

文章编号: 1007- 2985(2007) 02- 0090- 05

上海市城市热场与植被指数的相关性*

陈珂, 芮建勋

(上海师范大学城市生态与环境修复重点实验室, 上海 200234)

摘要: 植被对城市热场具有调节作用, 城市热场的分布和强度与归一化植被指数 (NDVI) 有密切的联系. 通过对城市热场与植被指数 (NDVI) 相关性的研究, 可以揭示它们的空间分布特征, 反映城市空间结构和城市生态环境的发展变化. 基于 ARCGIS 和 ARCVIEW 软件, 使用 GIS 空间分析方法, 从 2003 年上海市 TM 影像中计算提取上海市外环线以内区域的城市热场与植被指数 (NDVI) 的相关信息, 建立城市热场与植被指数 (NDVI) 的回归拟合方程, 对二者的关系进行分析. 结果表明, 城市热场与植被指数 (NDVI) 呈负相关关系.

关键词: 城市热场; 植被指数; 遥感; 空间分析; 上海市

中图分类号: TP79

文献标识码: A

遥感 (RS) 和地理信息系统 (GIS) 技术为深入研究城市生态环境问题提供了可靠的技术保障. GIS 与 RS 结合的一个重要方面, 就是空间分析 (Spatial Analysis, SA), 即利用计算机对数字地图进行分析, 从而获取和传输空间信息. 最近几年, 不少学者对城市热环境和城市植被状况进行了研究: GALLO K P 等^[1] 针对城市热岛效应评价, 给出了植被指数法, 分析了城乡环境在植被指数方面的差异; 马雪梅等^[2] 利用 Landsat7 TM6 波段高增益图像亮度值和地面温度之间的关系进行定量分析, 结合归一化植被指数 (NDVI) 和实地调绘, 对植被地物与地面温度场进行了相关性分析; 陈云浩等^[3] 基于卫星遥感数据的可操作计算方法, 讨论了植被指数与地表温度等数据对植被覆盖信息表达的差异, 分析了不同地表植被覆盖的年内变化特征. 但是以上研究结果对于城市热场与植被指数的具体关系阐述的并不是很详细, 在软件操作方面也没有多加说明, 关于如何建立城市热场与植被指数的回归拟合方程的研究, 尚未深入展开. 笔者利用上海市 2003 年的 TM 影像数据, 截取了上海市外环线以内区域作为研究区域, 通过地图代数的计算, 获得植被指数 (NDVI) 与城市热场的相关信息, 从而求得城市热场与 NDVI 的回归拟合方程, 对上海市城市热场和植被指数的相关性进行研究. 具体的分析流程如图 1 所示.

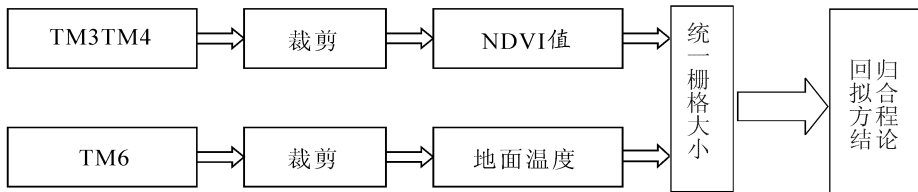


图 1 城市热场与植被指数相关性分析流程

1 空间分析的原理与方法

1.1 空间分析概念

1.1.1 空间分析的定义 空间分析是基于空间数据的分析技术, 它以地学原理为依托, 通过分析算法, 从空间数据中获取有关地理对象的空间位置、空间分布、空间形态、空间形成、空间演变等信息^[4].

1.1.2 空间分析的研究对象 空间目标是空间分析的具体研究对象. 空间目标具有空间位置、分布、形态、

* 收稿日期: 2006- 10- 31

作者简介: 陈珂 (1984-), 男, 江苏连云港人, 上海师范大学地理系硕士研究生, 主要从事全球变化与城市生态、遥感及 GIS 应用研究.

空间关系(距离、方位、拓扑、相关场)等基本特征。其中,空间关系是指地理实体之间存在的与空间特性有关的关系,是数据组织、查询、分析和推理的基础。不同类型的空间目标具有不同的形态结构描述。例如,可以将地理空间目标划分为点、线、面和体 4 大类要素,面具有面积、周长、形状等形态结构,线具有长度、方向等形态结构^[5]。文中空间分析的研究对象是上海市外环线以内区域的城市热场与植被指数,通过地图代数的运算和 GIS 空间分析方法,观察它们的分布状况,从而建立一元线性回归模型,并在此基础上研究它们的关系。

1.1.3 空间分析的基本方法 空间分析在各行各业的应用方法差别很大。在此,仅列出空间分析的一些主要方法:空间查询与量算、空间数据的内插、空间信息再分类、缓冲区分析、叠加分析、领域分析、追踪分析、网络分析。

1.2 地图代数概念

地图代数是以前以点集描述图形,以点集变换与运算的代数观念来全面而本质地阐述图形符号可视化及空间分析的理论和方法^[6]。它加强和发展了尺度空间中栅格模式的运算和应用。从范围而言,地图代数涉及到图形与图像;从方法和工具而言,地图代数既采用了精确的、确定的模型方法与工具,又采用了一些统计的、模糊的模型方法与工具。

地图代数包含了代数制图和代数分析 2 大部分。前者主要用于空间信息的可视化,阐述以具备相对定位优先级的栅格点集进行地图的动态描绘;后者讨论距离变换、网络分析等若干相对独立的基础空间运算,为地理信息的空间分析提供解决方案。总而言之,地图代数就是采用集合变换的方法对地图图形进行运算,以实现空间信息可视化和地理空间分析的理论和方法。

2 城市热场与植被指数的相关性

2.1 数据处理方法

2.1.1 数据的格式转换与裁剪 基于实际需要,整个研究过程中的文件都要求是 grid 格式。可以使用 Arcgis 中的一个组件 ArcCatalog 来完成数据格式的转换,在 ArcCatalog 的文件目录中选中目标文件,使用 export 功能即可。由于笔者研究的是上海市外环线以内区域,而现有 TM 影像的范围要大于这个区域,因此必须进行裁剪。在 Arcview 的空间分析模块中,有栅格主题的裁剪这一功能。可以用外环线的 shp 文件建立一个 polygon 主题,以之为裁剪的边界,从而得到该研究区域的 TM 影像。

2.1.2 栅格尺寸的统一 TM6 波段影像的栅格大小为 60 m, TM3 和 TM4 波段影像的栅格大小均为 30 m。因此,从中提取的包含城市热场与植被指数信息的栅格文件的栅格大小也不一致。要想建立二者之间的关系,必须先统一栅格尺寸。

笔者采用的方法是在 ARC/INFO 中,用 GENERATE 命令制作一个坐标与研究区域相同的格网,其中每个格子的大小为 600 m × 600 m,此格网正好能完全覆盖研究区域。而后在 ARCGIS 中,使用 spatial analysis 模块中的 zonal Statistics 功能,统计每个格子里所包含的所有 60 m 或 30 m 栅格的平均值,并将它作为这个格子的赋值,从而可以生成关于城市热场与植被指数的栅格大小为 600 m 的 dbf 文件,这样就完成了栅格尺寸的统一。如图 2、3 和表 1 所示(仅以城市热场作为示例)。

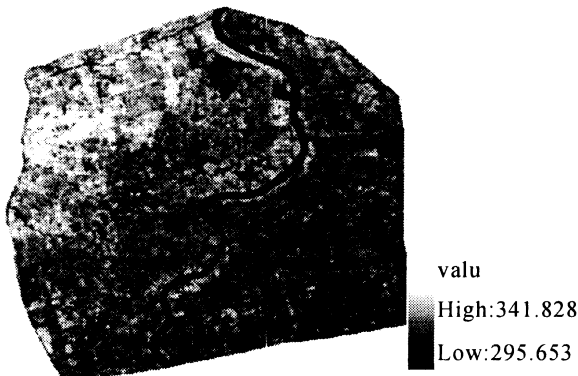


图 2 城市热场 grid 文件

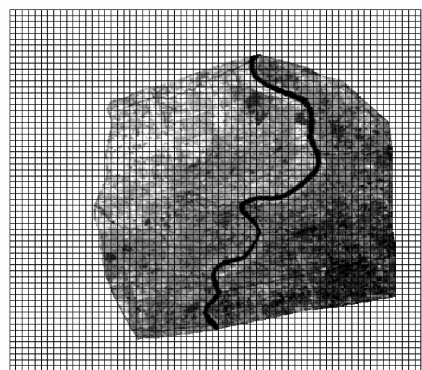


图 3 覆盖格网后

表 1 城市热场属性表

MIN	MAX	RANGE	MRAN	STD	SUM
302.144 012	302.984 985	0.841 217	302.565 002	0.420 609	605.130 005
297.416 992	300.872 009	3.454 860	298.015 991	0.714 940	7 152.379 883
296.979 004	301.721 985	4.742 830	299.296 997	1.311 750	11 373.299 805

2.2 归一化植被指数(NDVI) 计算

NDVI 反映的是城市植被的分布状况, 计算公式^[7]为

$$NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3), \quad (1)$$

其中 TM3, TM4 分别代表 TM3 波段和 TM4 波段的灰度值数据。

通过(1)式可以求得植被指数, 并由此推断植被的分布情况。在实际的操作过程中, 由于 ARCGIS 对于较小的小数数值(绝对值小于 1)自动取整, 而植被指数的取值范围又恰好在 -1~1 之间, 因此必须对运算结果做一些处理, 以确保研究的顺利进行。笔者采用的方法是先将植被指数的数值乘以 100, 然后在后面采样及建立回归拟合方程时再除以 100 作为还原。这样处理并不影响最终的结果, 如图 4 所示。

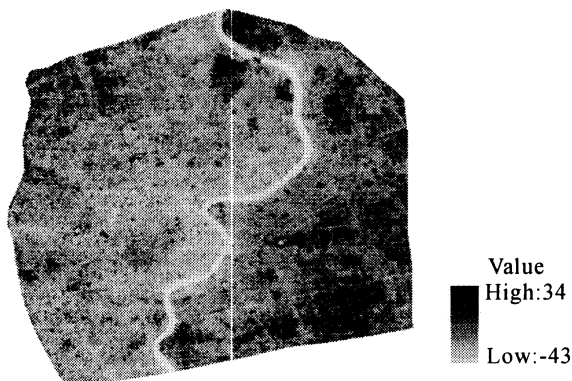


图 4 2003 年上海市 NDVI 分布图

2.3 城市热场信息提取

2.3.1 城市亮温定标方法 城市亮温的计算就是将 TM6 波段的灰度值数据(DN)按以下公式^[7]转换为辐射亮度 L :

$$L = L_{\min} + (L_{\max} - L_{\min}) / 255 \times DN. \quad (2)$$

其中: L_{\max} 为传感器可探测的最大辐射亮度; L_{\min} 为传感器可探测的最小辐射亮度。对于 TM6, $L_{\max} = 1.560 0$, $L_{\min} = 0.123 8$, 结果如图 5 所示。

2.3.2 地面温度的推算 在此不考虑大气影响, 可通过辐射亮度 L 推算地面温度 T , 公式^[7]如下:

$$T = K1 / \ln(K2 / L + 1). \quad (3)$$

其中: $K1$ 与 $K2$ 为校正系数, 对于 TM6 为已知常数, $K1 = 1 260.56$, $K2 = 60.766$ 。

在不考虑大气等各种影响因素并假设地物为全幅射体的前提下, 通过测定地表的辐射亮度可求出地表温度, 并由此可得城市热场的分布状况。此时的温度单位为开尔文。结果如图 6 所示。



图 5 2003 年上海市亮温分布图

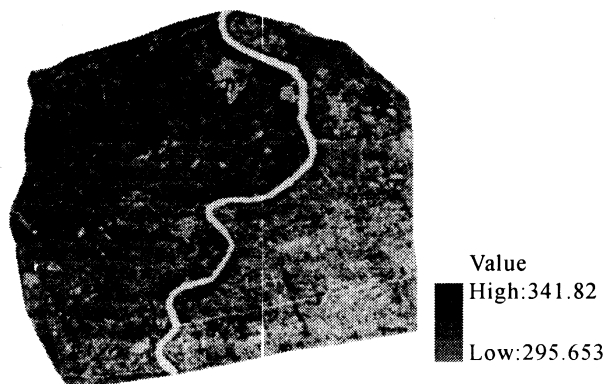


图 6 2003 年上海市热场分布图

2.4 城市热场与 NDVI 的分布特征

2.4.1 2003 年上海市城市热场的特点 城市热场的热力分布主要与下垫面介质、城市格局有关, 地面介质由于其纹理结构与光谱反映特征的不同导致了其辐射率与亮温的不同^[8]。具有水泥、瓦片结构的建筑物、广场、居民地、桥面、道路等介质具有较高的亮温, 而以土壤为主的裸地、植被等介质亮温较低, 亮温最低的

介质为水体. 就上海市而言, 温度越高的区域, 水泥等结构的介质占该区域面积的比例越大; 而温度越低的区域, 植被、水系等介质占该区域面积的比例越大.

从 2003 年的遥感影像数据来看, 上海外环线以内的高温区主要分布在浦西的几个区. 以黄浦江为分界线, 浦西的温度要高于浦东. 在宝山区范围内, 有几个比较明显的亮斑, 这是浦西的几个特高温区, 主要是一些生产时会排放出大量热能的工厂, 如轧钢厂等. 在黄浦区范围内, 豫园经西藏路至人民广场形成了一个典型的市中心高温区, 这主要是由于这一地区人口密度大, 高楼林立, 热量容易聚集却不易散发所造成的. 不过在浦西区域内, 也有一些温度较低的区域, 这主要是一些公园和绿地. 如杨浦区的共青森林公园, 人民公园及延中绿地, 普陀区的长风公园, 长宁区的上海动物园, 徐汇区的上海植物园等. 在浦东, 由于人口不是很稠密, 建筑物数量也相对较少, 所以总体温度较低.

2.4.2 2003 年上海市 NDVI 的特点 就上海市外环线以内区域而言, 除去黄浦江这条水系, 其植被指数 (NDVI) 基本呈从城市中心向四周递增的趋势. 从 2003 年的遥感影像分析可看出, NDVI 的最大值为 0.34, 最小值为-0.43. 上海市的城市中心建筑物多, 道路网密集, 植被(如绿地等)占这一区域面积的比例相对要小, 所以 NDVI 值偏低; 而城市中心的周围区域, 越向外扩展, 其建筑物的数量越少, 道路的密度越低, 也就有了更多的空间和土地留给植被, 这样一来, NDVI 值就会上升. 因此, 上面所说的从中心向四周递增的趋势是与实际情况相吻合的.

具体地讲, 浦东地区的植被覆盖和分布状况要比浦西地区好, 其 NDVI 值总体上也高于浦西. 除了黄浦江沿岸的某些区域, 浦东的大部分地区都属于 NDVI 值比较高的区域. 而浦西只有上文中提到的一些公园、绿地等所在的区域以及宝山区的部分区域 NDVI 值比较高, 其余大多数地区都属于 NDVI 值较低的区域. 在这些区域中, 存在为数不多的 NDVI 值较高的散点, 但这类散点的面积都非常小. 从整个研究区域来看, 其中还存在一些 NDVI 值较低的细带和点状区域, 这些细带主要是较宽的公路和城市交通干道(如高架路等), 点状区域主要是大型立交桥所在的位置.

2.5 回归拟合方程的建立

这里使用的是用格网统计得到的关于城市热场和植被指数的 dbf 文件, 取它们的 MEAN 这一列数据. 在建立方程时, 植被指数是自变量, 温度是因变量, 分别对应方程中的 x, y . 计算时有 2 点要注意: (1) 热场温度单位为开尔文, 应转化为摄氏温度; (2) NDVI 值之前乘过 100, 现在必须除以 100 作为还原. 根据上述取值, 可在 EXCEL 中建立城市热场与 NDVI 的回归拟合方程. 其应为一元线性回归, 模型为 $y = a + bx$. 只需求得 a, b 的值, 方程便可建立完毕, 具体计算在 EXCEL 中进行.

综上所述, 可得方程:

$$y = 27.76987 - 4.15274x.$$

其中: x 代表植被指数 (NDVI); y 代表温度. 具体情况如图 7 所示(其中横轴为 x 轴, 经过极差标准化处理, 纵轴为 y 轴).

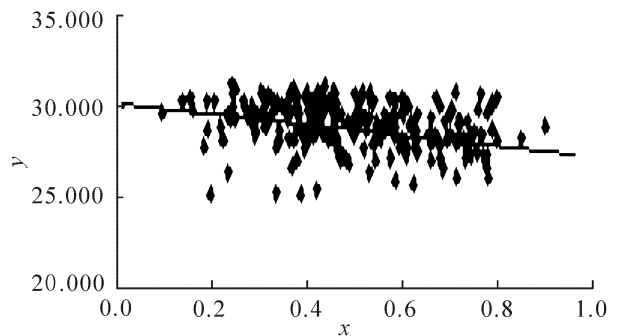


图 7 一元线性回归

2.6 城市热场与 NDVI 的关系及其应用

2.6.1 关系分析 根据上文中对植被指数的计算和城市热场信息的提取, 通过分析它们的实地分布特征以及建立回归拟合方程, 可以得知城市热场与 NDVI 之间存在着负相关关系, 如图 7 所示. 从图中可以看出热场温度随着 NDVI 的增加而下降, NDVI 每升高 0.1, 热场温度便降低约 0.415 °C.

2.6.2 研究意义 对城市热场与 NDVI 关系的研究, 涉及了遥感、数学、计算机等学科的理论知识, 并使用了 GIS 空间分析与栅格计算的原理和方法, 其研究过程是这些科学理论在具体问题上的实际应用, 所得到的结果不仅反映了城市热场与 NDVI 之间的内在联系, 同时也为研究城市热岛效应, 城市绿化建设等实际工作提供了理论指导. 上海市作为一个国际化大都市和改革开放的窗口, 研究其城市热场与植被的关系, 对于建设宜居城市和促进城市的可持续发展具有重要的意义. 就现实来说, 研究结果在改善城市生态环境, 提高市民生活质量等方面也将起到一定的促进作用, 并可以为其他城市提供参考.

2.6.3 相关应用 在防治城市热岛效应方面的应用. 通过研究城市热场与 NDVI 的关系, 可以掌握其分布状况, 针对城市内产生热岛效应的区域加以整治, 根据其强度的不同, 相应增加该区域内绿地和水面等有助于缓解热岛效应的下垫面面积, 分割并逐步消除此热岛区域, 达到保护环境和改善城市小气候的目的.

在城市绿化方面的应用. 上海市可用于绿化的土地资源极为有限, 因而如何利用有限的土地资源对上海市的绿地实现合理布局, 优化绿地空间结构, 使绿地充分发挥其生态效益和使用功能, 显得尤为重要^[9]. 通过研究城市热场与 NDVI 的关系, 可以对城市的绿化状况作出科学的评判, 并以此为依据来进行改善. 例如, 要重视城市绿地分布的均匀度, 适当建立规模化的集中绿地, 加强居住区的绿化, 以形成点线面结合的绿地系统.

在城市规划建设方面的应用. 对城市热场与 NDVI 相关性的研究, 将对合理进行城市规划建设起到一定的帮助. 例如, 在建造高楼之前, 应当先对其所在区域的热场及植被状况进行分析, 判断该区域是否适宜建造高楼, 并预测建造后可能产生的影响. 在建设城市道路时, 道路绿化带应少用草坪而多植树, 不光要考虑经济效益, 更要考虑生态效应.

3 结语

笔者利用遥感手段, 对 TM 影像进行解析和反演, 得到了上海市外环线以内区域城市热场与 NDVI 的分布图, 并建立了二者的回归拟合方程, 就其相关性进行了分析. 结果表明, 城市热场的分布和强度与 NDVI 有密切的联系. 热场强度小的区域, 基本都有较高的 NDVI 值, 说明这些区域植被覆盖率高, 数量多; 而热场强度大的区域, NDVI 值基本都偏低, 说明这些区域植被较少, 植被覆盖率偏低. 由此可以得知, 植被对城市热场具有调节作用, 二者呈负相关关系. 对两者相关性的研究, 可以为环境监测、城市规划等有关部门提供科学依据和背景资料, 从而指导城市发展和环境保护. 在未来的时间里, 上海市在增加城市植被数量的同时, 还必须提高其分布的合理性, 以改善城市热场状况.

参考文献:

- [1] GALLO K P, MCNAB A L. The Method for Evaluate the Urban Heat Island by Vegetation Index [J]. International Journal of Remote Sensing, 1993, (14): 11.
- [2] 马雪梅, 张友静, 黄浩. 城市热场与绿地景观相关性定量分析 [J]. 国土资源遥感, 2005, (3): 10-13.
- [3] 陈云浩, 杜培军, 李晓兵, 等. 基于卫星遥感数据的地表信息特征—NDVI-Ts 空间描述 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(1): 11-14.
- [4] 汤国安. ArcView 地理信息系统空间分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [5] 刘湘南, 黄方, 王平, 等. GIS 空间分析原理与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [6] 胡鹏, 游连, 杨传勇, 等. 地图代数 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.
- [7] 范文义, 周洪泽. 资源与环境地理信息系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [8] 周红妹, 周成虎, 葛伟强, 等. 基于遥感和 GIS 的城市热场分布规律研究 [J]. 地理学报, 2001, 56(2): 189-197.
- [9] 车生泉, 宋永昌. 城市绿地景观卫星遥感信息解译——以上海市为例 [J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(2): 10-12.

Relationship Between Urban Thermal Distribution and NDVI of Shanghai City

CHEN Ke, RUI Jiannun

(Lab. of Urban Ecology and Environment Restore, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

Abstract: Vegetation can adjust the urban thermal distribution, and there is a consanguineous connection about distributing and intensity of urban thermal distribution and NDVI. The research of the relationship between urban thermal distribution and NDVI will find their spatial distributing characters and reflect the change of urban spatial structure and urban environment. Base on the softwares ARCGIS and ARCVIEW, use spacial analyst technique of GIS, calculate and distill information about urban thermal distribution and NDVI which locate the area within outside ring road of Shanghai City from TM images of Shanghai, 2003, build the regression approach equation of urban thermal distribution and NDVI, and do analysis on the relationship between urban thermal distribution and NDVI. The result indicates that the relationship between urban thermal distribution and NDVI is minus correlation.

Key words: urban thermal distribution; NDVI; remote sensing; spatial analysis; Shanghai City (责任编辑 易必武)