

土地利用变化与城市空气环境效应的关系

彭文甫^{1,2}, 周介铭^{1,2}, 罗怀良^{1,2}, 杨存建^{1,2}, 赵景峰^{1,2}

(1. 四川师范大学 西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 成都 610068; 2. 四川师范大学 地理与资源科学学院, 成都 610068)

摘 要:大规模的城市用地开发导致对各种自然过程和生态过程的改变, 产生了复杂的生态环境后果。该文以成都市为例, 基于遥感与 GIS 技术, 提取、分析城市土地利用变化信息; 选择影响成都市空气环境质量 NO_2 和总悬浮颗粒物浓度等指标的采样点数据, 通过空间分析、叠加城市土地利用图层, 对获取土地利用的城市空气环境效应进行了研究。结果表明: 1992—2008 年研究区土地利用时空变化显著, 土地利用变化以耕地的大幅度减少和建设用地和林地显著增加为主要特征; 土地利用对城市空气环境产生显著影响, 林地对 NO_2 各浓度变化影响明显, 各浓度所占的土地利用面积为最大; 城镇用地对总悬浮颗粒物的最高一级浓度影响显著, 所占土地利用面积最大; NO_2 和总悬浮颗粒物浓度的空间分布由研究区的青白江区—新都区—中心城区等区域一线向两侧依次降低, 与城镇用地、工矿与交通用地的空间分布基本一致。因此, 这一研究结果对改善城市空气环境质量、促进城市可持续发展和制定科学应对决策具有积极意义。

关键词:土地利用; 空气环境; 效应; 遥感; GIS

中图分类号: F301.24; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)04-0087-05

Relationship Between Land Use Change and Its Urban Air Environmental Impacts

PENG Wen-fu^{1,2}, ZHOU Jie-ming^{1,2}, LUO Huan-liang^{1,2}, YANG Cun-jian^{1,2}, ZHAO Jing-feng^{1,2}

(1. Key Lab of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest, Ministry of Education, Sichuan Normal University, Chengdu, 610068 China; 2. The Institute Geography and Resources Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China)

Abstract: Large-scale development of urban land use has led to change of a variety of natural processes and ecological processes, resulting in complex eco-environmental consequences. The change information of urban land use was extracted and analyzed based on RS (remote sensing) and GIS. The data on environmental impacts of urban land use were extracted and analyzed by overlaying layers of urban land use and the chroma resulted in sampling point data of nitrogen dioxide and total suspended particulate matter concerning to the air quality of the environment in Chengdu based on GIS spatial analysis method. The result showed that the main feature of land use change was a substantial reduction of arable land and construction of land and woodland increased significantly within the study area from 1992 to 2008. The temporal-spatial change was notable in study period. Impact of land use on urban air environment was significant, nitrogen dioxide chroma change resulted from woodland was obvious, the area occupied by different nitrogen dioxide chroma was the largest. The impact on the highest class chroma of total suspended particulate matter from the urban land use was notable and its area was maximum. The result also showed that the spatial chroma distribution of nitrogen dioxide and total suspended particulate matter in study area from Qingbaijiang district-Xindu district-downtown to both sides following reduction. The spatial distribution of urban land use and mining and transportation land use are basically the same spatial chroma distribution. Therefore, the results of this study provide a scientific basis for improvement air environment quality, the urban sustainable development and a scientific response for decisions from the municipal governments.

Key words: land use; air environment; impact; remote sensing; GIS

收稿日期: 2010-01-18

资助项目: 国家“863”计划项目(2009AA12Z124); 国家自然科学基金(40771144, 40575035); 四川省教育厅重点资助科研项目(09ZA088); 四川师范大学科研基金(09KYL04); 四川师范大学人文地理学省级重点学科基金

作者简介: 彭文甫(1964—), 男, 四川省乐山市人, 博士, 讲师, 研究方向为环境遥感。E-mail: pwfzh@126.com

通信作者: 周介铭(1956—), 男, 四川成都人, 教授, 博导, 研究方向为环境遥感与国土规划。E-mail: pwfzh@126.com

人类活动已引起地球系统的巨大变化,并导致地球环境及生境的严重后果^[1-2],人类正面临着全球变化造成的各种自然灾害的不断侵袭^[3]。土地利用/土地覆被变化改变着地球表面的生物、能量和水分的过程,是全球环境变化的重要组成部分和造成全球环境变化的重要原因^[4-8],影响到人类的可持续发展。改革开放以来,我国经济和社会的快速发展,对土地的开发利用导致了自然资源需求量的急剧增加,引起了土地利用/土地覆被发生了显著的变化^[9],由此产生了影响中国经济、社会可持续发展和生态安全问题^[10]。近年来,随着我国城市化进程的不断加快,大规模的城市用地开发已经成为人类活动改造自然环境的主要方式之一^[11],导致对各种自然过程和生态过程的改变,产生了复杂的生态环境后果,影响区域和全球的可持续发展。

城市土地利用变化,导致人类活动频繁、干预强度大,生态系统脆弱,由此带来的生态环境问题已经凸显,已经成为制约成都市社会、经济持续发展的主要限制因子。成都市地处四川盆地,静风频率高,逆温强度大等特殊气候条件,形成空气流动不畅、阻碍大气污染物扩散、迁移的不利的污染性气象条件,使成都市空气环境质量受到严重威胁。成都市生态环境保护,不仅对四川省的经济、社会发和生态安全极其重要,而且在长江上游及三峡库区的生态环境保护中,具有重要的战略地位。

成都城市空气环境质量主要取决于 SO_2 浓度、 NO_2 浓度和总悬浮微粒物浓度等三项指标。我们分析认为, NO_2 污染主要因素来自机动车尾气, SO_2 污染主要来自工业及生活燃煤,总悬浮微粒物主要来自建筑工地、市政工地、拆迁工地、闲置土地产生的扬尘和道路交通扬尘。因此,城市土地利用对成都市空气环境质量产生重要影响。基于数据的可获得性、在成都市 NO_2 和总悬浮微粒物浓度采样点数据基础上,通过克里格插值获得其空间分布,基于 GIS 空间分析方法,叠加土地利用变化与城市空气环境质量二项目指标含量图层,分析不同土地利用的城市空气环境效应,为城市可持续发展和城市政府制定科学应对决策提供科学依据。

1 研究区概况

成都市位于四川省中部,四川盆地西部,介于东经 $102^{\circ}54' - 104^{\circ}53'$,北纬 $30^{\circ}05' - 31^{\circ}26'$,东西长 192 km,南北宽 166 km,现辖 10 区(锦江、青羊、金牛、武侯、成华、龙泉驿、青白江、新都、温江、高新)、6 县(金堂、双流、郫县、大邑、蒲江、新津)、4 市(都江

堰、彭州、邛崃、崇州),总面积 1.239 万 km^2 。成都市地形从西到东,分为山地、平原、丘陵 3 个部分。西部是龙门山和邛崃山,海拔大多在 3 000 m 以上,垂直分布比较明显;中部是成都平原,面积约占全市总面积的一半,海拔 450~720 m,地势由西北向东南微微倾斜;东部是龙泉山和四川盆地中部丘陵的西缘,海拔多在 1 000 m 以下。成都市属亚热带湿润季风气候区,气候温和、四季分明、雨量充沛、日照较少。研究区涉及成华区、武侯区、青羊区、锦江区、金牛区、高新区、龙泉驿区、青白江区、新都区、温江区、双流县和郫县,面积约 3.7 万 hm^2 。2008 年研究区人均生产总值达 4.435 万元,人口 822.44 万人。

2 研究方法

2.1 数据源

研究采用的数据有遥感数据和辅助数据。遥感数据包括 1992 年、2000 和 2008 年 3 个时期 TM/ETM+ 遥感影像,均来自中国科学院卫星地面站的 2 级数据,已进行了辐射校正和几何粗校正;辅助数据包括研究区地形图、土地利用现状图、GPS 数据以及 1992 年以来历年《成都市统计年鉴》和成都市环科院相关数据。

2.2 研究方法

(1)遥感数据处理。依据成都市 1:50 000 地形图,选择突出的地物点,通过采用二次多项式函数转化方法,对 1992 年的 TM 图像进行几何校正;采用最邻近法重采样,将原始图像上的像素灰度值转化成校正后图像的灰度值;以经过几何校正后的 1992 年 TM 图像为标准参照图像,将 2000 年 TM、2008 年 ETM+ 影像等分别与其进行配准,配准的误差不超过 0.5 个像元。

(2)土地利用变化信息提取。基于监督分类、运用人机交互解译与野外校核相结合的方法,通过对 1992 年、2000 年和 2008 年 3 期影像进行分类,提取 3 个时期土地利用状况,构建城市土地利用数据库。

(3)土地利用变化的生态环境效应分析。利用 Erdas 和 ArcGIS 等软件,建立土地利用变化转移矩阵,阐明研究区 1992—2008 年城市土地利用时空演变特征;应用 GIS 与数理统计分析方法,定性与定量分析研究区城市土地利用变化的生态环境效应。

3 结果与讨论

3.1 土地利用变化分析

3.1.1 变化幅度分析 基于 TM/ETM+ 遥感影像,应用 RS 与 GIS 技术,获得 3 期城市土地利用数据(表 1)。

表 1 城市土地利用数据

土地利用类型	hm ²		
	1992	2000	2008
林地	109371.26	142462.89	141323.96
水田	196365.42	85559.78	48418.62
旱地	14906.81	58774.99	42191.90
城镇用地	11343.80	26022.45	43997.88
工矿与交通用地	13397.33	15330.29	27261.63
农村宅基地	19529.17	32276.93	35263.91
水域用地	5580.73	10066.54	32035.95
总面积	370493.87	370493.87	370493.87

据表 1 可知,1992—2008 年期土地利用变化以耕地的大幅度减少和建设用地中的城镇用地显著增加为主要特征,面积变化分别达 14.753 万 hm²、3.246 万 hm²;建设用地中的工矿与交通用地和农村宅基地均呈持续增加的态势,16 年间面积分别增加 1.385 万 hm² 和 1.562 万 hm²;林地、水域用地均呈持续增加的态势,面积分别增加 3.189 万 hm² 和

表 2 1992—2000 年土地利用转移面积和转移概率矩阵

土地利用类型	林地	水域	水田	旱地	城镇	工矿	农宅	1992
林地	32324.06	3493.16	28160.79	34038.39	2669.38	1755.27	6930.20	109371.25
水域	757.10	2422.13	344.56	148.97	1098.24	267.07	542.66	5580.73
水田	97387.48	1160.71	49178.89	12055.66	6326.45	10652.50	19603.73	196365.42
旱地	2521.39	483.78	2420.26	8334.09	14.46	12.18	1120.01	14906.17
城镇	895.91	301.51	161.80	62.54	9015.98	536.41	369.65	11343.80
工矿	3205.38	1055.93	1809.12	1040.09	3340.95	1284.33	1661.54	13397.33
农宅	5371.57	1148.03	3484.39	3096.54	3557.01	822.48	2049.14	19529.17
2000	142462.88	10065.24	85559.82	58776.28	26022.46	15330.24	32276.95	370493.87

注:表中的“城镇”指“城镇用地”,“工矿”指“工矿与交通用地”,“农宅”指“农村宅基地”,如无特别说明,下同。

由表 2 可见,1992—2000 年城市土地利用转化的主要特点:林地的转入主要来自于耕地(水田),面积为 97 387.48 hm²,转移出去的林地绝大部分转化成为耕地和农村宅基地,分别为 6.219 万 hm²、6 930.2 hm²;新增水域主要来自于林地,其面积为 3 493.16 hm²,转移出去的水域绝大部分转化为建设用地和林地,面积分别为 1 098.24 hm²、757.10 hm²;转移出去的水田绝大部分转化为林地和建设用地(城镇、工矿

2.641 万 hm²。在 1992—2000 年旱地面积增加了 4.384 万 hm²,水田面积减少了 11.039 万 hm²,工矿与交通用地增加面积 1 910.331 hm²,林地面积增加 3.280 万 hm²,水域用地面积增加 4 492.717 hm²。2000—2008 年林地、旱地、水田均呈下降趋势,面积分别减少 905.821 hm²、3.714 万 hm²、1.656 万 hm²,建设用地(城镇用地、工矿与交通用地)均呈持续增加的态势,面积分别增加 1.787 万 hm²、1.194 万 hm²,其中城镇用地,增加面积和速度较 1992—2000 年有所增加,水域用地面积持续增加,达 2.192 万 hm²,但增加面积和速度较 1992—2000 年有所减缓。

3.1.2 土地利用空间转移分析 通过 ArcGIS 空间分析模块、对 1992—2008 年土地利用类型图分别进行运算,获取 1992—2008 年土地利用转移矩阵(表 2、表 3)。

表 3 2000—2008 年研究区土地利用转移面积和转移概率矩阵

类型	林地	水域	水田	旱地	城镇	工矿	农宅	2008
林地	59128.70	1251.68	44889.61	19853.34	1820.98	2938.80	11440.04	141323.16
水域	8912.08	5830.04	5239.17	5731.15	2104.27	975.59	3243.63	32035.95
水田	23690.26	501.24	11763.80	3070.95	1457.91	2494.58	5439.88	48418.63
旱地	7379.81	1778.62	5414.60	24356.07	67.17	102.59	3093.05	42191.91
城镇	15521.05	195.18	3372.71	267.47	16837.70	4853.92	2949.85	43997.88
工矿	12118.26	241.73	6008.55	2735.09	1438.82	1741.22	2978.76	27262.43
农宅	15712.72	266.75	8871.37	2762.20	2295.61	2223.53	3131.82	35263.99
2000	142462.88	10065.24	85559.81	58776.29	26022.46	15330.24	32277.03	370493.94

由表 3 可见,2000—2008 年城市土地利用转化的主要特点:林地绝大部分转化为耕地(水田)和建设用地(农村宅基地)和植被,分别为 2.369 万 hm²、43.352 万 hm²,新增林地主要来自耕地(水田和旱地),

其面积为 6.474 万 hm^2 ;水域绝大部分转化为旱地,为 1 778.02 hm^2 ,新增水域主要来自林地和耕地(水田和旱地),其面积分别为 8 912.086 hm^2 和 1.097 万 hm^2 ;转移出去的水田绝大部分转化为了林地和建设用地(城镇、工矿交通与农村宅基地),分别为 4.488 万 hm^2 、1.825 万 hm^2 ,新增水田主要来自林地,其面积为 2.369 万 hm^2 ;转移的旱地被转化成林地和建设用地(农村宅基地),其面积分别为 1.985 万 hm^2 、5 764.76 hm^2 ,新增旱地主要来自于林地和耕地(水田),其面积为 7 379.81 hm^2 和 5 414.6 hm^2 ;新增城镇用地主要来自于林地和耕地(水田)的调整,其面积为 1.552 万 hm^2 和 3 372.71 hm^2 ;新增工矿交通用地主要来自于耕地(水田、旱地)的转化,其面积为 8743.64 hm^2 ,新增农村宅基地主要来自于耕地(水田、旱地)和林地的转化,其面积为

1.163 万 hm^2 和 1.571 万 hm^2 。

3.2 土地利用的空气环境效应

(1)土地利用变化的 NO_2 效应。不同土地利用对在 NO_2 浓度变化影响差异较大(表 4)。由表 4 可见,林地、旱地和水域用地对 NO_2 浓度在 0.298 0~0.386 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、水田对 NO_2 浓度在 0.386 0~0.474 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、城镇用地对 NO_2 浓度在 0.561 9~0.064 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、工矿与交通用地和农村宅基地对 NO_2 浓度在 0.386 0~0.474 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的空气环境效应影响显著。就 NO_2 浓度变化在研究区分布面积分析, NO_2 浓度在 0.386 0~0.474 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的土地利用面积为最大,达 9.489 万 hm^2 ,约占研究区总面积的 25.613%, NO_2 浓度范围最大的土地利用类型为城镇用地,面积为 3.375 万 hm^2 ,占研究区总面积的 8.198%。

表 4 城市土地利用与 NO_2 浓度变化

城市土地利用类型	NO_2 浓度变化分级/ $(\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$					面积合计/ hm^2
	0.2099~	0.2980~	0.3860~	0.4740~	0.5619~	
	0.2980	0.3860	0.4740	0.5619	0.06499	
林地	16206.25	43296.77	36052.03	26163.47	19605.44	141324
水田	5905.619	12127.94	13394.76	7763.932	9226.365	48418.62
旱地	21481.20	6071.178	8094.904	4158.85	2385.769	42191.9
城镇用地	1932.961	1495.744	3152.568	7041.502	30375.11	43997.88
工矿与交通	8508.407	2604.614	12502.15	3212.358	434.1024	27261.63
农村宅基地	4292.998	8432.674	13453.95	5941.202	3143.088	35263.91
水域用地	5610.099	9624.112	8246.972	3766.509	4788.258	32035.95
总计/ hm^2	63937.53	83653.04	94897.33	58047.83	69958.12	370493.9

土地利用变化导致大气中 NO_2 浓度在 0.209 9~0.649 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 变化的空间变化呈现不均衡分布状况(附图 7)。从 NO_2 浓度空间变化分析,以青白江区—新都区—中心城区—一线 NO_2 浓度最高,浓度变化达 0.561 9~0.649 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,以此线向两侧,二氧化探浓度依次降低, NO_2 浓度最低值出现在研究区的东南部,幅度范围在 0.209 9~0.298 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间,与城镇用地、工矿与交通用地的空间分布基本一致。

(2)土地利用变化的总悬浮颗粒物效应。土地利用变化导致研究区总悬浮颗粒浓度变化是不同的(表 5)。由表 5 可知,林地和农村宅基地对总悬浮颗粒浓度在 1.198 7~1.267 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、水田对总悬浮颗粒浓度在 1.267 1~1.398 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、旱地对总悬浮颗粒浓度在 0.460 0~0.855 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、城镇用地对对总悬浮颗粒浓度在 1.267 1~1.398 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、工矿与交通用地对总悬浮颗粒浓度在 1.075 8~1.198 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、农村宅基地对对总悬浮颗粒浓度在 1.075 8~1.198 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、水域用地总悬浮颗粒浓度在 0.855 4~1.075 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 空气环境效益影响显著。在 0.460 0

~1.267 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的浓度变化范围的主要土地利用变化类型是林地,而在 1.26~1.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 浓度变化范围的主要土地利用变化类型是城镇用地。

总悬浮颗粒浓度在 0.46~1.389 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 变化,且浓度在研究区的空间变化呈现不均衡分布状况(附图 8)。就总悬浮颗粒浓度空间变化分析,以青白江区北部和双流县与武侯区结合部为浓度最高,达 1.267~1.389 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,浓度最低值出现在研究区的东南部与西北部区域,达 0.46~0.855 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间;其次以青白江区—新都区—中心城区—一线及其两侧向周围区域渐低,表现为东北—西南向延伸分布。总悬浮颗粒浓度的空间分布与工矿与交通用地的空间分布基本一致。

研究区总悬浮颗粒浓度变化在研究区分布面积是不同的,在 1.267 1~1.398 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的浓度范围的土地利用面积为最大,8.523 万 hm^2 ,占研究区总面积的 23%;总悬浮颗粒浓度范围最大的土地利用类型为城镇用地,面积为 3.488 万 hm^2 ,约占研究区总面积的 9.415%。

表 5 城市土地利用与总悬浮颗粒浓度变化

城市土地 利用类型	总悬浮颗粒浓度分级/($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)					面积合计/ hm^2
	0.4600~	0.8554~	1.0758~	1.1987~	1.2671~	
	0.8554	1.0758	1.1987	1.2671	1.3988	
林地	16189.08	25596.94	34077.75	46798.97	18661.22	141324.00
水田	3281.83	11523.59	8492.782	9524.746	15595.67	48418.62
旱地	21481.2	6071.178	8094.904	4158.85	2385.769	42191.90
城镇用地	1886.938	920.4577	1610.801	4694.334	34885.35	43997.88
工矿与交通	8508.407	2604.614	12502.15	3212.358	434.1024	27261.63
农村宅基地	1954.847	6554.488	9314.272	10042.55	7397.755	35263.91
水域用地	3385.733	8732.462	5984.529	8059.758	5873.469	32035.95
总计/ hm^2	56688.03	62003.74	80077.19	86491.56	85233.33	370493.90

4 结 论

(1)城市土地利用变化表现为耕地面积显著减少,建设用地面积持续增加,1992—2000 年与 2000—2008 年 2 个时段的耕地、植被、建设用地等主要土地利用变化时空转化速度有所加快,呈现不同的特点,对城市空气环境效应产生重要影响。

(2)以城市机动车排气污染、工地扬尘和道路扬尘整治为重点,分别采取限制没有环保标志的车辆进入二环路内,将有效控制和削减中心城区机动车污染负荷总量和加大对城市建筑工程工地和闲置土地的监管、对城市道路采取机械化清洁保洁、湿法作业有效减轻氮氧化物和总悬浮颗粒物污染程度,促进城市空气环境质量的明显改善。

(3)城市土地利用变化的复杂性体现在土地利用规模、空间布局形态和用地结构 3 个方面,经济发展、人口增长与城市化等因素共同对土地利用变化产生的影响,这一变化对环境产生重大影响。我国城市发展面临巨大的资源、环境、人口和空间压力,促使系统集成遥感数据、社会与经济数据,从理论、方法、实践应用方面开展城市土地利用变化的环境效益研究,对促进当前城市土地利用、城市建设和区域可持续发展具有积极的意义。

参考文献:

[1] 陈百明. 全球土地利用与土地覆被变化:进行综合研究[J]. 人类环境杂志,1994,23(1): 91-957.

[2] 陈国阶. 21 世纪可持续发展面临的七大挑战[J]. 中国人口·资源与环境, 2001,11(1):18-21.

[3] 徐冠华,李德仁. 摄影测量与遥感在中国[M]. 北京:测绘出版社, 2008.

[4] 陈百明,刘新卫,杨红. LUCC 研究的最新进展评述[J]. 地理科学进展, 2003,22(1): 22-29.

[5] 刘纪远;中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996, 21-45.

[6] 史培军,周武光,方伟华. 土地利用变化对农业自然灾害灾情的影响机理[J]. 自然灾害学报,1999,8(3): 22-29.

[7] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:土地利用/覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报,1996,51(6): 553-557.

[8] 张新时,周广胜,高琼,等. 中国全球变化与陆地生态系统关系研究[J]. 地学前缘,1997,4(2):137-144.

[9] 周万村,江晓波. 川、滇、黔、渝国土资源可持续发展决策支持信息系统建设[J]. 山地学报,2000, 18(6): 536-540.

[10] 葛全胜,赵名茶,郑景云. 20 世纪中国土地利用变化研究[J]. 地理学报, 2000,55(6):689-706.

[11] 陈述彭. 遥感地学分析的时空维[J]. 遥感学报,1997,1(3):161-171.