

基于多源亮度温度的城市典型植被分类研究

浮媛媛 赵云升 赵文利 刘宇

东北师范大学地理科学学院, 吉林 长春 130024

摘要 城市植被作为城市生态系统的重要组成部分,发挥着巨大的生态效益,合理地城市植被进行分类有利于城市建设和规划。通过对长春市典型植被分类研究发现,观测时间、探测角度、波段是影响植被亮度温度的主要因素。结果显示:在不同时间段测得的植被的亮度温度差异明显,可很好地区分不同植被,尤其是在中午最有利于4种植被类型的识别;不同探测角度下测得的各种植被的亮度温度,差异也很明显,可达到区分城市典型植被的效果,尤其是在0°探测角度下获得的亮度温度最有利于植被的分类;但同种植被在4个通道的亮度温度只有细微差别,所以利用不同探测波段得到的亮度温度对植被进行区分较难实现。该研究可为植被类型的识别和分类提供重要依据。

关键词 遥感; 植被分类; 热辐射; 亮度温度

中图分类号 TP72 文献标识码 A

doi: 10.3788/LOP52.072801

Studies of Typical Urban Vegetation Classification Based on Brightness Temperature from Multiple Sources

Fu Yuanyuan Zhao Yunsheng Zhao Wenli Liu Yu

School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun, Jilin 130024, China

Abstract As an important part of the urban ecosystem, urban vegetation creates huge ecological benefit, so reasonable classification of urban vegetation is in favor of urban construction and planning. Based on the typical vegetation classification of Changchun, it is found that the observation time, detection angle and band are the main factors affecting the brightness temperature of vegetation. The result shows that the brightness temperature of vegetations measured in different time periods is significantly different, so it can distinguish among different vegetations easily, especially at noon, it is the most conducive to identify the four vegetation types. The brightness temperature measured under different detection angles is also evidently different, and it can also achieve the effect of distinguishing among typical vegetations, especially the brightness temperature obtained under the 0° detection angle is the most favorable to the vegetation classification; but there is only subtle difference between brightness temperature of four channels, the brightness temperature obtained in different band ranges is difficult to distinguish among typical vegetations. The results can be used to provide important basis for the identification and classification of vegetation types.

Key words remote sensing; vegetation classification; thermal radiation; brightness temperature

OCIS codes 280.4991; 300.6340; 260.3090; 260.5430; 280.6780

1 引言

植被是反映生态环境变化重要而敏感的指示器,近年来已经成为一个研究热点,其中植被类型的识别与分类是进行植被研究的基础^[1]。目前植被研究中争论最多的问题之一就是植被分类^[2]。城市是人类活动最为集中的区域,探讨城市植被的独特性质并且对其进行有效划分,对于城市规划和城市环境保护具有重要的实践意义,也可以为生态城市的建设提供有力的数据支持。

收稿日期: 2015-01-15; 收到修改稿日期: 2015-03-26; 网络出版日期: 2015-06-19

基金项目: 国家自然科学基金(41271350,40971190,40771153)、国家级大学生创新创业训练计划(201210200091)

作者简介: 浮媛媛(1990—),女,硕士研究生,主要从事遥感与GIS应用等方面的研究。E-mail: fuyy108@nenu.edu.cn

导师简介: 赵云升(1948—),男,教授,博士生导师,主要从事偏振光与定量遥感等方面的研究。

E-mail: zhaoy975@nenu.edu.cn(通信联系人)

一切温度高于绝对零度的物体,都存在着红外辐射现象^[3],常温的地表物体发射的红外能量主要在大于8 μm 的远红外区,为热辐射^[4]。虽然目前把红外和可见光图像融合进行地物遥感解译已得到广泛应用^[5],但是热红外遥感可以获得地物的热状况信息,以此推断地物的特征及其与环境相互作用的过程,更有利于地物的判别。

作为获取地表热状况信息的重要手段,热红外遥感比可见光、近红外波段的遥感要复杂得多,复杂地表的热红外辐射建模和观测一直是热红外对地遥感的基础研究之一^[6-8]。但由于大气对热红外波段的影响较为复杂,难以达到精确的大气校正;加之热红外遥感影像空间分辨率较低,使得利用卫星热红外遥感技术对城市植被进行精确分类较难实现。而植被地面遥感可将大气影响和混合像素的干扰降至最低,从而获得更准确的植被热状况信息,为植被分类提供更可靠的依据。

本文利用地面遥感实测数据,从观测时间、探测角度和波段三个方面对长春市典型植被的热辐射特征进行阐述、分析,从而为植被类型的识别和精确分类提供重要依据,也为热红外遥感的定量研究奠定了基础。

2 野外实验

2.1 实验设计

实验时间为2014年6月15日~2014年8月15日,实验区位于吉林省长春市市辖区,主要选取长春市4种典型的植被类型(阔叶、针叶、树篱、草地)。使用全球定位系统(GPS)测量仪对地物进行详细定位,获得4种植被的具体地理信息(表1)。

表1 典型植被精确的地理位置信息

Table 1 Detailed geographical information of typical vegetations

Vegetation types	Latitude and longitude	Altitude /m
Broadleaf	43°51'38.3"N, 125°19'26.4"E	207.3
Coniferous	43°51'38.0"N, 125°19'26.1"E	206.8
Hedge	43°51'38.3"N, 125°19'26.5"E	206.2
Grassland	43°51'38.1"N, 125°19'26.3"E	205.7

实验中,在测量每种植被的同时,分别记录每次的测量时间、探测角度、天气状况、空气温度、湿度,通过对不同植被的多次测量,得到4种植被在不同时间段、不同角度和不同波段的亮度温度。

2.2 实验仪器

实验使用的CE312-1b型红外辐射计(CIMEL电子仪器公司,法国)测得的数据重复性优于99.65%,它的4个通道波段波长如表2所示,与大多数遥感卫星上装载的测温传感器的波段是一致的^[9],作为航空、航天平台上多光谱扫描仪的模拟传感器,该仪器可同时测得地物的亮度温度及辐亮度信息^[10]。

表2 红外辐射计各通道对应的波段范围

Table 2 Band ranges in each channel of infrared radiometer

Channels	C1	C2	C3	C4
Wavelength / μm	8~14	11.5~12.5	10.3~11.5	8.2~9.2

2.3 数据处理

为提高数据的精度,避免偶然误差,实验在数据处理时,选择天气状况相同(晴朗、无云、无风或微风)、空气温度和湿度相差不大时获得的数据。

实验每组数据的测量都保证在5次以上,选取有效数据进行加权平均后再进行对比分析以保证实验及其结果的准确性,最后根据其中的典型数据制成亮度温度光谱曲线^[11]。

表3 部分数据整理结果
Table 3 Part of data results

Vegetation types	Measurement time	Detection angle /($^{\circ}$)	Channel	Radiation brightness / [$W/(sr \cdot m^2)$]	Brightness temperature / $^{\circ}C$
Hedge	5:00	60	C1	1.983381797	17.64325696
			C2	0.236579138	17.67082228
			C3	0.443096552	17.41784757
			C4	0.337042355	17.52927058
		30	C1	1.990448313	17.85638642
			C2	0.237226789	17.85980224
			C3	0.444436474	17.60689221
			C4	0.338321346	17.72482298
	0	C1	1.993433652	17.94624444	
		C2	0.237653507	17.98412574	
		C3	0.44546624	17.75189443	
		C4	0.339293488	17.8730815	
	13:00	60	C1	2.349153359	28.11513941
			C2	0.274579228	28.32137376
			C3	0.523473079	28.22061467
			C4	0.412686893	28.35553518
		30	C1	2.358147608	28.35875013
			C2	0.274987129	28.43108677
			C3	0.524421415	28.34232248
			C4	0.414588737	28.61083643
0	C1	2.395575301	29.37057497		
	C2	0.278295281	29.31940885		
	C3	0.529042451	28.93149563		
	C4	0.418268853	29.09964415		
19:00	60	C1	2.170690331	23.14045932	
		C2	0.25621095	23.27904679	
		C3	0.482210963	22.80403388	
		C4	0.373944085	22.98707149	
	30	C1	2.170791753	23.14371992	
		C2	0.255603129	23.10899107	
		C3	0.482136181	22.7944121	
		C4	0.373386672	22.90786743	
0	C1	2.177750149	23.34228685		
	C2	0.256861234	23.46056251		
	C3	0.484702529	23.13865901		
	C4	0.376112232	23.29666006		

Note: only measurement results for one vegetation type (hedge) are listed for reference because too much data is obtained

3 基于亮度温度的植被分类分析

植被温度反演是指从传感器得到的辐射亮度值中获得植被温度信息^[12]。利用亮度温度这个指标,从观测时间、探测角度、波段三个方面对城市典型植被进行分类研究。

3.1 不同时段下的植被分类研究

太阳辐射能量的强弱随时间发生显著变化,同时植被因太阳辐射造成的升温作用在很大程度上改变着植被的热辐射温度^[10]。因此,植被的亮度温度与观测时间必然存在一定的联系。

图1显示了探测角为 0° 、探测波段为C3时,城市典型植被在不同时间段的亮度温度。

不同时段同一类型植被热辐射特性不同,且差异明显[图1(a)];13:00时,各种类型植被的亮度温度明显高于其他时段的亮度温度,5:00时植被的亮度温度最低。说明观测时间对于植被亮度温度有很大影响,越接近中午,植被的亮度温度越高。

13:00时,4种植物的亮度温度在一天当中是最高的[图1(a)],在夏季中午,植被必须借助蒸腾作用来降低自身的温度,而蒸腾作用主要是水分通过叶子以水蒸气状态散失到大气中,蒸腾作用由强到弱顺序依次为阔叶、树篱、草地、针叶,因而自身温度由低到高顺序依次为阔叶、树篱、草地、针叶,导致针叶亮度温度最高,阔叶最低的现象。

针叶的亮度温度在5:00、13:00、19:00时都是最高的,并且在5:00和13:00,树篱、阔叶、草地、针叶4种植物的亮度温度都是依次呈现上升的趋势,只有在19:00时,草地的亮度温度比其他三种都要小[图1(b)],可能与晚上草地湿度高有关。

早上时树篱、阔叶、草地、针叶4种植物的亮度温度依次升高,但是上升趋势不是很大,不利于4种植物的区分;中午时,最有利于4种植物的区分,尤其是针叶,因为此时针叶的亮度温度与其他三种植物的差异最大,最易与其他植被类型区分开来;晚上时,最有利于草地的区分,因为此时草地的亮度温度最低,可以明显辨别出草地。

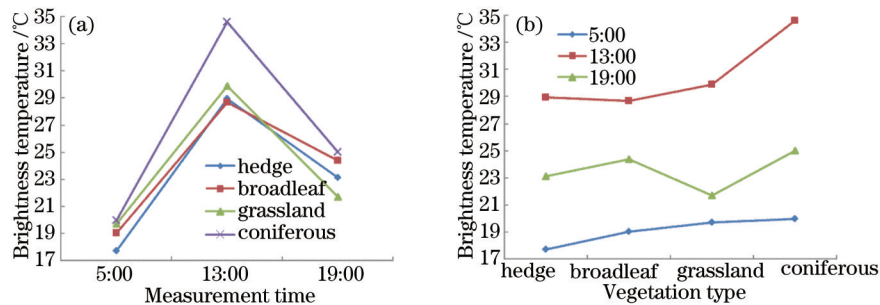


图1 不同时段典型植被亮度温度

Fig.1 Brightness temperature of typical vegetations at different time

3.2 不同探测角度下的植被分类研究

探测器观测的方位角会直接影响接收光的强度^[13],因此将探测角度^[14-16]这一变量因素加入实验中。无论在大气中或地表,都有垂直方向上的变化和空间结构变化,因而其反射的方向性是其材料波谱特征和空间结构特征的函数^[17]。与单一角度相比,可以通过对植被进行不同探测角度的测量,获得更加全面的信息,从而提高实验结果的精度。

图2为在中午13:00、探测波段为C3时,城市典型植被在不同探测角度下的亮度温度。

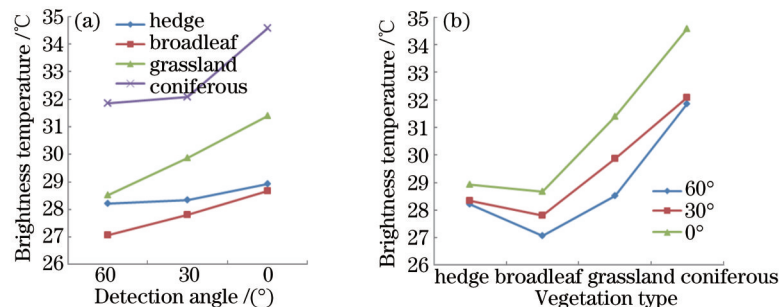


图2 不同探测角度下典型植被亮度温度图

Fig.2 Brightness temperature of typical vegetations at different angles

随着探测角度的减小,4种植物的亮度温度大致呈现上升的趋势,其中针叶的亮度温度波动程度是最大的;在三种探测角度下,针叶、草地、树篱、阔叶4种植物的亮度温度是依次降低的[图2(a)]。

探测角度为 0° 时,4种植物的亮度温度都是最高的,探测角度为 60° 时4种植物的亮度温度都是最低的,探测角度为 30° 时4种植物的亮度温度居中[图2(b)]。

探测角度为 0° 时,最有利于针叶、草地与其他两类植被的区分,因为此时针叶、草地的亮度温度与其他

两类植被相差很大,可明显观测出来;但是不利于阔叶和树篱的区分,因为此时阔叶和树篱的亮度温度相差不大;探测角度为 30° 时,有利于草地和树篱的区分;探测角度为 60° 时,最有利于阔叶和树篱的区分。

3.3 不同波段下的植被分类研究

图3为在中午13:00,探测角度为 0° 时,城市典型植被在不同探测波段下的亮度温度。

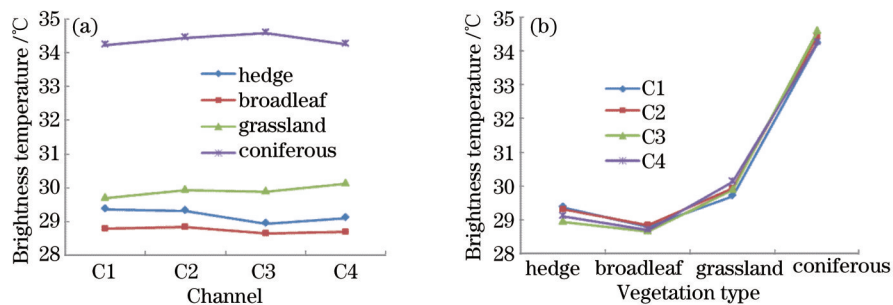


图3 不同通道典型植被亮度温度

Fig.3 Brightness temperature of typical vegetations in different channels

虽然各种城市典型植被在不同时段,不同探测角度下的亮度温度差异较大,但在各通道上的热辐射特性之间存在一致性,其热辐射特征走势存在相似性,不同通道上反演的亮度温度值只有细微差别,曲线几乎与横坐标平行[图3(a)],说明植被在不同波段内性质稳定。

利用不同通道进行植被区分较难实现,特别是第一通道和第二通道,无法进行植被类型的识别与区分[图3(b)].由于实际中波段选取一定要考虑准确、周全,在一定范围内,选取的波段越窄,测得的精度越高,准确度越高,所测的亮度温度就更能反映植被本身的特性,所以利用第三通道和第四通道较第一通道更为精确。

4 结 论

1) 不同植被热辐射特性差异较大,通过其亮度温度信息可以对城市典型植被进行识别和分类。

2) 利用植被在不同观测时间的亮度温度对植被进行分类,早上时树篱、阔叶、草地、针叶4种植物的亮度温度依次升高,但是上升趋势不大,不利于4种植物的区分;中午时最有利于4种植物的区分,尤其对针叶的区分最为有效;晚上时最有利于草地的区分。

3) 利用植被在不同探测角度下的亮度温度对植被进行分类,探测角度为 0° 时,最有利于针叶、草地与其他两类植被的区分,但是不利于阔叶和树篱的区分;探测角度为 30° 时,最有利于草地和树篱的区分;探测角度为 60° 时,最有利于阔叶和树篱的区分。

4) 在观测时间、探测角度一致的情况下,同种植物在4个通道的亮度温度只有细微差别,说明不同波段对植被亮度温度的影响是可以忽略的,所以利用不同探测波段进行植被区分较难实现。

该研究仅是初步的实验,相对于非地面遥感而言,还有一些限制因素,获取的数据十分有限,实验结果也有待进一步验证与分析。但该研究可以充分说明利用多源亮度温度信息对城市典型植被的分类具有一定意义,但还需借助不同时段的遥感数据来帮助区分光谱特性较为相似的植被,因而进一步获取多时相、长时间的遥感序列资料对研究植被热红外遥感具有重要意义,也可以为植被分类研究奠定良好的基础。

参 考 文 献

- 1 Guo Hang, Zhang Xiaoli. Current status and developing trend in vegetation classification based on RS technology[J]. World Forestry Research, 2007, 20(3): 14-19.
- 郭 航, 张晓丽. 基于遥感技术的植被分类研究现状与发展趋势[J]. 世界林业研究, 2007, 20(3): 14-19.
- 2 Zhang Jinquan. Classification and system of vegetation in Henan province[J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 1984, (1): 112-121.
- 张金泉. 河南省植被的分类和系统[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 1984, (1): 112-121.
- 3 Chen Lei, Yang Fengbao, Wang Zhishe, et al.. Research on fusion algorithm of infrared and visible imagery based on variational enhanced model[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2014, 51(4): 041003.
- 陈 磊, 杨风暴, 王志社, 等. 红外与可见光图像的变分增强融合算法研究[J]. 激光与光电子学进展, 2014, 51(4): 041003.
- 4 Xu Junqiang, Xing Lixin, Chen Qinghua, et al.. The application of quantitative remote sense technique to urban heat

- island study and its control[J]. Environmental Science and Management, 2006, 31(6): 35-38.
- 许军强, 邢立新, 陈庆华, 等. 定量遥感技术在城市热岛效应研究及其治理中的应用[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(6): 35-38.
- 5 Zhang Yuyan, Wang Wei, Wang Zhenchun, *et al.*. Temperature measurement on high speed sliding electrical contact based on principle of infrared radiation[J]. Acta Optica Sinica, 2013, 33(11): 1112004.
- 张玉燕, 王 微, 王振春, 等. 基于红外辐射原理的高速滑动电接触温度测量[J]. 光学学报, 2013, 33(11): 1112004.
- 6 Huang Huaguo, Dou Baocheng, Hu Ni. Tassel effect on the thermal emission directionality of corn canopies[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2011, 30(2): 120-123.
- 黄华国, 窦宝成, 胡 妮. 雄穗对玉米冠层热辐射方向性的影响分析[J]. 红外与毫米波学报, 2011, 30(2): 120-123.
- 7 Verhoef W, Jia L, Xiao Q, *et al.*. Unified optical-thermal four-stream radiative transfer theory for homogeneous vegetation canopies[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2007, 45(6): 1808-1822.
- 8 Lagouarde J P, Kerr Y H, Brunet Y. An experimental study of angular effects on surface temperature for various plant canopies and bare soils[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1995, 77(3-4): 167-190.
- 9 Zhang Xia, Sun Tianlin, Liang Renfeng, *et al.*. Studies of the thermal radiation characteristics of urban typical surface features[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(1): 92-95.
- 张 霞, 孙天琳, 梁壬凤, 等. 城市典型地物的热辐射特性研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(1): 92-95.
- 10 Wang Junfa, Gao Xiaoping, Chen Zhifeng, *et al.*. Remote sensing in multi-angle and airborne imaging system[J]. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2001, 20(5): 329-335.
- 汪骏发, 高晓萍, 陈志峰, 等. 多角度遥感及其航空成像仪[J]. 红外与毫米波学报, 2001, 20(5): 329-335.
- 11 Cui Fangxiao, Fang Yonghua. Infrared background compression method based on brightness temperature spectrum[J]. Acta Optica Sinica, 2013, 33(11): 1130001.
- 崔方晓, 方勇华. 基于亮度温度光谱的红外背景压缩方法[J]. 光学学报, 2013, 33(11): 1130001.
- 12 Zhang Jian, Yangli, Liu Huikai. Effect of environmental object on infrared temperature measurement[J]. Infrared Technology, 2005, 27(5): 419-422.
- 张 健, 杨 立, 刘慧开. 环境高温物体对红外热像仪测温误差的影响[J]. 红外技术, 2005, 27(5): 419-422.
- 13 Huang Honglian, Yi Weining, Qiao Yanli, *et al.*. Analyzing of optical remote polarization imaging simulation based on intensity images and surface polarized bidirectional reflectance data[J]. Acta Optica Sinica, 2014, 34(10): 1028001.
- 黄红莲, 易维宁, 乔延利, 等. 基于强度图像和地物偏振反射率数据的光学遥感偏振成像仿真分析[J]. 光学学报, 2014, 34(10): 1028001.
- 14 Shi Jun, Zhao Yunsheng, Zhang Xia, *et al.*. Study on the thermal infrared polarization characteristics of the grassland withered plants[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(9): 2372-2376.
- 石 君, 赵云升, 张 霞, 等. 草原枯萎植物的热红外偏振特性研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(9): 2372-2376.
- 15 Zhang Xia, Zhao Yunsheng, Sun Tianlin, *et al.*. Studies of the thermal radiation multi-angle polarization properties of snow[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2013, 33(1): 186-189.
- 张 霞, 赵云升, 孙天琳, 等. 雪的热辐射多角度偏振特性研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2013, 33(1): 186-189.
- 16 Ren Guangsen, Wu Wuming, Ning Yu, *et al.*. Tight focusing of a radially polarized coherent beams array[J]. Chinese J Lasers, 2014, 41(1): 0102003.
- 任广森, 吴武明, 宁 禹, 等. 径向偏振相干光束阵列的深聚焦[J]. 中国激光, 2014, 41(1): 0102003.
- 17 Wang Jindi, Li Xiaowen. Experiment Research on the Ground Target in Multi-Angle[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1996.
- 王锦地, 李小文. 地面目标的多角度观测实验研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.

栏目编辑: 吴秀娟