

快速城镇化背景下城市热岛演变特征及成因分析

冯晓刚, 撒利伟, 许五弟, 李凤霞, 李 萌, 周在辉

(西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 以快速城镇化为研究背景, 以西咸一体化为样区, 基于 Landsat TM 热红外波段数据, 采用单窗算法反演地表温度, 获得了 1988、2000 和 2010 年三个不同时期西咸地区热岛空间分布及演变特征, 并借助主成分分析的方法探讨了西咸一体化背景下城市热岛的演变成因, 结果表明: ①西咸一体化致使西咸地区热岛效应加剧, 表现为 22 年间热岛区域面积累计增加 95.79 km²; ②热岛区域面积的增加主要来源于强热岛区和常温区面积减少的流入; 同时, 绿岛区域是西咸区域内变化仅次于常温区域的热岛类型, 累计增加 161.72 km²; ③22 年间西咸地区强热岛区域表现为由面及点的发展趋势, 而热岛区域则呈现摊大饼式的面状扩展模式; ④PCA 分析表明: 城市人口、建成区面积、人均道路面积、人均绿化面积、平均风速和降水量 6 个影响因子为西咸一体化进程中城市热岛演变特征的主要影响因素。

关键词: 西咸一体化; 城市热岛; 演变特征; 转移矩阵; 主成分分析; 中误差

中国分类号: TU18

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2015)04-0565-6

Analysis of the characteristics and causes of the evolution of the urban heat island amidst the of rapid urbanization

FENG Xiaogang, SA Liwei, XU Wudi, LI Fengxia, LI Meng, ZHOU Zaihui

(College of Architecture, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Based on the thermal band data of Landsat TM and by using mono-window algorithm for surface temperature inversion, this paper studied the dynamic characteristics and the causes of the urban heat island Xi'an-Xianyang City from 1988 to 2010. By using the PCA method, the paper also studied the evolution characteristics and causes. The results show that: (1) The heat island effect of the Xi'an - Xianyang City turned worse with the urbanization and the performance for the area of heat island zone continued to increase up to 95.79 km² within 22 years. (2) Flows into the heat island area increase comes mainly from the strong heat island area and normal area reduced. At the same time, the green island area is the biggest island types after the normal temperature area in the past 22 years in the Xi'an-Xianyang City, with a cumulative increase of 161.72 km². (3) The performance of the strong heat island area developed from planar to points in the past 22 years in Xi'an-Xianyang City area, and the heat island area is the development model of the pie style. (4) The PCA analysis results show that the main influence factors are the urban population, build-up area, the per capita road area, the per capita green area, the average wind speed and precipitation of the Xi'an - Xianyang Integration process heat island evolution characteristics.

Key words: the integration of Xi'an-xianyang city; urban heat island; evolution characteristic; transfer matrix; principal component

1818 年 Lake Howard 对伦敦城区和郊区的气温进行对比观测发现, 市中心气温比郊外高 (各月平均分别高 0.5~1.2℃), 城乡温差夜间比白天大, 并首次在《伦敦气候》一书中提出了“城市热岛”的概念^[1]. 自城市热岛及热岛效应概念提出以来, 各国学者对不同经纬度、不同大小类型的城市作了大量的城、郊温度差异研究^[2-4], 且均发现了这一现象. 特别是 20 世纪后期由于全球变暖和快速城市化使得城市热岛及热岛效应的研究成为全世界范围内具有理论和实践双重意义的研究热点之一.

快速城镇化进程的一个显著标志是城市地表覆被类型的剧烈变化及城市空间的急剧扩张^[4]. 与

此同时, 由于地表覆被类型的剧烈变化及城市空间持续扩张导致原有生态系统平衡被破坏, 加剧了城市热生态环境的恶化. 因此, 利用城市热环境数据分析其与城市化发展水平间的相关关系, 对改善城市人居环境具有积极的指导意义. 1972 年, 由 Rao, P.K 发表的研究论文《利用环境卫星探测城市热岛效应》一文中, 首次利用 TIROS-1 热红外数据 (10.2~12.5 μm) 研究了美国大西洋中部沿海城市地表温度分布模式^[5], 由此揭开了利用热红外遥感数据研究城市热环境的历史新纪元. 此后, 由于热红外遥感数据所具有的大范围、长时间序列等优势为国内外众多学者所采用, 并针对不同的研究样

收稿日期: 2014-03-24 **修改稿日期:** 2015-08-01

基金项目: 陕西省自然科学基金青年人才基金资助 (2013JQ5011); 陕西省教育厅专项基金资助 (11KJ0756)

作者简介: 冯晓刚 (1979-), 男, 讲师, 博士, 主要从事全信息古遗址保护与环境遥感方面的研究. E-mail: fendao_ren@163.com

区,做了大量的研究,内容主要集中在:城市热岛效应时空分布与动态变化特征研究^[3,6-7]、热格局过程模拟与预测研究^[8-9]、影响因素研究^[7]、调控方法及生态安全效应研究等^[10-11]。总结前人研究发现鲜有学者以西咸一体化进程为背景,分析和探讨西咸地区城市热岛效应的演变特征及其成因。因此,以西咸一体化为研究样区,以 Landsat TM 多光谱数据中的热红外波段为主要数据源,辅以气象及统计年鉴等数据,探讨快速城镇化背景下城市热岛的演变特征及其影响因素,以期有效缓解西咸地区城市热岛效应提供科学的理论依据和有效参考,并为其它城市热岛效应的演变过程及其成因研究提供借鉴与参考。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区域概况

西安咸阳(东经 107° 38' ~ 109° 49', 北纬 33° 39' ~ 35° 32') 地处陕西省中部,八百里秦川腹地。渭水横穿,南接秦岭,宗山亘北,是丝绸之路的第一站。该研究区共辖 12 区 1 市 14 县,总面积 20 196 km²,总人口 1 362 万人,其中城镇人口 800 余万。属暖温带半湿润季风气候,四季分明,夏季炎热多雨,冬季寒冷少雨雪,春秋时常逢连阴雨,年平均气温 11.1~13.3 °C。年极端最高气温 35~41.8 °C,极端最低温-16~-20 °C。降水季节分配不均,通常 7~9 月多雨,年平均相对湿度 70%,年均风速 1.8 m/s,夏季多东北风,冬季多西北风。本次研究范围主要为西安市主城区和咸阳市区城市,面积约 1 300 km²。

1.2 数据源

以多光谱数据 Landsat TM 卫星数据热红外波段第 6 波段为基础,影像成像时间分别为 1988 年 5 月 7 日,2000 年 5 月 12 日和 2010 年 8 月 4 日,影像轨道号均为 127-36。影像空间分辨率除第 6 波段外均为 30 m,第 6 波段空间分辨率为 120 m。辅助数据包括:1988~2010 年西安、咸阳两市范围内的统计年鉴及陕西省统计年鉴数据,及 2000 年 1:1 万研究区地形图和相关历史气温数据等。

1.3 研究方法

因获取的 TM 数据是经过粗加工的,因此只需进行几何精校正和相对辐射校正。以 2000 年 TM 数据为基础与研究区 2000 年 1:1 万地形图采用二次多项式变换、利用最邻近法对图像各波段进行几何校正与重采样,校正后的影像综合误差控制在 0.5 个

像元内。由于 TM 第 6 波段与其它各波段的空间分辨率不一致,因此,利用第 6 波段进行地表温度反演前,先将第 6 波段重采样并与其它波段叠加后一并几何精校正;由于获取的遥感影像为非同时相数据,为了使不同时期反演结果具有可比性,以 2000 年影像为基准进行相对辐射校正,以消除时相差的影响,并采用单窗算法进行地表温度的反演,图 1 为基于 TM 热红外影像的地表温度反演流程。

2 城市热岛信息的提取

2.1 城市热岛信息提取原理

由于 Landsat TM 数据只有一个热红外波段,针

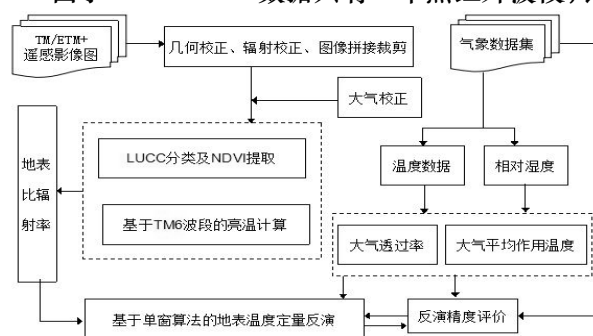


图 1 TM 数据地表温度反演流程

Fig.1 The land surface temperature data based on TM

对只有一个热红外波段的地表温度定量反演算法主要有:辐射传输方程(Radiative transfer equation, RTE)、Jiménez-Muñoz & Sobrino's 单通道算法和覃志豪单窗算法三种。文中采用覃志豪等人提出的单窗算法,该算法主要包括辐射亮温计算和地表温度计算两个步骤^[12]。

(1) 辐射亮温计算

$$L_A = \frac{DN \times (L_{\max} - L_{\min})}{255} + L_{\min} \quad (1)$$

$$T_6 = K_2 / \ln(K_1 / L_A + 1) \quad (2)$$

式中: L_A 为热辐射强度值, T_6 为辐射亮温, K_1 、 K_2 为校正系数(TM 数据中, K_1 取 60.776 MW/(cm² · sr · μm), K_2 取 1 260.56 K)。

(2) 地表温度计算

单窗算法的核心参数包括:地表比辐射率、大气透射率和大气作用平均温度 3 个。

$$T_s = \frac{1}{C} \{a(1-C-D) + [b(1-C-D) + C + D] \times T_b - D \times T_a\} \quad (3)$$

式中: T_s 为实际地表温度, T_b 为卫星高度上传感器观测到的亮度温度, T_a 是大气平均作用温度(单位为 K); C 和 D 是中间变量,计算分别为: $C = \varepsilon \times \tau$, $D = (1 - \tau)[1 + (1 - \varepsilon) \times \tau]$; a 和 b 是根据热辐射强度和亮温拟合出来的系数,当温度介于 0~70°C 时, a 的取值为 -67.355 351, b 的取值为 0.458 606;

ε 和 τ 分别为热红外波段的地表比辐射率和大气透射率, 地表比辐射率的计算参照覃志豪的方法 $\varepsilon = f \times \varepsilon_v + (1 - f) \times \varepsilon_i + d_z$. 其中: ε_v 为 TM 热红外波段范围内植被的比辐射率取值 0.985, ε_i 为裸露地表的比辐射率取值 0.960. f 为植被盖度, d_z 为地表几何分布和内散射效应, 由于所选研究区域较为平坦, 故 $d_z=0$. 与此同时, 往往由于大气平均作用温度和大气透射率较难获取, 故借鉴覃志豪等人提出的针对中纬度夏季平均大气作用温度的估算公式: $T_a = 16.011 + 0.92621 \times T_0$ (T_0 为近地面高 2 米处的大气温度), 针对 TM6 的大气透射率估算方程: $\tau = 1.031412 - 0.11536\omega$ (ω 为大气水分含量), 选择经验值 $\omega=2.0 \text{ g/cm}^2$ 进行大气透射率估算.

2.2 城市热岛信息反演结果

基于 ERDAS9.2 平台, 在对三期不同时相数据

进行相对辐射校正的基础上, 以单窗算法为原理构建地表温度反演模型, 分别对西咸区域 1988、2000 及 2010 年不同时相 TM 数据热红外波段进行地表温度计算, 并采用温度归一化处理, 得到了研究区不同年份归一化温度图. 热岛类型划分方法采用了基于中误差的划分方法^[13], 将反演获取的地表温度进行密度分割并依次划分为 5 个等级, 分别为强绿岛区 ($0 \sim T - 2m$)、绿岛区 ($T - 2m \sim T - m$)、常温区 (包括常温区一区 ($T - m \sim T$) 和常温二区 ($T \sim T + m$))、热岛区 ($T + m \sim T + 2m$)、强热岛区 ($T + 2m \sim 1$) (其中 T 为研究区归一化温度平均值, m 为该值对应的中误差). 同时, 利用 ArcScene 将归一化温度图制作为三维热岛立体图, 结果见图 2.

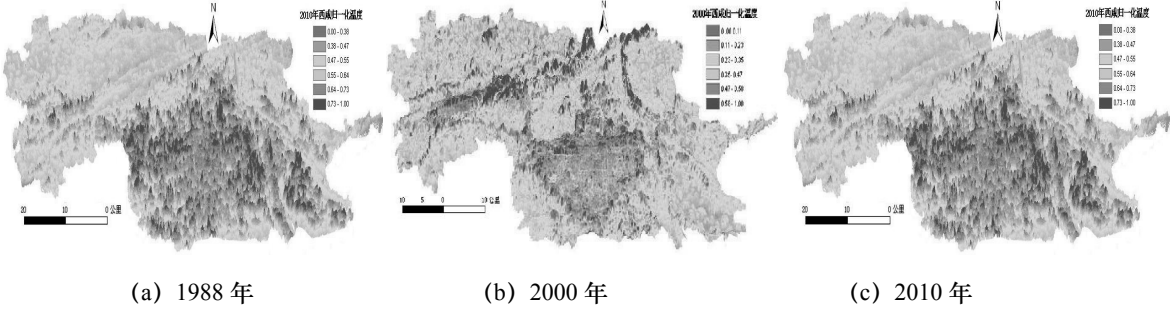


图 2 基于中误差划分的西咸地区归一化温度分布图
Fig2. The LST of Xianyang and Xi'an based on MSE

3 讨论与分析

3.1 西咸区域不同热岛类型特征演变分析

表 1 不同年份西咸地区归一化温度统计表

Tab. 1 The table of standard LST of Xi'an-Xianyang in different years

年 份	西咸地区					
	强度分级	强热岛区	热岛区	常温区	绿岛区	强绿岛区
1988 年	面积 / km ²	67.66	111.33	1 080.30	85.27	21.78
	比例 / %	4.95	8.15	79.07	6.24	1.59
2000 年	面积 / km ²	34.44	178.29	915.88	226.49	11.24
	比例 / %	2.52	13.05	67.03	16.58	0.82
2010 年	面积 / km ²	19.49	207.12	878.01	246.99	14.73
	比例 / %	1.43	15.16	64.26	18.08	1.08

由表 1 可知: 1988、2000 和 2010 年三个时段中常温区均占绝对优势, 因此, 常温区为该研究区域的主要热岛类型; 同时, 1988-2010 年 22 年间该热岛类型呈现下降趋势. 为了进一步对比分析 22 年间不同热岛类型的演变特征, 分别制作了 1988~2010 年西咸区域不同热岛类型数量趋势图 (图 3) 和 1988~2010 年 22 年间不同时段不同热岛类型变化趋势图 (图 4).

以表 1 为基础, 结合图 3 可知: (1)1988、2000 和 2010 年三个时段中常温区为主要热岛类型, 分别占研究区面积的 79.07 %、67.03 %和 64.26 %; 同时, 常温区面积呈现较为明显的下降趋势, 22 年间累计减少 14.81 %, 是热岛类型中变化最为剧烈的一类; (2)强热岛区和常温区呈现较为一致的变化特征, 即呈现阶梯下降的趋势, 且表现为 1988~2000 年 10 年间变化幅度均大于 2000~2010 年间的

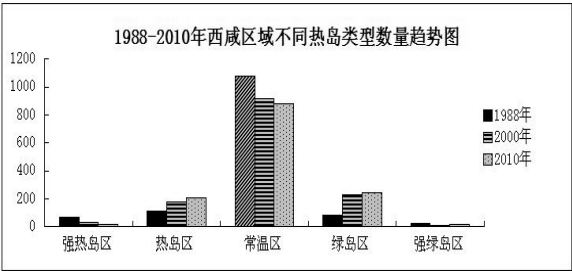


图 3 1988-2010 年西咸区域不同热岛类型数量趋势
Fig.3 The trend of the UHI types from 1988 to 2010

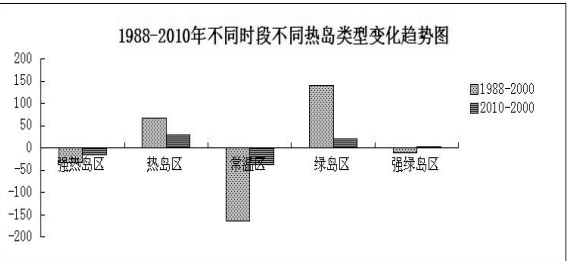


图 4 1988-2010 年不同时段不同热岛类型变化趋势
Fig.4 The change tendency of the UHI from 1988 to 2010

变化幅度; (3)热岛区和绿岛区呈现较为一致的变化规律, 即呈现阶梯上行的趋势. 同时, 绿岛区 1988-2000 年间增幅最为明显, 累计增加 10.34 %; (4)强绿岛区 1988~2000 年呈现大幅减少的趋势,

而 2000~2010 年 10 年间又表现为小幅增加的趋势.

结合图 4 可知: 除了强绿岛区域外, 其它热岛类型均表现为 1988~2000 年 12 年间的年变化幅度均大于 2000~2010 年 10 年间的变化幅度. 分析其原因主要在于 1988~2000 年间为研究区内城镇化的起步阶段, 在这一时期内, 由于大兴土木、路桥等措施, 使得城市范围内地表覆被类型变化较为剧烈所致; 同时, 在农村范围内, 提倡植树造林和大力发展水果、蔬菜等农副业产品, 导致原有耕地类型向植被等地表高密度覆盖物的转变巨大, 而后 10 年发展中, 由于前面土地利用类型基本固定, 导致变化通常为局部或者小范围内的调整, 因此, 综合分析前者演变程度强于后者, 这与当时该研究区域内的经济发展状况与模式相一致.

3. 2 不同热岛类型间的转移特征分析

为了分析不同年份间的热岛类型的转移特征, 利用重分类后的热环境数据, 在 Erdas 中利用 Modeler 模块构建了不同热岛类型 1988~2000、2000~2010 年不同时间段热岛类型转移矩阵, 结果见表 2.

表 2. 西咸区域 1988~2010 年分时段热岛类型转移矩阵 (单位 Km^2)
Tab.2 Transition matrix of urban heat island types between 1988 and 2010 in Xi-Xian area / Km^2

年 份		强热岛区	热岛区	常温区	绿岛区	强绿岛区	总面积
1988-2000	强热岛区	33.11	34.55	0.00	0.00	0.00	67.66
	热岛区	1.33	100.07	9.93	0.00	0.00	111.33
	常温区	0.00	43.67	887.08	149.55	0.00	1 080.30
	绿岛区	0.00	0.00	18.81	65.36	1.10	85.27
	强绿岛区	0.00	0.00	0.06	11.58	10.14	21.78
	总面积	34.44	178.29	915.88	226.49	11.24	1 366.34
2000-2010	强热岛区	17.00	14.32	3.12	0.00	0.00	34.44
	热岛区	1.87	164.05	12.37	0.00	0.00	178.29
	常温区	0.62	26.44	839.16	47.02	2.64	915.88
	绿岛区	0.00	2.31	23.36	198.66	2.16	226.49
	强绿岛区	0.00	0.00	0.00	1.31	9.93	11.24
	总面积	19.49	207.12	878.01	246.99	14.73	1 366.34

不同热岛类型转移矩阵计算结果表明: 1988~2000 年, 西咸地区强热岛区域面积大幅减少首先是由于其流入热岛区域, 转化面积为 34.55 km^2 , 除去由热岛区域转入为强热岛区域的面积, 12 年间由强热岛区域流出转化为热岛区域面积累计 33.22 km^2 , 占 1988 年强热岛区域面积的 49.91 %; 热岛区域面积大幅增加, 主要增加源为强热岛区域的流入和常温区的流入, 两项流入累计面积为 78.22 km^2 , 占 1988 年热岛区域面积 70.26 %; 常温区域面积明显减少, 减少区域主要流入到绿岛区域和热岛区域, 变化量累计占 1988 年常温区域面积的 17.89 %, 除去由绿岛区域流入的 18.81 km^2 , 12 年间常温区域累计减少面积 164.42 km^2 ; 绿岛区域大幅度增加, 12 年间累计增加面积 141.22 km^2 , 主要为常温区流入

149.55 km^2 , 占 1988 年绿岛区域面积的 175.38 %, 为该时段增幅最大的热岛类型; 强绿岛区域 12 年间累计减少 11.64 km^2 , 占 1988 年强绿岛区域面积的 53.44 %, 且主要流入绿岛区域.

2000~2010 年, 西咸地区强热岛区域面积小幅增加, 主要来源于热岛区域和常温区域减少面积的流入; 热岛区域面积增加明显, 10 年间累计增加 28.83 km^2 , 主要流入方为常温区域减少的面积, 10 年间累计由常温区转化为热岛区域的面积为 14.07 km^2 , 占热岛区面积总增加量的 48.80 %; 常温区整体呈现减少的趋势, 10 年间常温区面积累计减少 73.46 km^2 , 且主要流出为绿岛区域, 占减少量的 64.01 %; 绿岛区域呈现小幅增加的趋势, 10 年间累计增加面积 20.5 km^2 , 且主要来源于常温区域的

流入, 同时, 转出的绿岛区域主要流入了常温区, 极少数转化为热岛区域和强绿岛区域; 强绿岛区域整体呈现小幅度增加的趋势, 10 年间累计增加面积 3.49 km², 且主要由绿岛区和常温区转化而来。

22 年间西咸地区热岛类型中增幅最大的是绿岛区, 累计增加面积 161.72 km², 该区域主要为植被覆盖区, 其空间分布与陕西省统计年鉴中礼泉、三原、周至、武功等地增加的果木业空间位置相吻合, 增加面积与统计数据相一致。变化最小的为强绿岛区, 累计减少面积 7.05 km², 且呈现前 12 年减少后 10 年增加的态势, 究其原因是该地区水域面积随着气候干旱加剧先呈现减少的趋势, 后随着山川秀美等工程的实施, 及重视水土保持、植树造林和水资源保护等措施的展开使得研究区域内水域面积呈现小幅增加, 但整体来看, 依然整体呈现减少的趋势, 且主要流入绿岛区域。

将 1988、2000 及 2010 年三幅热岛图与西安、咸阳地形图进行配准, 综合分析发现: 1988 年西咸地区强热岛区和热岛区空间分布与当时城市建成区空间格局分布完全一致; 2000 年强热岛区与热岛区在原有范围基础上呈现摊大饼式扩展方式, 且扩展密度紧凑。咸阳地区扩展突出表现在咸阳市东北方向, 即渭城区区域; 西安市突出扩展表现在主城区正北, 即未央区区域, 这与该时段未央区的快速发展相一致; 同时灞河周边也表现为强热岛区和热岛区, 其原因在于该时段灞河水急剧减少, 河床和沙滩裸露所致; 2010 年咸阳地区, 强热岛区和热岛区呈现点状和小片状分布, 这是咸阳市注重城市绿化和生态建设的结果, 与此同时, 西安市强热岛区以点状分布为主, 其空间分布与大规模楼盘空间位置分布相一致, 热岛区域增加与城市 10 年间的建成区增加的空间范围呈现一致性特点。

4 城市热岛的成因分析

城市热岛效应的形成是城市化过程对城市生态环境影响的必然结果。归纳认为影响因素可分为环境要素和人为要素两个方面。结合西咸地域及气候特征, 综合分析影响指标主要包括: 平均风速、日照时数、平均气温、降雨量、城市人口、人均拥有道路面积、人口密度、建成区面积和人均公园绿化面积等 9 个定量指标。由于获取的数据是不同要素的表达, 具有非一致性特征, 因此, 首先采用极差标准化方法对各影响因素进行标准化处理, 并借助主成分分析的原理, 采用统计分析软件 SPSS17.0

实现了对影响西咸地区城市热岛效应的各变量主成分分析, 结果见表 3。

表 3 各主成分的特征值及其贡献率表
Tab.3 The table of contribution rate and the value of the PCA

主成分	特征值	贡献率 / %	累积贡献率 / %
1	5.552	61.694	61.694
2	1.193	13.260	74.958
3	1.073	11.925	86.879
4	0.531	5.904	92.784
5	0.444	4.930	97.714
6	0.088	0.981	98.695
7	0.081	0.896	99.591
8	0.037	0.409	100.000
9	1.166E-5	0.000	100.000

由表 3 可以看出: 第一主成分的贡献率最大, 达到了 61.694 %, 远高于其它主成分; 第二、三主成分贡献率分别为 13.26 %和 11.925 %。即前 3 个主成分累积贡献率为 86.879 %, 表明前 3 个主成分包含了原始 9 个变量中高达 86.879 %的信息量, 由此可认为前 3 个主成分已经能够很好的反映城市热岛形成的主要原因; 同时亦表明, 原始数据具有较高的冗余度。为了进一步分析, 对上述数据进行主成分变换, 得到了前 3 个主成分包含的原 9 个变量的信息载荷情况, 主成分载荷矩阵见表 4。

表 4 主成分载荷矩阵表
Tab.4 Table of the component matrix

影响因素	第一主成分	第二主成分	第三主成分
平均风速	-0.98	-0.295	0.938
日照时数	0.690	-0.372	-0.096
平均气温	0.811	-0.393	-0.182
降水量	0.254	0.870	0.133
城市人口	0.980	0.034	-0.075
人口密度	0.980	0.035	-0.075
人均道路面积	0.831	0.189	0.318
人均绿化面积	0.914	-0.031	0.144
建成区面积	0.947	0.136	0.024

通常情况下主成分对应的值越大表明这一主成分包含原始变量信息的成份越高, 即所占比重也越大。基于主成分载荷矩阵, 具体分析各主成分的组成, 用于表明不同影响因素对西咸地区热岛效应的影响权重。对于第一主成分而言, 建成区面积、城市人口、人口密度、人均道路面积和人均绿化面积为第一主成分的主要正贡献因子, 而平均风速则为反向贡献因子; 对第二主成分而言, 降水量占明显比重, 对该成分具有明显的正贡献, 而平均风速、日照时数、平均气温等对该主成分产生负的影响; 对第三主成分而言, 平均风速、人均道路面积等为其主要贡献因子, 而对第一主成分产生主要负影响的平均风速对该成分则产生正影响。综合分析各个主成分的主要贡献因子, 对西咸区域影响城市热岛

效应的主要影响因子按照贡献度大小可以概括为:城市人口、建成区面积、人均道路面积、人均绿化面积、平均风速和降水量等 6 个主要影响因子。同时表 4 反映出,主成分 1 集中反映了城市发展水平及城市规模大小对城市热岛效应的影响,主要包括城市人口数量、建成区面积及人口密度等;主成分 2 主要反映了气象条件对城市热岛效应的影响,主要包括降水等信息;主成分 3 综合反映了天气状况对城市热岛效应的影响,主要包括风速等信息。

5 结束语

通过对 1988-2010 年 22 年间的西咸一体化中的城市热岛演变过程进行分析,结果表明:(1) 1988~2000 年间不同城市热岛类型变化大于 2000~2010 年间,且常温区为主要热岛类型,其面积呈现不断减少的趋势;但由于后 10 年间西咸一体化步伐加快,导致较大范围内城市热岛效应为加剧的趋势,即热岛区域面积持续扩大,这与城市建设用地的增加密切相关;(2) 不同城市热岛类型间的转移特征分析表明,热岛区域面积的增加主要来源于常温区和强热岛区域减少面积的流入;同时绿岛区域变化是该研究区 22 年间增幅最大的热岛类型,主要在于西咸地区 90 年代初期开始大范围种植和发展果蔬业的缘故;(3) 城市热岛空间变化分析表明:22 年间西咸地区强热岛区表现为由面及点的发展态势,而热岛区呈现摊大饼式的面状发展趋势;(4) 基于 PCA 方法的热岛效应成因分析表明,主成分 1 集中反映了城市发展水平及城市规模大小对城市热岛效应的影响,主要包括城市人口数量、建成区面积及人口密度等;主成分 2 主要反映了气象条件对城市热岛效应的影响,主要包括降水等信息;主成分 3 反综合反映了天气状况对城市热岛效应的影响,主要包括风速等信息。

参考文献 Reference

- [1] HOWARD L. Climate of london deduced from meteorological observation[J]. Harvey and Darton, 833,1(3):1-24.
- [2] DAVID J, SAILOR Lu. A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas[J]. Atmospheric Environment, 2004,39(3):2737-2748.
- [3] 陈云浩, 李晓兵, 史培军 等. 上海城市热环境的空间格局分析[J]. 地理科学, 2002, 22(3):318-322.
CHEN Yunhao, LI Xiaobing, SHI Pei jun, et al. Study on spatial pattern of urban heat environment in shanghai city[J]. Scientia Geographica Sinica, 2002,22(3):318-322.
- [4] 冯晓刚, 石辉. 西安城市热环境格局的动态演变[J]. 生态学杂志, 2012, 31(11): 2921 - 2925.
- FENG Xiaogang, SHI Hui. Dynamic changes of urban heat environment pattern in Xi'an of northwest china[J]. Chinese Journal of Ecology, 2012,31(11):2921-2925.
- [5] RAO P K. Remote sensing of urban heat island from an environmental satellite[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1972,53:647-648.
- [6] 徐涵秋, 陈本清. 城市热岛与城市空间发展的关系探讨——以厦门市为例[J]. 城市发展研究, 2004, 11(2):65-70.
XU Hanqiu, CHEN Benqing. A study on urban heat island and its spatial relationship with urban expansion: xiamen, SE china[J]. Urban Studies, 2004,11(2):65-70.
- [7] 冯晓刚, 撒利伟, 石辉. 基于多元目标的主成分分析的热岛效应成因研究[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2012, 44(4):507-511.
FENG Xiaogang, SA Liwei, SHI Hui. Study on the urban heat island effect based on the PCA of multi-purpose[J]. J.Xi'an Univ. Of Arch.& Tech:Natural Science Edition, 2012, 44(4):507-511.
- [8] 陈志, 俞炳丰, 胡汪洋 等. 城市热岛效应的灰色评价与预测[J]. 西安交通大学学报, 2004, 38(9):985-988.
CHEN Zhi, YU Bingfeng, HU Wangyang, et al. Grey assessment and prediction of the urban heat island effect in city[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2004, 38(9):985-988.
- [9] 曹丽琴, 张良培, 李平湘 等. 城市下垫面覆盖类型变化对热岛效应影响的模拟研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2008, 33(12):1229-1232.
CAO Liqin, ZHANG Liangpei, LI Pingxiang, et al. Simulation study of Influence of change of land surface types on urban heat island[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2008, 33(12):1229-1232.
- [10] KATO S, YAMAGUCHI Y. Analysis of urban heat-island effect using ASTER and ETM+ Data: Separation of anthropogenic heat discharge and nature heat radiation from sensible heat flux[J]. Remote Sensing of Environment, 2005(99):44-54.
- [11] 陈云浩, 李晓兵, 宫阿都. 基于遥感的城市空间热环境寻因分析[J]. 同济大学学报, 2006, 34(6):782-785.
CHEN Yunhao, LI Xiaobing, GONG Adu. Remote sensing based causation analysis and simulation of urban spatial thermal environment[J]. Journal of Tongji University:Nature Science, 2006, 34(6):782-785.
- [12] 覃志豪, Zhang Minghua, Arnon Karnieli 等. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J]. 地理学报, 2001, 56(4):456-466.
QIN Zhihao, ZHANG Minghua, Arnon Karnieli, et al. Mono-window algorithm for retrieving land Surface temperature from Landsat TM6 data[J]. Acta Geographica Sinica, 2001,56(4):456-466.
- [13] 冯晓刚, 杨鑫, 撒利伟. 不同热岛类型的划分方法适用性研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(12):41-43.
FENG Xiaogang, YANG Xin, SA Liwei. Applicability research on different types of heat island division[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2012, 35(12): 41-43.

(编辑 沈波)