

云南高原楚雄市城市发展规模与城市热岛效应关系分析

何萍¹ 李宏波² 张琴¹

(1. 楚雄师范学院 地理科学与旅游管理系, 云南 楚雄 675000 ;

2. 云南省临沧市气象局, 云南 临沧 677000)

摘要: 选取城市发展规模要素的指标, 运用相关分析法, 系统分析楚雄市1990~2009年期间城市规模的发展对其城市热岛强度的影响关系, 发现建成区面积、非农业人口与城市热岛效应关系密切。再采用加权综合评价法计算城市发展规模综合指数, 建立楚雄市城市发展规模与城市热岛强度的变化趋势图, 发现近年来楚雄年热岛强度随着城市规模的发展逐年上升, 建议通过树立新的城市发展观、搞好城市生态规划等几个方面来进一步改善楚雄“城市热岛效应”的负面影响。

关键词: 楚雄市; 建成区面积; 非农业人口; 城市热岛效应; 相关分析

文献引用: 何萍, 李宏波, 张琴. 云南高原楚雄市城市发展规模与城市热岛效应关系分析[J]. 生态经济, 2012(6): 146~150.

中图分类号: X16; TU984 **文献标识码:** A

Relationship between Urban Development Scale and Heart Island Effect in Yunnan Plateau ChuXiong City

HE Ping¹, LI Hongbo², ZHANG Qin¹

(1. Department of Geography and Tourism Management, Chuxiong Normal University, Chuxiong Yunnan 675000, China;

2. Lincang Meteorological Bureau of Yunnan, Lincang Yunnan 677000, China)

Abstract: The paper selecting the size of the elements of urban development indicators, using of correlation analysis, systematically analyses the development of its urban heat island intensity of relations in Chuxiong of Yunnan during the period 1990-2009 and finds that built-up area, non-agricultural population and the urban heat island are close. Then the paper using the weighted evaluation index scale of urban development, establishes the scale of urban development of urban heat island intensity and changes in trends in Chuxiong City, and finds that in recent years with the Chuxiong urban heat island intensity on the scale of the development year by year, then proposes new city by establishing concept of development, and improving urban ecological planning, and several other areas to further mend the negative impact of the Chuxiong urban heat island effect.

Key words: Chuxiong City; finished area; non-agricultural population; urban heat island effect; related analysis

1 引言

1.1 选题背景及意义

城市热岛效应是城市气候最明显的特征之一, 是指城市中心地区近地面的温度高于郊区及周边地区温度的现象^[1]。随着城市规模逐渐扩大, 城市人口逐渐增多, 城市发展带来的环境污染已影响到人们的生活和健康, 城市热岛问题对城市整体带来的影响已引起人们的高度重视。城市热岛现象的存在使城市地区环境质量下降, 污染物不断扩散, 并由此引起了一系列的城市问题。因此, 城市的发展规模不能忽视气候的热岛效应。

影响城市热岛效应的因素可分为内部因素和外部因素^[2]。内部因素指城市发展过程中人为因素的作用, 如改变下垫面性质、人为热的释放等; 外部因素则指局地天气形势与气象条件, 如天气形势、风向、云量等。因此, 同一时间同一城市, 在市区与郊区外部影响因素基本相同的情况下, 市区气温高于郊区气温就可认为是由内部因素造成的。

我国对城市热岛的研究, 主要侧重于大城市, 对云贵高原的城市气候研究得很少。改革开放以来, 楚雄市城市化规模不断扩大, 人口和工厂不断增加, 城市基础设施发

基金项目: 国家自然科学基金地区基金项目(40965002); 云南省自然科学基金资助项目(2005D0078M2); 云南楚雄师范学院地理学学科建设
作者简介: 何萍(1965~), 女, 重庆合川人, 教授, 主要从事气象、气候与自然地理综合研究。

展较快,城市人口集中。随着城市规模的加大及环境的改变,城市热岛效应更加明显。因此,研究楚雄城市发展规模与城市热岛效应的关系,对以后的城市建设及环保部门有针对性地采取措施减轻城市热岛效应,具有重要的现实意义。同时为中小城市的城市发展规模、城市规划和环境保护等提供科学依据。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究现状

关于城市热岛效应及其与城市规模发展的关系,已引起国内外学术界的关注和研究,早期的城市热岛效应主要是利用地面观测资料,描述城市气温比城郊气温高的现象。从20世纪50年代起,在航空遥感技术的应用以及60年代卫星遥感技术在地物观测领域应用的帮助下,大大提高了人们对气候的观测和分析能力,也使西方发达国家在气象研究领域有了飞速发展。如罗真威格^[3]等通过对美国新泽西州纽瓦克和卡姆登县城区与郊区的气温差的比较研究,发现城市化的发展会导致当地气温上升,随着两城市城市化的发展其热岛效应也会继续增强;米切尔和裕西村(Hiroyuki)^[4]等的研究结果指出,一般城市最大城市热岛强度与人口的平方根或对数呈很好的线性关系。

1.2.2 国内研究现状

城市热岛效应的研究在我国起步较晚,始于20世纪80年代初期,我国对于城市热岛的研究,以前多是利用多年积累的城郊气温资料来分析我国各大中城市热岛的基本特征^[5],近些年,随着遥感技术的发展,遥感技术广泛应用于城市热岛研究。中国学者对国内一些大城市热岛效应及其影响因素的研究也取得了一定的进展。如丁淑娟^[6]等分析了哈尔滨近20年来热岛效应与城市发展的关系,发现哈尔滨热岛效应与发展强度指标之间具有显著的正相关关系;任春艳^[7]等在城郊对比分析的基础上运用主成分分析法对西北地区各城市的发展指标进行相关分析,得到了城市发展指标与城市气候指标的关联模型;黄嘉佑^[8]等的研究还发现,中国南方地区不同人口规模的城市之间气温差异较大,气温随着人口规模增加而增加,其与人口规模的关系还可以用非线性函数来反映。

1.3 研究区概况

楚雄市(25°02'N, 101°23'E)是位于云贵高原上的中小城市,为楚雄州府所在地,市中心海拔1773m^[9]。近年来城市规模发展迅速,城市人口由1990年的7.95万人增加到2010年末的23.6万人,20年间人口增长约3倍。城区建设面积由1990年的5.6平方公里到2010年末的25平方公里左右,城区面积扩大约4.5倍。楚雄市气象站1981年以前周围为大面积的农田,视野开阔,现已成为城市中心区,许多农田被建筑物所取代,周围多为高大建筑物。

市区与郊区温差逐年增大,城市热岛效应也越来越明显。

2 研究方法

2.1 相关分析

相关分析^[10]常用来测量两变量间的相关关系。通常用相关系数表示,它可以描述两个变量间线性相关强弱的程度。其取值在-1与+1之间,计算结果带有负号表示负相关,带有正号表示正相关。相关系数的数值越接近1(+1或-1),表示相关关系越强;越接近于0,相关关系越弱。为了判断时有个标准,具体的相关关系密切程度的等级为:相关系数在0.3以下时为无相关,0.3以上为有相关。0.3~0.5是低度相关;0.5~0.8是显著相关;0.8以上是高度相关。计算相关系数的公式如下:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

其中, r 表示样本的相关系数, n 为样本量, x_i 、 y_i 、 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 分别为两个变量的观测值和均值。

2.2 标准化处理

为了将数据处于同一个数量级别上,并让数据具有可比性,采用标准差标准化处理的方法对数据进行分析。公式为:

$$s_k = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

$$x_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}}{s_k} \quad (3)$$

其中, $k=1, 2, \dots, m$; $i=1, 2, \dots, p$; $j=1, 2, \dots, q$ 。 x_i 为原数据, s_k 为 x_i 的标准差, x_{ik} 指标标准化后的值, $\bar{x}$ 指标平均值的值。

2.3 加权综合评价法

加权综合评价法^[11]是对评价指标预先分配一个相应的权重系数,然后与被评价对象的各指标的量化值相乘后再相加的方法。该方法综合考虑了各个指标对总体对象的影响程度,把各个指标的优劣综合起来,用一个数量化指标加以集中,用以评价整个对象。是目前最为常用的计算方法之一。

计算公式为:

$$I = \sum_{i=1}^n A_i W_i \quad (4)$$

其中, I 为城市发展规划指标, A_i 为城市发展强度第*i*项指标的标准化值, W_i 为城市发展强度第*i*项指标的权重系数, n 为城市发展强度指标的个数。

3 楚雄市城市发展规划指标与城市热岛间的关系分析

3.1 楚雄市城市发展规划指标体系的建立

计算1990~2009年间楚雄市与郊区的年均城郊气温差^[12],称为楚雄市热岛强度值,作为反映楚雄市热岛效应

的指标。城市的发展使城市产生了热岛效应,但由于城市发展状况不同,各个研究中所选取的城市发展强度指标各有差异。确定城市发展指标选取原则是建立城市发展强度指标体系的基础,体现城市发展强度的因子众多,在筛选城市发展强度指标过程中,须遵循独立性、代表性、可操作、地域性原则^[13]。

在参考前人选取城市发展指标的基础上,结合楚雄市城市发展和热岛效应的实际情况,从城市人口、建成区面积、能源消耗、城市发展状况、城市用地结构、建筑密度等指标中进行预处理后,选取非农业人口、建成区面积两项指标作为楚雄市城市发展强度指标。并结合楚雄市1990~2009年的热岛效应的指标进行分析。

3.2 城市热岛效应与城市发展规模指标的相关性分析

3.2.1 人口规模与城市热岛强度的关系

人口向城市迁移集中的直接结果,就是带来城市人口规模的增长,楚雄市人口自1990~2009年一直呈上升趋势。人口的高度集中,势必释放大量的人为热。到1996年以后城郊年平均气温差增加到2℃以上。到21世纪初期出现了波动起伏的变化趋势(图1)。

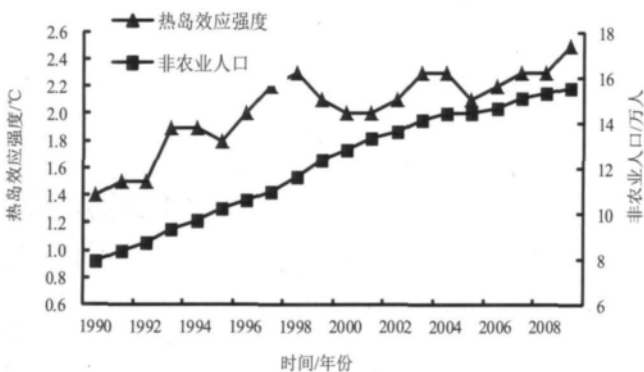


图1 楚雄市非农业人口变化情况

利用SPSS^[14]做相关分析,分析非农业人口规模对城市热岛效应的影响关系。可以看出1990~2009年期间,非农业人口规模与热岛效应强度在0.01显著性水平下都呈高度相关关系,相关系数为0.860,这说明非农业人口规模对城市热岛效应强度的正向影响关系较强。从图2中,可看出人口规模与热岛强度呈对数关系,通过对数趋势线可知,随着城市人口的增加,楚雄市热岛强度效应也明显增加了。

楚雄市城区人口规模从1990年到2009年20年间大约增大了3倍,人口的增加带来一系列的连锁反应:首先,人口增多会因呼吸、燃烧和工业发展使排入大气中的二氧化碳等温室气体的排放增加;其次,人口增加的同时会带来更加频繁的通勤,如大量的交通热量、家用电量、工业

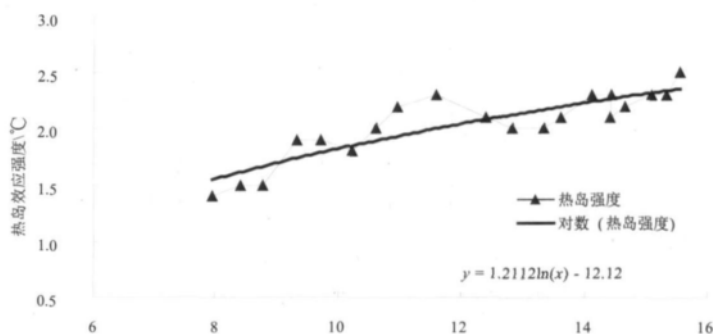


图2 楚雄市热岛强度与非农业人口的相关关系

活动耗能等,这样就使得热岛强度在不断的增强;最后,人口规模的发展必然要提升楚雄城市基础设施,使其增加人口容量。而人口增多又会使城市热岛强度增加,这样就进入一个无限循环。所以随着人口的激增,城市的人口密度加大,楚雄市的热岛效应处于缓慢增长的趋势。

3.2.2 建成区面积与城市热岛强度的关系

近年来,随着楚雄市城市的发展,旧城的更新与郊区新城的建设,使城市原有用地不断紧缩,建筑密度不断增加,高层和多层建筑不断拔地而起,导致楚雄市的建成区面积逐年增加(图3)。

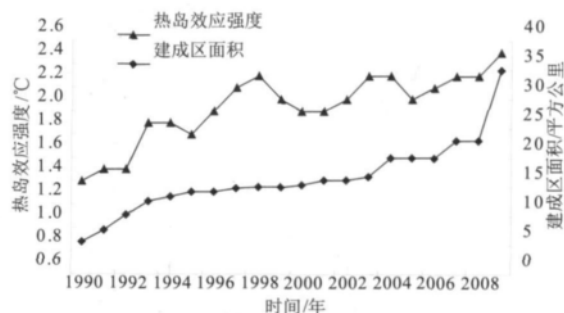


图3 楚雄市建成区面积与城市热强度关系图

对建成区面积与热岛强度做相关分析,发现建成区面积、热岛强度间的相关系数为0.833,通过了0.01水平检验,具有很好的正向相关性,这表指标的值越大,热岛强度的指数也越大。由图4中的多项式趋势线可知热岛强度总体呈现增长趋势,楚雄市随着建成区面积的扩大,楚雄市的热岛效应强度也随之增大。

楚雄市建成区面积的不断增长,尤其是随着1992年楚雄经济技术开发区建立,加快了经济的发展。楚雄市城市化进程加快,建成区面积逐渐扩大,使周围的大气及生活环境的温度增加,热岛强度也随之增强。在扩大建成区面积的过程中,由于原有的自然下垫面大部分被建筑物及道路所覆盖,尤其是大量的人工构筑物如各种建筑墙面、铺装地面等改变了下垫面的热属性,这些人

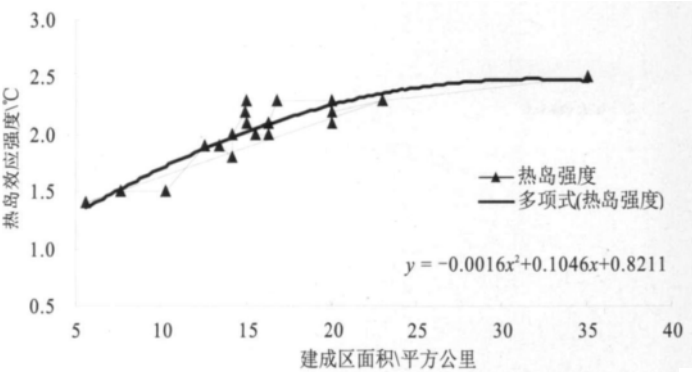


图4 楚雄市热岛强度指数与建成区面积的相关关系

工构筑物的特性之一是吸热快而热容量小，在相同的太阳辐射条件下，会比自然下垫面（绿地、水面等）升温快，其表面的温度也就明显高于自然下垫面。由此使市区温度明显高于郊区。城市面积的增长及环境的改变，也使城市热岛效应更加明显。

3.3 楚雄市城市发展规划与城市热岛强度的变化趋势

采用复合指标考察楚雄城市发展规划综合水平与城市热岛效应强度的关系。根据上述分析，首先采用标准化处理方法把非农业人口规模、建成区面积以及城市热岛强度进行标准化。将标准化处理后的楚雄市热岛强度数值作为热岛强度指数，非农业人口数值作为非农业人口指数、建成区面积数值作为建成区面积指数，标准化处理后的数据见表1。

表1 热岛强度及各个城市发展规划指标的标准化数据

年份	热岛强度指数	非农业人口指数	建成区面积指数	年份	热岛强度指数	非农业人口指数	建成区面积指数
1990	-2.119 5	-1.677 7	-1.728 5	2000	-0.116 8	0.268 2	-0.149 9
1991	-1.785 7	-1.501 4	-1.409 6	2001	-0.116 8	0.463 6	-0.022 3
1992	-1.785 7	-1.355 1	-0.979 1	2002	0.217 0	0.575 3	-0.022 3
1993	-0.450 6	-1.133 5	-0.612 3	2003	0.884 5	0.778 7	0.057 4
1994	-0.450 6	-0.974 8	-0.484 8	2004	0.884 5	0.902 4	0.567 7
1995	-0.784 4	-0.768 7	-0.357 2	2005	0.217 0	0.898 4	0.567 7
1996	-0.116 8	-0.616 7	-0.357 2	2006	0.550 7	0.990 1	0.567 7
1997	0.550 7	-0.483 8	-0.245 6	2007	0.884 5	1.165 6	1.046 1
1998	0.884 5	-0.226 9	-0.229 6	2008	0.884 5	1.257 3	1.046 1
1999	0.217 0	0.085 8	-0.229 6	2009	1.552 0	1.353 0	2.975 5

注：资料来源于楚雄市年鉴（1991～2010）。

再用加权综合评价法将非农业人口规模指数、建成区面积指数2个指标，合成为一个综合指标，用以表示楚雄市城市规模发展的综合水平。根据各个指标对总体对象的影响程度，在参考前人选取城市发展指标的基础上^[15]，对非农业人口和建成区面积2个指标分配一个相应的权重系数，分别为0.6和0.4。由公式（4）计算出楚雄市城市发展规划如表2所示。

表2 楚雄市城市发展规划规模指数（1990～2009）

年份	城市发展规划规模指数	年份	城市发展规划规模指数	年份	城市发展规划规模指数
1990	-1.70	1997	-0.39	2004	0.77
1991	-1.46	1998	-0.23	2005	0.77
1992	-1.20	1999	-0.04	2006	0.82
1993	-0.93	2000	0.10	2007	1.12
1994	-0.78	2001	0.27	2008	1.17
1995	-0.60	2002	0.34	2009	2.00
1996	-0.51	2003	0.49		

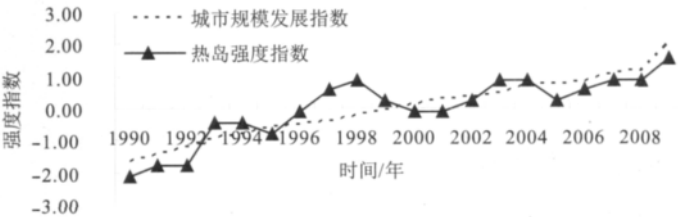


图5 楚雄市热岛强度与城市发展规划的变化趋势

热岛强度指数与城市发展规划规模的逐年变化趋势如图5所示。可以看出，从1990～2009年，随着城市发展规划规模的增加，楚雄市年热岛强度指数整体变化趋势是增大的，对二者进行相关分析发现，其相关系数为0.879，超过0.01显著性水平。这表明，楚雄市热岛强度与城市发展关系密切，随着楚雄市的发展，热岛强度指数峰值出现的频率有增大的趋势。楚雄市的城市热岛强度变化在未来几年将会有增强的趋势。

城市是人口的聚集地，城市人口的增长与密集是造成城市热量集中的重要因素，人口密度越大，城市热岛强度也越大。在这里分析的人口规模增长对城市热岛效应的影响，并不只是单纯地表示人口增长带来的人体排热，因为随着人口的迁移集中也伴随着经济活动的集中和能源消费的增长，与乡村相比，城市人口消费水平的提高和生活方式的改变增加了对生活性能源消耗，而在人口密度大的区域，往往是建筑物密集区，加上家庭炉灶、电器及人体排放的热量也比较集中，往往也成了城市的高温中心之一。因此，热岛效应与城市人口、人口在不同城市区域的分布状况都有着密切的关系。

通过楚雄市热岛强度与城市发展规划的变化趋势，建立热岛强度指数（*y*）与城市发展规划规模指数（*I*）的回归方程为：

$$y=0.154\ 8I_3-0.283\ 6I_2+0.60_7I+0.241\ 1$$

由上式可以看出，城市热岛指数与城市发展规划规模指数呈一元三次线性关系，随着城市规模的发展，热岛效应也将逐渐增强。尤其是在当今全球气候变暖趋势的大背景下，加上楚雄市所处的地区为云贵高原滇中干旱区，

其所受影响也相对较为明显；且受到复杂的气象、地理因素的作用，未来楚雄市的热岛效应还将更为明显。同时，楚雄市的城市发展规模趋势也将使热岛效应进一步加剧。比如，在楚雄市中期发展规划^[16]中指出，要加快新型工业化进程，而近年楚雄又加快了融入滇中城市群建设的步伐^[17]。由此可知，处在工业化前、中期的楚雄市在未来仍会加大城市发展的力度，人口数量与建成区面积将进一步增大、城市化的进程必将加快都会使人口等人为热因子和城市化因子，成为影响楚雄市未来热岛增强的主要相关因子。

3.4 建议

城市热岛现象的存在使城市内污染物不易扩散，城市空气污染更加严重，城市热岛改变了城市局地气候，造成局部地区气候异常。近年来，城市热岛效应加剧而导致高温灾害发生的概率增大。因此为了减缓热岛效应的影响，建议：

(1) 加强楚雄市市区绿地系统建设。城市建成区的发展大大改变了市区的自然下垫面，因此，向其他郊区疏散工厂、减少人为热源，还可以采取适时向路面喷洒清洁用水等措施来调节城市气温。同时，大力加强城市绿化，是减轻热岛影响的关键措施。重点建设市区小绿地，在工业区与居民区之间穿插绿化带，在城市交通干道两侧多建设绿化带和工业区的防护绿地。

(2) 合理的规划楚雄城市发展结构。随着人口规模、建成区面积的不断扩大，造成了城市中外部空间的不足和城市通风不良，而楚雄市就其布局现状而言，也存在着城市主体功能区不尽合理、陈旧建筑物朝向与间距不规范等问题。因此在规划城市发展结构时，也要加大对市内的龙江公园、桃园湖等现有绿化和水面面积的保护和建设，并结合合理的建筑物密度、朝向、间距与布局形式，加大空气流动的空间。

(3) 节约能源，提倡绿色生活方式。积极发展城市公共交通系统，提倡清洁能源的使用，不但能够减少交通设施的占地面积，还能减少能源消耗和汽车尾气排放。同时，加强宣传教育力度，增强市民环保节能意识，减少楚雄热岛效应强度。

4 结果与讨论

本文主要采用非农业人口以及建成区面积两项指标，分析了1990～2009年期间楚雄市城市发展规模对其城市热岛效应的影响关系，得出以下主要结论：

(1) 城市人口规模增长是考察城市发展规模对城市热岛效应影响关系的一个非常有价值的综合性指标，通过相关分析，发现非农业人口规模与热岛效应强度呈高度相关

关系，相关系数为0.860，这表明随着城市人口的增加，楚雄市热岛效应强度也明显增加了。

(2) 对楚雄市建成区面积与热岛强度做相关分析发现，建成区面积与热岛强度间的相关系数为0.833，通过了0.01水平检验，具有很好的正相关性。

(3) 城市热岛效应与城市规模的发展具有密切关系，对二者进行相关分析发现，其相关系数为0.879，随着楚雄市的发展，热岛强度指数峰值出现的频率有增大的趋势。

(4) 在一定意义上，正是由于城市规模的发展才造成了城市热岛效应。因此可从合理规划楚雄城市发展结构、加强市区绿地系统建设以及加强宣传教育力度等方面减缓热岛效应带来的负面影响。

参考文献：

- [1] 郑艳，潘家华，吴向阳. 影响北京城市的主要社会经济因子分析[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(4): 188~192.
- [2] 徐祥德，汤绪. 城市化环境气象学引论[M]. 北京：气象出版社，2002: 62~63.
- [3] Rosenzweig C, Solecki W D, Parshall L, et al. Characterizing the Urban Heat Island in Current and Future Climates in New Jersey [J]. Environmental Hazards, 2005, 6(1): 51-62.
- [4] Mitchell J. The Thermal Climate of Cities: Symp. Air Ov cities [J]. U.S. Public Health Serv. Publ SEC. Tech. Kept., 1961, A62-5: 131-145.
- [5] 束炯，江田汉，杨晓明. 上海城市热岛效应的特征分析[J]. 上海环境科学, 2000, 19(11): 532~534.
- [6] 丁淑娟，张继权，刘兴朋，等. 哈尔滨市城市发展与热岛效应的定量研究[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(4): 230~234.
- [7] 任春艳，吴殿廷，董锁成. 西北地区城市化对城市气候环境的影响[J]. 地理研究, 2006, 25(2): 233~241.
- [8] 黄嘉佑，刘小宁，李庆祥. 中国南方沿海地区城市热岛效应与人口的关系研究[J]. 热带气象学报, 2004, 20(6): 713~722.
- [9] 何萍，李宏波. 云贵高原中小城市热岛效应分析[J]. 气象科技, 2002, 30(5): 288~291.
- [10] 李洁明 祈新娥. 统计学原理[M]. 第4版. 上海：复旦大学出版社，2007: 341~346.
- [11] 张会，张继权. 基于GIS技术的洪涝灾害风险评估与区划研究——以辽河中下游地区为例[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 141~146.
- [12] 云南省气象档案馆. 云南省地面气象资料整编(1990~2009) [Z].
- [13] 丁淑娟. 长春城市发展对城市热岛效应的影响及减缓对策研究 [D]. 长春：东北师范大学，2008.
- [14] 余建英，何旭宏. 数据统计分析与SPSS应用[M]. 北京：人民邮电出版社，2003: 164~168.
- [15] 王桂新，沈继雷. 上海城市化发展对城市热岛效应影响关系之考察[J]. 亚热带资源与环境学报, 2010, 5(2): 1~11.
- [16] 楚雄州人民政府. 楚雄州国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要[Z]. 2006.
- [17] 楚雄州规划局. 融入滇中城市群建设的楚雄城市发展问题研究 [Z]. 2009.