系统服务功能价值在空间分布上存在一定的差异。

(2) 土地利用变化对区域景观格局的影响。李月臣等人对 1989—1999 年北方 13 省的宏观土地利用景观格局变化进行了分析, 结果表明研究区内景观异质性程度在逐渐提高, 土地利用向着多样化和均匀化方向发展; 邹秀萍等人研究了 1985—2000 年怒江流域土地利用、覆盖变化及其景观生态效应, 结果表明, 怒江流域景观总体上表现出异质性在减小, 斑块类型趋于均匀分布的趋势, 景观稳定性在降低; 杨国清等人研究了 20 世纪 90 年代广州地区土地利用格局的变化特征, 结果表明土地利用斑块数目增加, 斑块形状指数和分维数下降, 景观破碎度和多样性指数上升。

(3) 土地利用变化对局地气候的影响。岳文泽研究了上海市土地利用类型、结构对生态环境的影响, 结果表明 NDVI 与 LST 具有明显负相关的线性关系, 而 SHDI 与 LST 具有正相关关系; 周启星等人对小城镇发展的典型地区浙江省绍兴县某镇的土地利用变化导致的生态效应进行了定量分析, 结果表明, 该小城镇发展过程中生物多样性明显降低, 并出现了局部气候的恶化, 表现为镇区内年平均气温上升, 而年平均相对湿度下降。

(4) 土地利用变化对区域生态安全的影响。史培军等人以深圳为例, 对深圳市土地利用、土地覆盖变化与生态环境安全进行了研究, 认为城镇用地和裸地的迅速增加, 大大降低了地表生态环境的质量, 林地、湿地、灌草地等代表自然状态的土地利用、覆盖类型的大幅度减少, 暗示着深圳市地表生态环境的容量在明显下降; 李晶对应用马氏距离和卡方分析方法, 对陕北黄土高原生态安全状态进行了评价, 结果表明近几十年来陕北黄土高原生态状况有所好转, 但当前区域内生态安全状况不容乐观, 且在空间分布来呈现南、北部安全指数较高, 中部较低的态势; 龚建周等人采用空间模糊评价方法对 1990—2005 年广州市生态安全进行了研究, 结果表明广州市生态安全等级为一般, 且生态安全状态比较稳定, 生态安全的城乡差异明显, 中心城区生态安全状态堪忧; 方元等人采用生态足迹模型对中山市和深圳市的生态安全进行了研究, 结果表明, 中山市和深圳市的生态足迹和人均生态足迹总体呈现上升的趋势, 生态承载力和

人均生态承载力呈现缓慢下降的趋势,生态安全程度在不断降低,尤其是经济更为发达的深圳市,未来几年内生态安全压力将会更大。

三、建设用地扩展

建设用地扩展在中文文献中有不同的表达,例如:城市蔓延、城市扩展、城市增长等,但是大概的含义相差无几,在本研究中具体可以理解为城乡建设用地扩展。本研究中的建设用地地区扣除了建设用地内部的大型城市绿地(林地)系统。综述近 10 年来国际上关于建设用地扩张的研究主要集中在以下四个方面。

1. 建设用地扩展的监测与识别

大多数研究者采用遥感与 GIS 相结合的技术手段开展了这方面的工作,研究的时段主要集中在 20 世纪 80 年代以来,这与航天遥感开始起步并大量应用于各个行业有关。早期所采用的遥感数据源多是 MSS 和 TM,进入 21 世纪,随着各国大量的遥感卫星发射升空并推出大量成熟的商业产品之后,可选用的遥感数据源逐步增多,如 SPOT, TM/ETM, ASTER 以及更高空间分辨率的遥感数据 QuickBird, IKONOS 等;开展基于遥感的建设用地扩展监测的工作更为普遍,如 Bhatta 对印度加尔各答市的研究、Clapham 采用基于连续区遥感影像分类方法,在流域尺度上对美国克里夫兰地区 6 个流域进行了建设用地扩展的判别,另外还有大量的相关研究。在多云多雨地区,除了可见光和近红外波段的遥感数据被用于进行建设用地扩展的识别与监测外,一些学者也开始尝试使用雷达数据来分析土地利用的变化以及城市高密度建筑的识别, Malcolm 甚至尝试采用 RADARSAT 雷达数据结合陆地卫星 TM 影像来识别阿根廷 Rosario 地区城市贫民区。

2. 建设用地扩展的驱动机制研究

主要是从人口增长、经济发展的角度探讨建设用地扩展与社会经济发展的关系,分析城市及其周边区域土地流转的影响因素与驱动力

制。Ascione 分析了 Rome 市城市增长与发展的环境驱动力; Camagni 以意大利米兰都市区为例, 分析了不同建设用地扩展空间格局的社会与环境成本差异, 指出城市公共交通的变化是影响建设用地扩展的一个重要因素; 同样, 一些学者的研究结果也表明了交通运输条件和可达性 (Accessibility) 是驱动建设用地扩展的重要机制; Rhee 则分析了通讯联系对建设用地扩展的影响。从这些研究结果看, 社会经济因素对建设用地扩展的驱动力作用明显大于自然因素, 自然条件更多的表现是长远而缓慢的影响。从自然因素看, 由于城市是人类聚居的主要场所, 人类在选择栖息地的时候就以地势平坦、水源充足、交通便捷为基本条件; 从成本效益分析, 建设用地扩展的方向同样是人口宜居的区位, 如平原地区、三角洲地区、海岸带等, 而这些地方往往也是农业发达的地区, 因此建设用地扩展的首选方向是对农地的侵占, 人口增长与建设用地扩展对农地流失的影响是显而易见的。

3. 建设用地扩展的模拟与预测

随着地理模拟方法与技术手段的发展, 越来越多的学者开始尝试采用各种模型进行建设用地扩展的模拟与预测, 例如应用元胞自动机 CA 模型进行建设用地扩展模拟、应用 SLEUTH 模型进行建设用地扩展模拟与变化预测、基于多智能体模型开展的建设用地扩展研究等, 这些研究将建设用地扩展研究从现状描述、机制分析推向了动态模拟与未来变化预测, 使得城市管理与政策制定者能更好地了解城市发展的未来。此外, Li 等开展了基于自然过程的建设用地扩展模拟, Arthur-Hartranft 应用卫星遥感数据结合地面小气候与水文条件分析模拟区域的城市增长。

4. 建设用地扩展的环境生态效应

随着城市建设用地的增长, 城市化地区的土地覆盖发生了深刻变化, 农地、林地 (城市绿地) 面积减少, 由此产生了一系列的环境效应: 热岛效应、城市大气环境变化、生物多样性的变化、人体健康胁迫, 等等。Beardsley 探讨了快速建设用地的扩展对区域生物资源的影响; Deosthali 等人对印度 Pune 市快速城市增长带来的城