干旱区典型城市下垫面特征及其与地表热环境的关系研究

买买提江·买提尼亚孜¹, 阿里木江·卡斯木^{2,3}

新疆农业大学管理学院,新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆师范大学地理科学与旅游学院,新疆 乌鲁木齐 830054;
 3. 新疆师范大学新疆城镇化发展研究中心,新疆 乌鲁木齐 830054

摘要: 基于 2011 年 8 月 11 日 Landsat TM 遥感影像,利用混合光谱线性分解模型提取乌鲁木齐市建成区下垫面不透水面丰度和植被覆盖度信息,利用单窗算法定量反演建成区地表温度,并通过分级方法分析两个要素的空间分布特征;在此基础上,利用回归模型对乌鲁木齐市建成区不透水面丰度、植被覆盖度与地表热环境之间的关系进行相关性分析。结果表明:(1)利用混合光谱线性分解方法,基于中等分辨率 TM 影像提取干旱区城市乌鲁木齐建成区不透水面,成本低,精度高(精度检验总体均方根 RMS 为 0.003,远小于精度规定值 0.02),且该方法可较好地区分光谱特性相似的城市建设用地和裸地,对干旱区城市用地信息提取具有一定的借鉴意义;(2)乌鲁木齐市建成区不透水面丰度与地表温度呈线性正相关,*R*² 为 0.69,植被盖度与地表温度呈线性负相关,*R*² 为 0.74;(3)裸地因具有极高的地表温度,形成局部的热岛中心,对干旱区城市地表热环境具有重要影响,因此减少和改变裸地对于缓解干旱区城市热岛效应,改善城市热环境具有重要意义。

关键词:不透水面;热岛效应;混合光谱分解;乌鲁木齐;干旱区

DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2015.11.017

中图分类号: X171.1; X16 文献标志码: A 文章编号: 1674-5906(2015)11-1865-07

引用格式:买买提江·买提尼亚孜, 阿里木江·卡斯木. 干旱区典型城市下垫面特征及其与地表热环境的关系研究[J]. 生态环境 学报, 2015, 24(11): 1865-1871.

MAIMAITIJIANG Maitiniyazi, ALIMUJIANG kasimu. Study on Land Surface Characteristics and Its Relationship with Land Surface Thermal Environment of Typical City in Arid Region [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2015, 24(11): 1865-1871.

随着城市化进程在全球范围内的快速推进,目前 全世界已有一半的人口居住在城市,而且这种趋势还 将继续(United Nations, 2014)。城市化在带来繁荣 和进步的同时,也带来了很多环境、经济和社会问题 (黄金川等, 2003; Bhatta et al., 2010; De Freitas et al., 2013),尤其是城市化对地表覆被的改变,自然植被 和土地被大规模人工不透水面所取代,不透水面增加 和植被的减少对局地、区域乃至全球尺度的生物地球 化学循环、水文过程、气候变化以及生物多样性产生 深远影响(Yuan et al., 2007; Pickett et al., 2011; 匡文慧等, 2011)。城市化带来的土地覆被变化在城 市区域会引发热岛效应,影响城市的生态环境和可持 续发展(Grimm et al., 2008; Kolokotroni et al., 2012)。 在城市中,不透水面和植被构成了城市下垫面的主 体。在城市尺度,国内外学者对城市不透水面和植被 盖度的分布 (Weng et al., 2004; 岳文泽等, 2007; 徐涵秋, 2009; 张号等, 2015)、时空扩展(刘珍环 等, 2012; 匡文慧等, 2013; 张文婷等, 2015), 尤 其是不透水面和植被盖度与城市热环境的关系(岳文 泽等,2006;徐永明等,2013;陈旭等,2015)展开 了一系列的研究,但其中对干旱区城市的相关研究较 少。不同气候条件、不同地域城市下垫面特征的热环 境效应具有一定差异性(Alexandri et al.,2008)。 在全球气候变暖,高温热浪频发的背景下(IPCC, 2007),了解城市下垫面的环境特征及其与城市热环 境的关系,对于城市的科学规划和生态城市系统的修 复,改善城市的热环境,提高城市的宜居性具有重要 意义。

本文利用LandsatTM 遥感影像提取乌鲁木齐市 下垫面的不透水面和植被要素信息,定量反演地表 温度,分析它们的空间分布特征,并研究不透水面 丰度和植被盖度与城市地表温度关系,在此基础上 提出缓解热岛效应的对策措施。

- 1 研究区与数据
- 1.1 研究区概况

本文以生态环境脆弱、处于快速城市化阶段的

基金项目:国家自然科学基金项目(41361043);新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2014211A049);新疆维吾尔自治区青年科技创新人才培养工程优秀青年科技人才项目(2013721031)

作者简介:买买提江-买提尼亚孜(1982年生),男(维吾尔族),讲师,硕士,主要从事城乡规划,城市遥感研究。E-mail: mamatjan1982@163.com *通信作者:阿里木江·卡斯木(1976年生),男(维吾尔族),教授,博士,主要从事环境遥感研究。E-mail: alimkasim@gmail.com 收稿日期: 2015-07-31

干旱区城市乌鲁木齐市为研究区。乌鲁木齐市地处 欧亚大陆腹地,天山中段北麓、准噶尔盆地南缘, 为温带大陆性干旱气候,夏季高温少雨;市区东、 西、南三面环山,地势东南高、西北低,形成一个 狭长葫芦状的河谷盆地,地质地形复杂,可利用土 地资源匮乏,同时该地区自然环境条件恶劣,气候 干旱、缺水,生态环境十分脆弱。为了能够更加精 细的反应城市下垫面和地表温度空间分布特征,具 体研究分析主要选取乌鲁木齐市中心城区的建成 区,研究区边界线主要划设在主要建成区的外围 (图 1),由此可将建成区外围的大片山地、裸土地 排除在外,有利于各要素信息的提取效率和空间特 征分析。

1.2 数据来源及数据预处理

本文采用两幅 LandsatTM 影像,轨道号分别为 143/29,143/30,成像时间均为 2011 年 8 月 11 日 北京时间上午 12 时 44 分,成像时晴朗无云,影像 处理流程如下,(1)辐射定标:对两幅影像各波段 进行辐射定标,将影像 DN 值转换为辐射亮度值, 再将辐射亮度值进一步转换为地表反射率,从而消 除传感器造成的内部误差。(2)几何校正:以1: 10⁵地形图为基准选取地面控制点,对影像进行几 何校正,误差在1个像元以内。(3)大气校正:由 于成像时晴朗无云,且成像时间均为1 d,本文选 取了应用广泛且不受区域特点及目标类型影响的 6S 大气校正模型。(4)影像拼接:由于单幅影像不 能完全覆盖乌鲁木齐市建成区,因此将两幅影像进 行拼接,由于拼接前进行了大气校正,且成像时间 均在同一天,因此对后面分析影响较小。(5)由于 landsat TM 影像热波段空间分辨率为 120 m,为了 各波段分辨率统一,便于空间分析和比较,将热波 段影像通过最邻近算法重采样到 30 m 分辨率。(6) 水体掩膜:研究区内存在反射率较低的水域,会对 不透水面信息提取时端元选择产生干扰,采用修正 的归一化水体指数(MNDWI)法进行水体的掩膜 剔除(徐涵秋,2005),以保证研究区内的像元都 是植被、不透水面和土壤这 3 类组合。

2 研究方法

2.1 不透水面提取

Ridd(1995)构建了基于遥感信息的 V-I-S (vegetation-impervious surface-soil)模型,将城市土 地覆盖分植被、不透水地表与裸土3种景观,它们 在遥感影像上表现为此消彼长的特征。依据 V-I-S 模型,将不透水地面、土壤、植被作为混合相元的 端元,并确定端元光谱特征,即首先通过 MNF 变 换冗余数据和降低波段相关性(徐永明等, 2013), 然后基于MNF变换后信噪比高的前3个分量计算像 元纯净指数(PPI)并选定端元,再根据端元光谱 对 TM 影像进行光谱线性分解,分别得到不透水地 表分布和植被的丰度(图2)。最后通过总体均方根 (Root Mean Square, RMS) 对所提取的数据进行了 精度检验,研究区域 RMS 最大值为0.0431,最小 值为0,平均值为0.0029,绝大部分像元的 RMS 值 都小于0.01, 影像分解的 RMS 远小于阈值0.02(Wu et al., 2003), 达到了精度要求。

2.2 地表温度反演

地表温度(Land Surface Temperature, LST)是 遥感反演的地表瞬时热辐射能量特征,可以反映该



Fig. 1 Location map of the study area



图 2 城市不透水面分布图(a)与植被盖度图(b) Fig. 2 Spatial distribution image of ISA (a) and vegetation coverage image (b)

瞬时热环境下地表产生热岛效应的潜在能力(Weng et al., 2004)。用于地表温度反演的方法和模型较 多,本文选用目前对于 TM 影像使用广泛的单窗算 法(覃志豪等, 2001),反演公式为(1):

$$T_{s} = [a(1-C-D)+(b(1-C-D)+C+D)T_{sensor}-DT_{a}]/C$$
(1)

式(1)中 T_s 为地表温度(K), $a \ \pi b \ E \oplus \Xi$, 分别是: a=-67.355351, b=0.458606; $C \ \pi D \ E 中$ 间变量; $C=\varepsilon\tau$; $D=(1-\tau)[1+(1-\varepsilon)\tau]$, 其中 ε 是地表辐 射率, τ 是大气透射率; $T_{sensor} \ E \ \varepsilon$ 卫星高度上传感 器探测到的像元亮度温度(K); T_a 是大气平均作用 温度,在标准大气状态下,其与地面附件气温 T_0 存 在线性关系。

(1)辐射亮温计算

辐射亮温 *T*sensor 应用 TM 影像的热红外波段进行计算,首先把影像的 DN 值转换为热辐射值 *L*₆,再通过普朗克辐射函数变换可以得到辐射亮温 *T*sensor 的计算公式为 (2):

$$T_{\text{sensor}} = \frac{K_2}{\ln(1 + K_1/L_6)}$$
(2)

式(2)中, T_{sensor} 为 TM 影像的像元亮度温度 (K), K_1 和 K_2 是卫星发射前就已预设的参数常量, 对 Landsat5 TM 影像而言, K_1 =607.76 W·m⁻²·sr⁻¹·µm⁻¹, K_2 =1 260.56 K。

(2) 大气透射率和大气平均作用温度计算

根据乌鲁木齐市所处自然地理和气象条件,依 照大气透射率 τ 与水分含量 w 的关系,以及在标准 大气状态下,大气平均作用温度与地面附近气温 T_0 的关系,选用 T_a =16.011+0.926 21 T_0 , τ =0.974 290.080 07*w* 两个公式以及卫星过境时间的气象温度 和水汽含量值计算相关参数。温度换算:*T*= *t*+273.15,本影像为 8 月份拍摄,对于中纬度夏季 平均大气为:*T*_a=16.011 0+0.926 21*T*₀,取乌鲁木齐 市平均气温为 25.70 ℃,得出 *T*_a=292.81;大气透射 率 τ 的估计 τ =0.974 29-0.080 07*w*, 0.4≤*w*≤1.6。*w* 为 水分含量,单位 (g·cm⁻²),这里取 *w*=1.0,计算得 到 τ =0.894 2。

(3) 地表辐射率计算

Sobrino et al. (2004)提出基于地表覆盖类型的 加权混合模型,以土壤和植被比辐射率为已知前提, 用 NDVI 对地表进行分类,并给出地表相对均一、 平坦条件下的辐射估算方程,即地表辐射率 ε 为:

$$\varepsilon = \begin{cases} \varepsilon_{\rm s}(\stackrel{\scriptstyle{\scriptstyle (\pm)}}{=} {\rm NDVI} < 0.2) \\ \varepsilon_{\rm v} p_{\rm v} + \varepsilon_{\rm s}(1 - p_{\rm v})(\stackrel{\scriptstyle{\scriptstyle (\pm)}}{=} 0.2 \le {\rm NDVI} \le 0.5) \\ \varepsilon_{\rm v} (\stackrel{\scriptstyle{\scriptstyle (\pm)}}{=} {\rm NDVI} > 0.5) \end{cases}$$

$$(3)$$

其中, ε_v 为植被比辐射率, ε_s 为裸土比辐射率, 根据相关资料,取 ε_v =0.986, ε_s =0.973, P_v 为植被 覆盖度 (Carlson et al., 1997)。

$$P_{\rm v} = \left[\frac{\rm NDVI - \rm NDVI_{min}}{\rm NDVI_{max} - \rm NDVI_{min}}\right]^2$$
(4)

其中,NDVI_{max}和NDVI_{min}分别为NDVI的最 大值和最小值,取NDVI_{max}=0.5,NDVI_{min}=0.2。

3 结果与讨论

3.1 城市不透水面与植被盖度分布特征分析

图 2 (a) 为乌鲁木齐市中心城区范围内不透水

面分布图,地表不透水率采用百分比(%)来表示,即每个 30 m×30 m 的相元内不透水地表所占的比例,取值范围为 0%~100%;图中高亮白色表示不透水面比例较高的区域,该区域一般由密集的建筑、道路、广场等不透水要素构成,暗黑色表示不透水面比例较低的区域,该区域一般为植被、裸地等透水性强的地表要素构成。可以看出,中南部城市传统商业中心显示连片高亮色,不透水面比例非常高,即高层高密度建筑群区域透水率低;西北和中北部为工业区域,同样显示连片高亮色,即工业厂区大面积厂房和水泥、沥青地表,同时,道路线网、机场等交通设施等透水性低的用地要素也在图中清晰地显现;而城市北部的农田,以及西南部、东部等植被稀疏的山地或裸地等不透水地表比例较低。

图 2(b) 为乌鲁木齐市中心城区范围内植被盖 度分布图, 植被盖度也采用百分比(%) 来表示。 亮白色区域表示植被覆盖度高的区域, 例如图中城 市北部、东北部区域的农田, 城市南部区域的林地 以及城市内部公园等区域; 暗黑色表示植被盖度低 的区域, 例如城市中工业区、商业区以及水体等区 域。

由于城市建设用地和裸地在多光谱数据中常 表现出相似的光谱特性,即存在"异物同谱"现象, 因此采用传统分类方法(监督/非监督分类)对城区 进行用地分类时,建设用地和裸地信息提取一直是 遥感专题信息提取的难点之一(吴志杰等,2012), 这在裸地分布广泛的干旱区城市更值得关注。从图 2 和图 5 可以看出,通过混合光谱线性分解模型提 取的信息显示,建筑用地、道路、广场等建设用地 不透水面丰度值非常高,而城市裸地不透水面丰度 值则非常低,说明该方法可以很好地区分建设用地 和城市裸地,为干旱区城市用地信息提取提供一个 重要思路。

3.2 城市地表温度分布特征分析

图 3 (a)为乌鲁木齐市中心城区范围内地表温 度分布图,图中高亮白色表示温度较高的区域,暗 黑色表示温度较低的区域。从图中可以看出,地表 温度最低为 18.51 ℃,最高为 43.32 ℃,相差近 25 ℃,地表温度空间差异较大。为了进一步分析 地表温度的空间分布特征,按照温度高低划分为 6 个温度区,即小于 25 ℃为低温区,25~30 ℃为较 低温度,31~35 ℃为中温区,36~40 ℃为较高温区, 41~45 ℃为高温区,大于 45 ℃为极高温区(图 3(b))。可以看出,极高温区主要分布于建成区周边 的裸地,以及连片不透水面区域(机场,工业区等) 等,形成了典型的"热岛";低温区主要分布于水 体、城市北部农田以及城市公园等区域,形成了典 型的"冷岛",而城市建设用地区域主要为较高温 区,局地显示为中温区。

城市热岛是城市下垫面结构随城市化而分异 的结果,一般来说,以工业区、人口密度大的商业 区和居住区为代表的热岛中心区,温度明显高于郊 区农田、城市绿地以及水体等区域,但对于干旱区 城市而言,由于裸地在城市内部和外围占有相当大 的比重,且地表温度非常高,形成重要的热岛区。 同时,基于对城市热岛的细致分解,发现各区域都 存在高低温的分布系列,如在高温区也有低温地 带,而低温区也有高温斑块,这说明城市热环境空 间分布及影响因素存在多元性和复杂性(周红妹



Fig. 3 Spatial distribution image of LST (a), Hierarchical map of LST spatial distribution (b)

等,2001)。

3.3 不透水面,植被盖度与地表温度空间关系分析

为研究该区域不透水面、植被盖度与地表温度 的关系,在研究区内随机选取 300 个点(剔除落在 水体和裸地中的点后),提取各点对应的地表温度 以及利用光谱混合模型在亚像元水平上分解出的 不透水面丰度和植被盖度,进行回归分析(图4)。 结果显示,地表温度与不透水面丰度呈显著的线性 正相关关系(相关系数为 0.69),与植被盖度呈显 著负相关关系(相关系数为 0.74),经检验,相关 性均达到显著水平。

同时,从图4(a)可以看出,在不透水面的比 重相同的情况下,呈现出了不同的地表温度值,说 明地表温度不仅与不透水面的比例(面积)相关, 可能还与其他因素相关,例如不透水面的材质,或 者不透水面的空间结构等(Myint et al., 2013); 从图 4 (b)可以看出,在植被覆盖比重相同的情况 下,也呈现出了不同的地表温度值,说明地表温度 不仅与植被覆盖比例相关,可能还与其他因素相 关,例如植被的类型、布局结构等(秦仲等,2012; Matthew et al., 2014; Kong et al., 2014)。因此, 对于干旱区城市,为了降低热岛效应,改善城市的 热环境,应不仅从减少人工不透水面和增加植被的 面积去考虑,而且更应该注重人工不透水面的材质 和植被的类型,以及它们的空间布局和结构等方面 去着手。

3.4 干旱区城市裸地与地表温度

与湿润地区城市地表覆被特征不同的是,干旱 区城市建成区内部及周边地区有较多植被稀疏地 表或裸地,虽然这些区域不透水面比例非常低,但 地表温度却异常高(图5),成为干旱区城市的热岛 中心区,对城市升温的贡献最大。因此对于干旱区



图 4 不透水面比例与地表温度的相关性(a), 植被丰度与地表温度的相关性(b) Fig. 4 Correlation relationship between ISA and LST (a), correlation relationship between vegetation coverage and LST (b)



Fig. 5 Comparson map of Land cover, LST and ISA of spesific area of the city

城市而言,除了各类建设用地为代表的不透水面之 外,裸地也是引起城市热环境恶化的重要因素。通 过绿化等手段减少裸地是改善干旱区城市热环境 的重要举措。

干旱戈壁或沙漠地区的城市,由于具有大量的 人工绿地和水体,城市建成区相对周边裸地或沙地 环境具有更低的地表温度,在较大区域范围内属于 局部的"冷岛"。因此,与湿润半湿润地区不同的 是,干旱或沙漠地区城市的扩展,尤其是在裸地区 域的扩展,反而会从总体上降低区域的地表温度, 对区域热环境表现出积极的效应(Lazzarini et al., 2013)。

4 结论

本文采用中等分辨率 TM 遥感影像,基于混合 光谱分解方法有效地提取出典型干旱区城市不透 水面丰度和植被盖度信息,成本低,精度高,且该 方法可较好地区分光谱特性相似的城市建设用地 和裸地,对干旱区城市用地信息提取具有一定的借 鉴意义。

其次,通过回归模型分析城市不透水面丰度和 植被盖度与地表温度的定量关系,发现干旱区城市 不透水面比例与地表温度呈线性正相关关系,植被 覆盖度与地表温度呈线性负相关关系。研究还表 明,除了不透水地表之外,城区及周边的各类裸地、 沙地具有极高的地表温度,对城市热岛的形成具有 重要影响,而水域和植被起着降低城市地表温度的 作用。因此,降低不透水面和裸地、沙地面积用于 增加绿化和水面都可以明显地降低城市地表温度, 缓解城市热岛效应,改善城市热环境。

最后,降低不透水面、裸地沙地面积,增加植 被和水体面积,可以在一定程度上起到减缓热岛效 应的目的,但不仅要考虑其面积因素,还需要重点 考虑其其材质类型以及空间结构布局,尤其对于干 旱区城市来说,在水土资源极度匮乏的背景下,为 了减缓热岛效应,很难一味地增加城市绿地的面 积,更需要考虑其类型和空间结构布局,从而在面 积有限的条件下实现绿地降温效应的最大化。

参考文献:

- ALEXANDRI E, JONES P. 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates[J]. Building and Environment, 43(3): 480-493.
- BHATTA B, SARASWATI S, BANDYOPADHYAY D. 2010. Quantifying the degree of freedom, degree of sprawl, and degree of goodness of urban growth from remote sensing data [J]. Applied Geography, 30(1): 96-111.
- CARLSON TOBY N, DAVID A RIPLEY. 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index [J]. Remote Sensing of Environment, 62(3): 241-252.

- DE FREITAS M W D, DOS SANTOS J R, ALVES D S. 2013. Land use and land cover change processes in the Upper Uruguay Basin: linking environmental and socioeconomic variables [J]. Landscape Ecology, 28(2): 311-327.
- GRIMM N B, FAEHI S H, GOLUBIEWSKI N E, et al. 2008. Global change and the ecology of cities [J]. Science, 319(5864): 756-760.
- IPCC. 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Working group I contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [R]. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- KOLOKOTRONI M, REN X, DAVIES M, et al. 2012. London's urban heat island: Impact on current and future energy consumption in office buildings [J]. Energy and buildings, 47: 302-311.
- KONG F, YIN H, JAMES P, et al.2014. Effects of spatial pattern of green space on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China [J]. Landscape & Urban Planning, 128(3): 35-47.
- LAZZARINI M, MARPU P R, GHEDIRA H. 2013. Temperature-land cover interactions: The inversion of urban heat island phenomenon in desert city areas [J]. Remote Sensing of Environment, 130(4): 136-152.
- MATTHEW MAIMAITIYIMING, ABDUWASIT GHULAM, TASHPOLAT TIYIP, et al. 2014. Effects of green space spatial pattern on land surface temperature: Implications for sustainable urban planning and climate change adaptation [J]. International Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 89(3): 59-66.
- MYINT S W, WENTZ E A, BRAZEL A J, et al. 2013. The impact of distinct anthropogenic and vegetation features on urban warming [J]. Landscape Ecology, 28(5): 959-978.
- PICKETT S T A, CADENASSO M L, GROVE J M, et al. 2011. Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress.[J]. Journal of Environmental Management, 92(3):331–362.
- RIDD M K.1995. Exploring a V-I-S (Vegetation-Impervious Surface-Soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: Comparative anatomy for cities [J]. International Journal of Remote Sensing, 16(12): 2165-2185.
- SOBRINO, JOSÉ A, JUAN C JIMÉNEZ-MUÑOZ, et al. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5 [J]. Remote Sensing of Environment, 90(4): 434-440.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision.
- WENG Q, LU D, SCHUBRING J. 2004. Estimation Of Land Surface Temperature-Vegetation Abundance Relationship For Urban Heat Island Studies [J]. Remote Sensing of Environment, 89(4): 467-483.
- WU C, MURRAY A T. 2003. Estimating Impervious Surface Distribution by Spectral Mixture Analysis [J]. Remote Sensing of Environment, 84(4): 493-505.
- YUAN F, BAUER M E. 2007. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery [J]. Remote Sensing of Environment, 106(3): 375-386.
- 陈旭, 李霖, 王江. 2015. 城市绿地对热岛效应的缓解作用研究——以 台州市为例[J]. 生态环境学报, 24(4): 643-649.
- 黄金川,方创琳. 2003. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析 [J]. 地理研究, 22(2): 211-220.
- 匡文慧,刘纪远,陆灯盛. 2011. 京津唐城市群不透水地表增长格局以 及水环境效应[J]. 地理学报,66(11):1486-1496.
- 匡文慧, 刘纪远, 陆灯盛, 等. 2013. 21 世纪初中国人工建设不透水地表 遥感监测与时空分析[J]. 科学通报, 58(6): 465-478.

- 刘珍环, 王仰麟, 彭建. 2012. 深圳市不透水表面的遥感监测与时空格 局[J]. 地理研究, 31(8): 1535-1545.
- 潘竟虎,刘春雨,李晓雪. 2009. 基于混合光谱分解的兰州城市热岛与 下垫面空间关系分析[J]. 遥感技术与应用, 24(4): 462-468.
- 覃志豪, ZHANG M H, ARNON KARNIELI, 等. 2001. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J]. 地理学报, 56(4): 456-466.
- 秦仲,巴成宝,李湛东. 2012. 北京市不同植物群落的降温增湿效应研 究[J]. 生态科学, 31(5):567-571.
- 陶秋香, 陶华学, 张连蓬. 2004. 线性混合光谱模型在植被高光谱遥感 分类中的应用研究[J]. 勘查科学技术, (1): 21-24.
- 吴志杰,赵书河.2012. 基于 TM 图像的"增强的指数型建筑用地指数"研究[J]. 国土资源遥感,93(2):50-55.
- 徐涵秋. 2005. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报, 9(5): 589-595.
- 徐涵秋. 2009. 城市不透水面与相关城市生态要素关系的定量分析[J]. 生态学报, 29(5): 2456-2462.

- 徐永明, 刘勇洪. 2013. 基于 TM 影像的北京市热环境及其与不透水面 的关系研究[J]. 生态环境学报, 22(4): 639-643.
- 岳文泽, 吴次芳. 2007. 基于混合光谱分解的城市不透水面分布估算[J]. 遥感学报, 11(6): 914-922.
- 岳文泽, 徐建华, 徐丽华. 2006. 基于遥感影像的城市土地利用生态环 境效应研究——以城市热环境和植被指数为例[J]. 生态学报, 26(5): 1450-1460.
- 张号, 屈建军, 张克存. 2015. 绿洲植被覆盖度遥感信息提取——以敦 煌绿洲为例[J]. 中国沙漠, 35(2): 493-498.
- 张文婷,金可懿,宋开山,等. 2015. 基于多端元混合光谱模型与 Landsat 影像的北京不透水层动态研究[J]. 遥感技术与应用, 30(2): 321-330.
- 周存林, 徐涵秋. 2007. 福州城区不透水面的光谱混合分析与识别制图 [J]. 中国图形图像报, 12(5): 875-881.
- 周红妹,周成虎,葛伟强,等. 2001. 基于遥感和 GIS 的城市热场分布规 律研究[J]. 地理学报, 56(2): 189-197.

Study on Land Surface Characteristics and Its Relationship with Land Surface Thermal Environment of Typical City in Arid Region

MAIMAITIJIANG Maitiniyazi¹, ALIMUJIANG kasimu^{2, 3}

1. College of Management, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;

2. Institute of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China;

3. Center of Xinjiang Urbanization Development Study, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China

Abstract: Landsat TM images of August 11th, 2011 were used to acquire the abundance of impervious surface Area (ISA) and vegetation fraction (FV) information of Urumqi city's build-up area based on Linear Spectral. Unmixing Model, and land surface temperature (LST) was retrieved using Mono-Window Algorithm of that area as well, then spatial distribution characteristics of these factors were analyzed based on hierarchical method. On basis of this, the correlation relationship between abundance of ISA, FV and LST was analyzed respectively. The results show that: (1) Linear Spectral Unmixing Model is proved to be a method with low cost and high precision in extracting ISA when using medium resolution remote sensing image in this case (RMS is 0.003, much smaller than the threshold value 0.02), and it has advantages of distinguishing urban construction land and bare soil which have similar spectral characteristics; (2) Abundance of ISA is positively correlated with LST with R square of 0.74; (3) Bare soil has significant influence on the formation of heat island and the surface thermal environment of cities in arid region because of extremely high LST, so reducing and changing bare soil of cities in arid region is very helpful to mitigate urban heat island effect and improve the thermal environment of the whole city. **Key words:** impervious surface area (ISA); heat island effect; spectral unmixing; Urumqi; arid region