

文章编号: 1008-2786-(2016)4-425-07

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000147

济南市南部山区热力景观空间格局

王其新,王召海*,陈飞龙

(山东师范大学地理与环境学院,山东 济南 250000)

摘 要: 将分形几何学基本理论引入热力景观空间格局分析,借鉴景观生态学研究方法,使用包括济南市南部山区的 2013-05-21 的 landsat-8 数据和同时间段 MODIS 数据,利用劈窗法反演地表温度。在反演地表温度的基础上,采用均值-标准差法,将反演地表温度分为高温、次高温、中温、次低温及低温 5 个等级,分别对应热力景观的 5 个景观类型。采用景观生态学中破碎度、分维数、多样性、均匀度和优势度等评价指标。结果表明:济南市南部山区高温区、次高温区、中温区、次低温区及低温区占南部山区面积分别为 12.07%、14.64%、36.47%、15.12%、21.70%,各热力景观指数存在明显差异,表明南部山区在热力空间分布上的差异性。

关键词: landsat-8; MODIS; 劈窗法; 热力景观空间格局

中图分类号: X144

文献标志码: A

空间异质性是指某种生态学变量在空间分布上的不均匀性及复杂程度。景观学原理认为,山区构成要素是一个具有高度空间异质性的复杂系统,在外界影响和自身作用下动态变化,具有景观的特征^[3]。在一定的度量上,将地表划分为连续的具有空间异质性的地理斑块。不同的地理斑块在热力环境中表现为不同的热力状态。连续空间异质性斑块所表现出的温度差异对城市气候、城市生态环境、人居环境等有着深远影响。热环境的空间异质体被称为热力景观。山区景观在 3 个方面影响着热力景观:景观构成要素的物理性质的差异,不同景观构成要素对热力吐纳的差异,以及人类活动废热排放的空间差异。因此,景观指数常被用来研究城市热力景观空间格局分析。热环境是人类活动同周围环境共同作用的热力场环境^[2]。基于空间地理位置上研究南部山区热力环境,对于城市规划、山区高温灾害预防等提供决策意见^[4]。

1 研究区概况与数据源

济南南部山区,地理位置独特,地处泰山余脉,境内群山环抱、沟壑纵横;山体海拔最高在 1 000 m 以上,四季变化明显,夏季大部分山体植被覆盖茂密。济南市域大南部山区东到章丘、西到平阴,包括章丘市境内、历城区境内、长清区境内、平阴县境内山区。

本文利用的遥感数据为 2013-05-21 成像的 landsat-8 数据和时间上相对应的 MODIS 数据。遥感数据均来源于美国地质勘探局(USGS, <http://gloves.usgs.gov/>)。

2 研究原理与技术流程

2.1 研究原理

收稿日期(Received date): 2015-08-22; 修回日期(Accepted): 2015-11-21。

作者简介(Biography): 王其新(1990-),男,安徽省宿州市人,在读硕士研究生,主要从事 GIS 和遥感应用方面研究。[Wang Qixin(1990-), male, Suzhou City, Anhui Province, ms. c candidate, Mainly engaged in GIS and remote sensing applications.] E-mail: wangqixin444@sina.cn; Tel: 18753105701

* 通信作者(Corresponding author): 王召海(1966-),副教授,男。[Wang Zhaohai(1966-), Associate Professor, male.] E-mail: wzhl3306408828@126.com

目前,在热环境遥感研究中,地表温度数据主要以遥感图像灰度值、亮度值和遥感反演等方式获取。研究证明地表温度反演算法是一种精度较高的地表温度获取方法,适用于城市热环境定量研究^[5]。

在地表温度反演的众多算法中,劈窗法是一种精度较高的具有代表性的算法。该算法利用 10~13 窗口内两个连续热红外通道对大气不同吸收作用的不同,通过两个通道测量值不同组合消除大气的影响,进行大气透过率和地表比辐射率的校正。最终获得精度较高的地表温度。

劈窗法最初是针对 NOAA/AVHRR 等遥感数据而开发的,目前公开发表的劈窗法有 20 余种。劈窗法的一种表现形式如下:

$$T_s = A_0 + A_1 T_i - A_2 T_j \quad (1)$$

式中 T_s 是地表温度; T_i 和 T_j 分代表表热红外两通道的亮度温度; A_0 、 A_1 和 A_2 分表是反演系数,由地标比辐射率和大气透过率等参数确定,不同的算法反演系数不同。

劈窗法被证明相对与单窗法反演地表温度精度较高,在热力场定量研究中更具有可信度。2013-02-11,美国宇航局 NASA 成功发射了 landsat-8 卫星,卫星上携带有 2 个主要载荷:陆地成像仪 (Operational Land Imager,OLI) 和热红外传感器 (Thermal Infrared Sensor,TIRS)。本文利用 landsat-8 数据的 2 个热红外通道(第 10 和第 11 通道),采用劈窗算法反演南部山区地表温度。第 10 和第 11 波段的中心波长与 MODIS 数据的热红外波段的 31 和 32 波段的中心波长基本一致,其详细参数如表 1。

表 1 landsat-8 数据和 MODIS 数据热红外波段参数比较

Tab. 1 Comparison of thermal infrared band parameters of landsat-8 data and MODIS data

数据类型	热红外波段 / μm	波宽 / μm	中心波长 / μm	分辨率 /m
Landsat-8(TIRS)	10	10.60~11.20	10.90	100
	11	11.50~12.50	12.00	100
MODIS	31	10.78~11.28	11.03	1 000
	32	11.77~12.27	12.02	1 000

依据表 1 可知,利用 landsat-8 热红外波段,采用劈窗算法进行地表温度反演是可行的。本文利用 landsat-8 的热红外波段,采用劈窗算法,对济南市进行地表温度进行计算,并在地表温度反演的基础上对南部山区热力景观空间格局分析研究^[6]。

2.2 技术流程

2.2.1 数据预处理

利用 landsat-8 数据的 TIRS 第 10 和第 11 波段计算出星上亮度温度;对 OLI 数据进行定标、大气校正、拼接(介于南部山区行政区,需两幅同轨道、同时相的两幅影响拼接)、裁剪等预处理,并利用 OLI 的 3、4、5 和 6 波段生成研究区的归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index,NDVI)、改进型归一化水体指数(Modified Normalized Difference Water Index,MNDWI)以及归一化建筑指数(Normalized Difference Barren Index,NDBI)用来参与比辐射率的计算。同时利用同一天的相近时间段的 MODIS 数据计算大气水汽含量,用来估算大气透过率。

2.2.2 技术路线

首先利用 landsat-8 数据的 OLI 和 TIRS 计算亮度温度、地标比辐射率,然后利用 MODIS 数据估算出大气含水量,通过大气含水量计算出大气透过率,将上述参数作为中间输入得出劈窗法的系数,最终求得地表温度。在地表温度反演的基础上结合南部山区县级行政边界矢量文件对反演结果进行行政区划,对南部山区热力景观空间格局分析研究,具体流程如图 1。

3 劈窗法公式及各类参数计算

3.1 劈窗算法推导

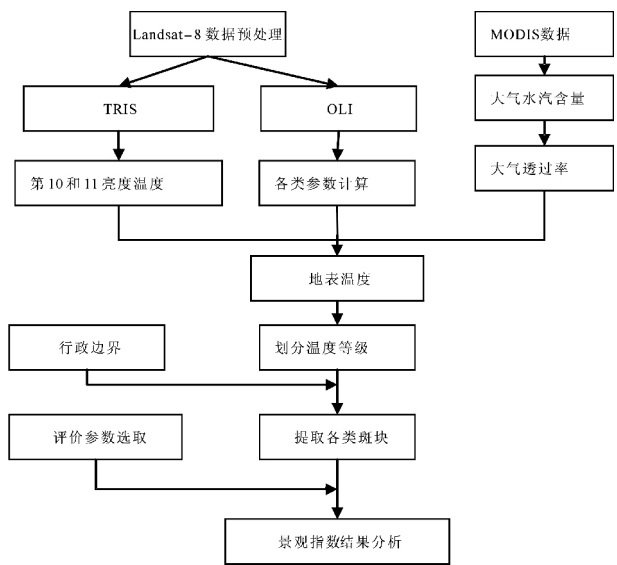


图 1 技术流程图

Fig. 1 Technical flow chart

3.1.1 热红外辐射传送方程

地表热辐射通过大气时,被大气吸收、散射、反射等,热红外辐射传送方程就是描述热红外辐射传送规律^[5]。假设晴空天气,不考虑大气分子和大气散射,热红外辐射传输方程可表示如下式:

$$B_i(T_i) = \tau_i(\theta) \cdot [\varepsilon_i \cdot B_i(T_s) + (1 - \varepsilon_i) \cdot L_i \downarrow] + L_i \uparrow \quad (2)$$

式中 $B_i(T_i)$ 为传感器在地表温度为 T_s 时接受的辐射强度; $B_i(T_s)$ 为地表温度为 T_s 时的黑体辐射强度; $L_i \uparrow$ 为大气上行辐射; $L_i \downarrow$ 为大气下行辐射经过大气候衰减后的进入传感器的辐射强度; T_i 为 landsat-8 通道的 i 的亮度温度; T_s 为地表温度; ε_i 为地表比辐射率; $\tau_i(\theta)$ 为通道 i 在传感器视角为 θ 下从地面到传感器的大气透射率。

3.1.2 Planck 函数

Planck 函数给出了黑体辐射的辐射强度与温度和波长 λ 定量关系,根据 Planck 方程,在给定波长 $\lambda(\mu\text{m})$ 和温度 $T(K)$ 条件下,黑体的辐射亮度为:

$$B_\lambda(T) = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{C_2/\lambda T} - 1)} \quad (3)$$

其中, $C_1 = 1.19104 \times 10^8 \text{ W} \cdot \mu\text{m}^4 / (\text{m}^2 \text{sr})$, $C_2 = 1.43877 \times 10^4 \mu\text{m} \cdot \text{K}$, T 为温度, λ 为有效波长。

3.1.3 劈窗法

劈窗算法即是 Planck 函数代入辐射传输方程,并对方程进行 Taylor 展开,取其前两项作为近似值,得到简化的 31、32 通道热辐射方程组,通过求解方程组推导出劈窗算法的,这是推导劈窗算法的通用方式:

$$T_s = A_0 + A_1 T_{10} - A_2 T_{11} \quad (4)$$

其中, T_s 为所求得的地表温度,单位为 K; T_{10} 和 T_{11} 分别为 landsat-8 数据第 10 波段和第 11 波段对应的亮度温度,单位为 K; A_0 、 A_1 和 A_2 分别为劈窗算法的系数。最终各个系数推演公式如下:

$$A_0 = a_{10} E_1 - a_{11} E_2 \quad (5)$$

$$A_1 = 1 + A + b_{10} E_1 \quad (6)$$

$$A_2 = A + b_{11} E_2 \quad (7)$$

$$E_1 = D_{11} (1 - C_{10} - D_{10}) / E_0 \quad (8)$$

$$E_2 = D_{10} (1 - C_{11} - D_{11}) / E_0 \quad (9)$$

$$A = D_{10} / E_0 \quad (10)$$

$$E_0 = D_{11} C_{10} - D_{10} C_{11} \quad (11)$$

公式中其他参数分别定义为:

$$C_i = \varepsilon_i \cdot \tau_i(\theta) \quad (12)$$

$$D_i = [1 - \tau_i(\theta)] \cdot [1 + (1 - \varepsilon_i) \cdot \tau_i(\theta)] \quad (13)$$

式中 $i = 10$ 或 11 , 表示 landsat-8 数据 TIRS 的 10、11 通道; ε_i 是 landsat-8 数据第 i 波段的地表比辐射率; τ_i 是 TIRS 数据第 i 通道在视角 θ 处的大气透射率。Landsat-8 的 TIRS 传感器最大天顶角仅为 7.5° , 为窄视场传感器,可以忽略不计天顶角对观测角的影响,对地表温度反演精度不会有较大的影响。因此,确定地表比辐射率 ε 和大气透射率 τ 是反演地表温度的关键参数。表 2 中给出了不同温度范围时,系数 a_i 和 b_i 的值。从表 2 中可以看出,温度范围越小,精度越高。据此,为了获得较高精度的地表温度,最好是根据温度范围选择相应的系数。

表 2 不同温度范围内的 TIRS 的反演回归系数

Tab.2 Inversion regression coefficients of TIRS in different temperature range

T/°C	a_{10}	b_{10}	a_{11}	b_{11}
0 ~ 30	-59.139	0.421	-63.392	0.457
0 ~ 40	-60.919	0.428	-65.224	0.463
10 ~ 40	-62.806	0.434	-67.173	0.470
0 ~ 50	-64.608	0.440	-69.022	0.476

3.2 亮度温度、地表比辐射率、大气透过率计算

3.2.1 亮度温度

亮度温度可以通过波段的表观辐射亮度代入 Planck 函数求解得到,表观辐射亮度由 landsat-8 数据 TRIS 中的 DN 值定标得到,见公式

$$I_i = Scales_i (DN_i - offset_i) \quad (14)$$

式中 T_i 为 TIR 第 i 波段的表观辐射亮度; DN_i 是第 i 波段的 DN 值; $Scales_i$ 是第 i 波段的拉伸量; $offset_i$ 是偏移量,可以从 landsat-8 数据的头文件中读取。

Planck 函数反推公式可以得到温度亮度,如下:

$$T_i = C_2 / \lambda_i \ln \left(1 + \frac{C_1}{\lambda_i^5 I_i} \right) \quad (15)$$

式中 T_i 为第 i 波段的亮度温度; C_1 和 C_2 分别为常数; λ_i 为第 i 波段的中心波长,可取 $\lambda_{10} = 10.90 \mu\text{m}$, $\lambda_{11} = 12.00 \mu\text{m}$; I_i 为第 i 波段的表观辐射亮度,由公式(14)得出。

3.2.2 地表比辐射率

对于 Landsat 系列影像,在波段区间确定的情况下,地表比辐射率主要取决于地表物质结构,因此本文从像元的角度将地表分为植被、建筑、水体和裸地 4 种地表类型。

利用 landsat - 8 的 OLI 数据 3、4、5 和 6 波段生成 NDVI、MNDWI 和 NDBI，采用决策树分类方法，将上述参数作为中间输入对南部山区进行分类，构建模型流程图(图 2)。

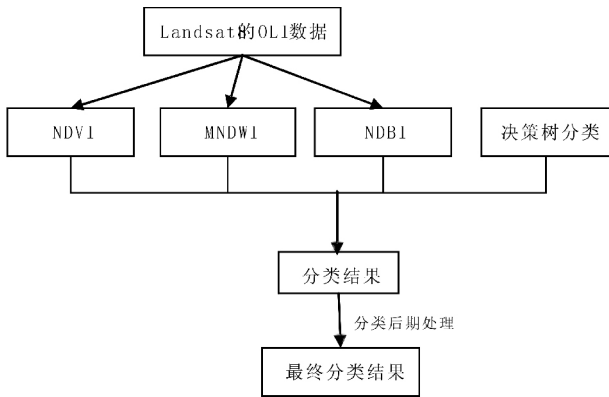


图 2 决策树分类流程图

Fig. 2 Decision tree classification flow chart

水体在热波段范围内的比辐射率很高，接近于黑体。水体和建筑像元的比辐射率直接取值分别为 $\epsilon_{10} = 0.996\ 83$ ， $\epsilon_{11} = 0.992\ 54$ ， $\epsilon_{10} = 0.968\ 94$ ， $\epsilon_{11} = 0.970\ 83$ ，植被和裸地的比辐射率由陈瀚阅等^[5-6]给出的植被覆盖率经验模型得出。

3.2.3 大气透过率

大气透过率是劈窗法反演地表温度的一个关键参数。研究表明，大气水汽含量的变化是大气透过率波动的主要因素。地表温度反演过程中，地球透过率的估算一般都是先与大气水汽含量建立关系，然后由大气水汽含量来计算大气透过率。笔者使用与 landsat - 8 同天时间段邻近的 MODIS 数据，根据毛克彪的方法，可用 MODIS 数据第 2 和 19 波段反演得到大气透过率^[5]。Kaufman 和 Gao 证明在无云条件下，基于 MODIS 通道反演的水汽含量可以有比较好的精度，推算公式如下：

$$\omega = \left[\left(\alpha - \ln \left(\frac{\rho_{19}}{\rho_2} \right) \right) / \beta \right]^2 \quad (16)$$

式中 ω 是大气水分含量，单位为 g/cm^2 ； α 和 β 为常量，分别取 $\alpha = 0.02$ 和 $\beta = 0.632\ 1$ ； ρ_{19} 和 ρ_2 分别是 MODIS 数据第 19 和 2 波段的地表反射率。

本文利用 MODIS 第 19 和 2 波段数据反演好水汽含量，再通过覃志豪等利用 MODTRAN 模型，中纬度夏季和冬季大气剖面数据模拟出来的大气透过率与大气水分含量的线性函数关系计算大气透过率，具体的大气透过率与大气水分含量的线性关系如表 3。

Landsat - 8 的第 10 和第 11 波段和 MODIS 数据第 31 和第 32 波段的中心波段基本对应，因此，由上述方法推导出来的 MODIS 31 和 32 波段的大气透过率，基本上适用于 landsat - 8 数据第 10 和 11 通道的大气透过率。MODIS 同时，landsat - 8 数据在空间分辨率上较 MODIS 的空间分辨率有很大的提高，在计算大气透过率上对于计算精度有了进一步的保证。

4 热力景观评价体系

4.1 热力景观类型划分

热力景观类型是指不同温度的斑块。按照温度的高低划分为不同的等级，每个温度等级对应一个热力景观，若干相同斑块组成热力景观。采用均值—标准差法将标准化后的南部山区地表温度划分为高温区、次高温区、中温区、次低温区和低温区五类热力景观类型(见图 3)。划分结果见表下 4。

4.2 热力景观参数

4.2.1 破碎度(C)

破碎度指热力景观被分割的破碎程度。热力景观被分割的破碎程度与城市规划、城市发展、人类活动有着密切联系。破碎度可表示为：

$$C = N/A \quad (17)$$

式中 N 为斑块数目； A 为斑块的面积。

4.2.2 多样性(H)

表 3 MODIS 31、32 波段的大气透过率估算方程

Tab. 3 MODIS 31 and 32 wave equation of atmospheric transmittance

$/(\text{g} \cdot \text{cm}^2)$

水汽含量			
夏季 0.4 ~ 2.0	夏季 2.0 ~ 4.0	夏季 4.0 ~ 5.4	冬季 0.4 ~ 1.4
$\tau_{31} = 1.01636 - 0.10346\omega$	$\tau_{31} = 1.11795 - 0.15536\omega$	$\tau_{31} = 0.77313 - 0.07404\omega$	$\tau_{31} = 1.10109 - 0.09656\omega$
$\tau_{32} = 1.02114 - 0.13927\omega$	$\tau_{32} = 1.09361 - 0.17980\omega$	$\tau_{32} = 0.65166 - 0.07354\omega$	$\tau_{32} = 0.97022 - 0.08057\omega$

注： τ_{31} 、 τ_{32} 分别为 31、32 通道的大气透射率 ω 大气水汽含量。

表 4 温度级别划分结果

Tab. 4 Temperature classification results

热力景观类型	类型级别	温度划分区间	温度范围/K
I	低温	$T_s < \mu - \text{std}$	287.75 ~ 299.25
II	次低温	$\mu - \text{std} < T_s < \mu - 0.5\text{std}$	299.25 ~ 301.16
III	中温	$\mu - 0.5\text{std} < T_s < \mu + 0.5\text{std}$	301.16 ~ 304.98
IV	次高温	$\mu + 0.5\text{std} < T_s < \mu + \text{std}$	304.98 ~ 306.89
V	高温	$\mu + \text{std} < T_s$	306.89 ~ 319.72

注: T_s 反演真实地表温度; μ 是温度平均值; std 是温度方差。

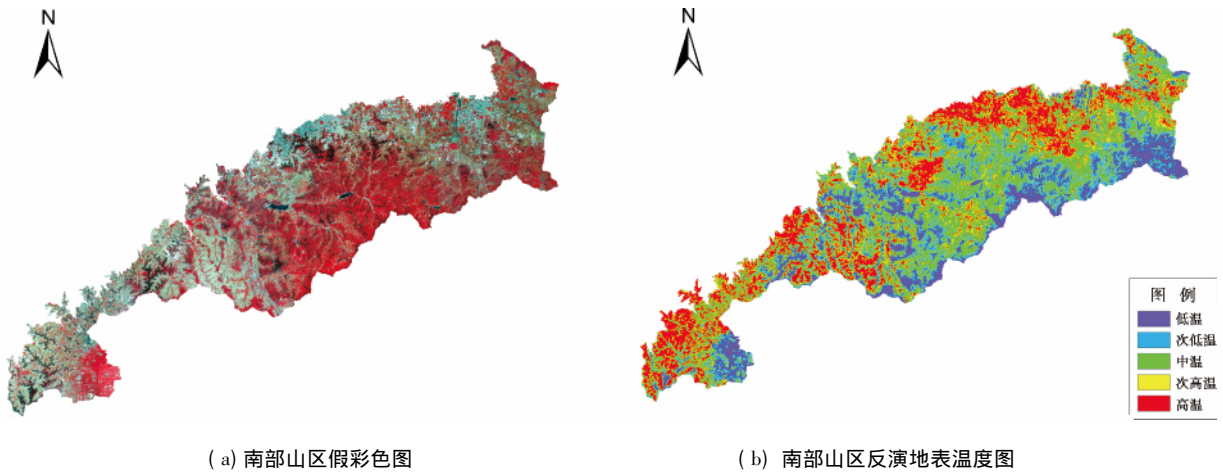


图 3 南部山区热力景观空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution map of thermal landscape in Southern mountainous area

多样性用来度量热力景观系统结构组成的复杂程度,多样性指数的大小取决于两个方面的信息:一是斑块类型的多少;二是各板块类型在面积上分布的均匀程度。多样性可表示为:

$$H = - \sum_{k=1}^n P_k \ln(P_k) \quad (18)$$

式中 P_k 是斑块类型 k 在热力景观中出现的概率(通常以该类型占有的像元占热力景观像元总数的比例来估算) n 是热力景观中斑块类型的总数。

4. 2. 3 优势度(D)

优势度指数是指多样性指数的最大值与实际计算值之差,描述的是热力景观中一个或少数几类斑块类型控制程度。优势度可表示为:

$$D = H_{\max} + \sum_{k=1}^m P_k \ln(P_k) \quad (19)$$

式中 H_{\max} 是多样性指数的最大值, P_k 是斑块类型 k 在景观中出现的概率, m 是热力景观斑块类型的总数。

4. 2. 4 均匀度(E)

均匀度指数是描述热力景观中个斑块在面积上

分布的不均匀程度,通常以多样性指数和其最大值的比来表示,均匀度指数可表示为:

$$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{- \sum_{k=1}^n P_k \ln(P_k)}{\ln(n)} \quad (20)$$

式中 H 是热力景观多样性, H_{\max} 是其最大值。

4. 2. 5 分维数(F)

对于单个斑块而言,其形状的复杂程度可以用它的分维数来度量。具有复杂边界斑块的分为大于 1,但小于 2。其分维数值越大(但小于 2),则形状越不规则。分维数可表示为:

$$F = 2 \ln\left(\frac{P}{k}\right) / \ln(A) \quad (21)$$

式中 p 表示斑块的周长, A 是斑块的面积, k 是常数。对于栅格景观而言 $k=4$ 。

4. 2. 6 聚集度指数(C)

聚集度指数反映热力景观中不同斑块类型的非随机性或聚集程度。与多样性和均匀度指数不同,聚集度指数明确考虑斑块类型之间的相邻关系,因此能够反映热力景观组分的空间特征。聚集度指数

表 5 热力斑块统计

Tab.5 Thermal plaque statistics

景观类型	斑块类型	斑块周长/m	斑块面积/hm ²	斑块数量	斑块平均面积/hm ²	面积所占比例/%
I	低温	5 106 630.00	42 157.35	3 366.00	12.52	12.07
II	次低温	13 441 410.00	51 140.16	6 932.00	7.38	14.64
III	中温	21 707 370.00	127 431.90	10 585.00	12.04	36.47
IV	次高温	22 431 120.00	52 819.83	16 810.00	3.14	15.12
V	高温	10 604 760.00	75 822.30	6 496.00	11.67	21.70
总计		73 291 290.00	349 371.54	44 189.00	46.76	100.00

可表示为:

$$C = C_{\max} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (22)$$

式中 C_{\max} 是聚集度指数的最大值 $[2\ln(n)]$, n 是热力景观中斑块类型总数, P_{ij} 是斑块类型 i 与 j 相邻的概率。

5 热力景观空间格局分析

5.1 热力景观总体特点

济南市南部山区 2013 年 5 月热力景观在景观水平上具有明显的空间分布特征。由图 3 可知,南部山区高温区、次高温区主要分在靠近城市以及植被覆盖较少的山体地区;中温区分布较广,主要分布在植被覆盖相对较高的地区;次低温和低温区主要分布在植被覆盖较高和水面地区。由热力斑块统计表(表 5),V 类占面积比例为 21.70%,平均斑块面积为 11.67 hm²,主要分布在历城区和平阴县,主要由裸露及植被覆盖极少的山体构成;III 类所占面积为最大,其面积比例为 36.47%,斑块平均面积为 12.04 hm²;I 所占面积比例最小,但其斑块平均面积最大,分别为 12.07% 和 12.52 hm²,此类热力斑块主要由大面积的水库、湖面以及大面积茂密林地构成。

5.2 热力景观指数分析

各个热力景观类型的各个热力景观指数明显不同,是南部山区地表构成要素在热力景观上存在差异的量化表现。IV 类热力景观破碎度和分维数均为最大(图 4 和图 5),分别为 0.32 和 1.55,表明南部山区在次高温温度范围内分布比较离散且呈现复杂不规则的边界,多分布在南部山区居民区和人工建筑地表区;均匀度指数为 0.94,南部山区各类斑块在面积上分布较为均匀;优势度指数为 0.09,说明南部山区热力景观主体不受某一类热力斑块控制,热力场环境变化较为频繁,这与山区复杂的地形相

吻合;聚集度指数为 66.63,在一定范围内局部地区热力斑块丰富度较高,这与均匀度较高相对应。

表 6 热力景观指数计算结果

Tab.6 Calculation results of thermal landscape index

景观类型	温度等级	破碎度	分维数	均匀度	优势度	多样性	聚集度
I	低温	0.08	1.42				
II	次低温	0.14	1.50				
III	中温	0.08	1.48	0.94	0.09	1.52	66.63
IV	次高温	0.32	1.55				
V	高温	0.09	1.45				

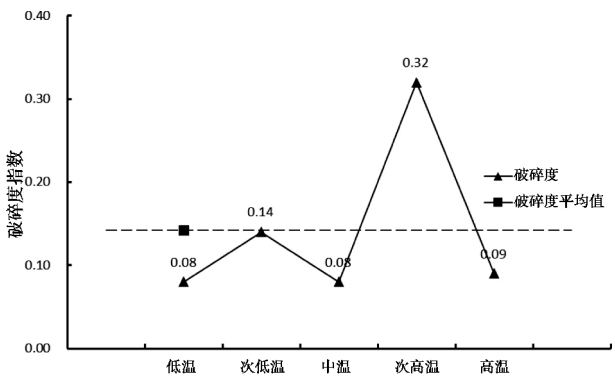


图 4 破碎度指数趋势图

Fig. 4 Fragmentation index trend

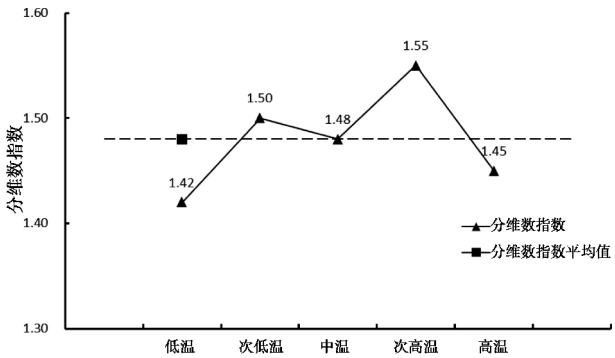


图 5 分维数指数趋势图

Fig. 5 Fractal dimension index trend

6 讨论

近几年来,随着全球气候变暖,城镇化加速,城镇边界逐步向外扩展至山区以及开矿,致使山区植被覆盖减少,山区热力场平衡遭到破坏。地球气温的升高和全球转暖,空气湿度下降,气候干燥下形成的放电现象增多,对森林安全形成严重威胁。森林火灾的发生与燃烧前的温度、风向风速、相对湿度、降雨量及干旱持续时间等因素有关。图3可以看出,济南市南部山区高温区占据较大比例,局部地区出现大于 45° 极高温现象。因此,应对加强对南部山区的高温监控管理,严格控制森工采伐作业,提高山区植被覆盖率。

参考文献(References)

- [1] 但尚铭. 成都市热力景观空间格局演变趋势分析[G]//中国遥感应用协会. 第十七届中国环境遥感应用技术论坛论文集,北京 2013:1-4 [Dan Shangming. Analysis on the evolution of spatial pattern of thermal landscape in Chengdu City[G]// China Association of Remote Sensing Application. The seventeenth China Environmental Remote Sensing Application Technology Forum, Beijing, 2013:1-4]
- [2] 李少青,陈学业,莫宏伟. 长沙都市区热力景观空间格局分析[J]. 地理与地理信息科学,2012,28(6):1-5 [Li Shaoqing, Chen Xueye, Mo hongwei. Analysis of spatial pattern of thermal landscape in Changsha metropolitan area[J]. Geography and Geographic Information Science 2012 28(6):1-5]
- [3] 但尚铭,但玻,蒋薇. 成都市热力景观空间格局分析[J]. 四川环境 2011,30(2):2-3 [Dan Shangming, Dan Bo, Jiang Wei. Analysis of spatial pattern of thermal landscape in Chengdu City[J]. Sichuan Environment 2011 30(2):2-3]
- [4] 潘竟虎. 兰州市景观生态格局热环境效应[D]. 兰州:兰州大学 2011:1-6 [Pan Jinghu. Thermal environment effect of landscape ecological pattern in Lanzhou City[D]. Lanzhou: Lanzhou University 2011:1-6]
- [5] 陈瀚阅. 劈窗算法陆地温度反演精度比较与敏感性分析[D]. 福州:福建师范大学 2010(5):14-20 [Chen Haoyue. Comparison and sensitivity analysis of the accuracy of the split window algorithm for land temperature inversion[D]. Fuzhou: Fujian Normal University 2010(5):14-20]
- [6] 宋挺,段峥,刘军志,等. 基于 Landsat-8 数据和劈窗算法的地表温度反演及城市热岛效应研究[J]. 环境监控与预警,2014,(5):4-19 [Song Ting, Dan Zheng, Liu Junzhi et al. Study on surface temperature inversion and urban heat island effect based on Landsat-8 data and split window algorithm[J]. Environmental Monitoring and Early Warning 2014 (5):4-19]

Spatial Pattern of Thermal Landscape in the South Mountain Region in Jinan City Based on Multi Source Remote Sensing Data

WANG Qixin, WANG Zhaohai, CHEN Feilong

(School of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250000, China)

Abstract: In this paper, we introduce a basic theory of fractal geometry to analyze spatial pattern of thermal landscape and use method of landscape ecology including the landsat-8 data of south mountain region in Jinan city, China on May 21 2013 and the MODIS data of the same time period. Based on the inversion of surface temperature, using mean standard deviation method, the surface temperature can be divided into 5 grades of high temperature, high temperature, medium temperature, low temperature and low temperature, respectively. The 5 landscape types of thermal landscape are respectively. The evaluation index of landscape ecology such as fragmentation, fractal dimension, diversity, evenness and dominance was used. The results show that there are obvious differences between the 14.64%, 36.47%, 15.12%, 21.70% and 12.07%, respectively, and the difference of thermal spatial distribution in the southern mountain area of southern mountain region.

Key words: Landsat-8; MODIS; split-window algorithm; thermal landscape spatial pattern