



基于Landsat8数据的天津地区城市热环境监测技术研究



报告人：宋鑫博

2016. 4. 28 南京

目录

CONTENTS

01

研究背景与意义

Research Background

02

研究目标

Research Object

03

研究内容

Research Contents

04

结论

conclusion

05

未来展望

future expectations

研究
背景
及意义

PART
ONE

研究背景及意义

研究的应用意义：

世界气象组织(WMO)在日内瓦发布一份报告说，2015年全球平均地表温度可能创下有气象观测记录以来的最高值。经世界气象组织的盘点和分析，判定造成这一情况的成因是受人为活动(城市化)引发的全球变暖和厄尔尼诺现象。确实在二战之后，世界城市化进程大大加快，城市规模快速增长，城市数目激增。城市内部会形成特殊热环境，而其最重要的特征之一地表温度与周围地区的差异性。所以利用热红外遥感技术反演城市地表温度，对于监测城市热环境变化，指导建立城市高温灾害防御体系有重要意义。



研究的理论意义：

- ▶ 地表温度(land surface temperature, LST)是众多基础学科和应用领域的一个**重要物理量**，能提供地表能量平衡状态的时空变化信息。
- ▶ 地表温度既可以作为地表过程模型的**输入参数**，又可以**验证**这些模型的输出结果。
- ▶ 国际地圈生物圈计划(IGBP)将地表温度列为**优先**测定的参数之一，其在地-气间的物质和能量交换中扮演着重要的角色，对地球上自然资源的生成、植被的生长、气候变化和人类日常生活都有重要影响。

研究现状

方法一

比辐射率 ϵ 已知，反演地表温度LST

- 单通道法：例如覃志豪单窗算法、Juan C.Jiménez-Muñoz单窗算法
- 劈窗算法：例如offer Rozenstein劈窗算法和 Juan C.Jiménez-Muñoz劈窗算法
- 多角度法：例如Pinker算法

方法二

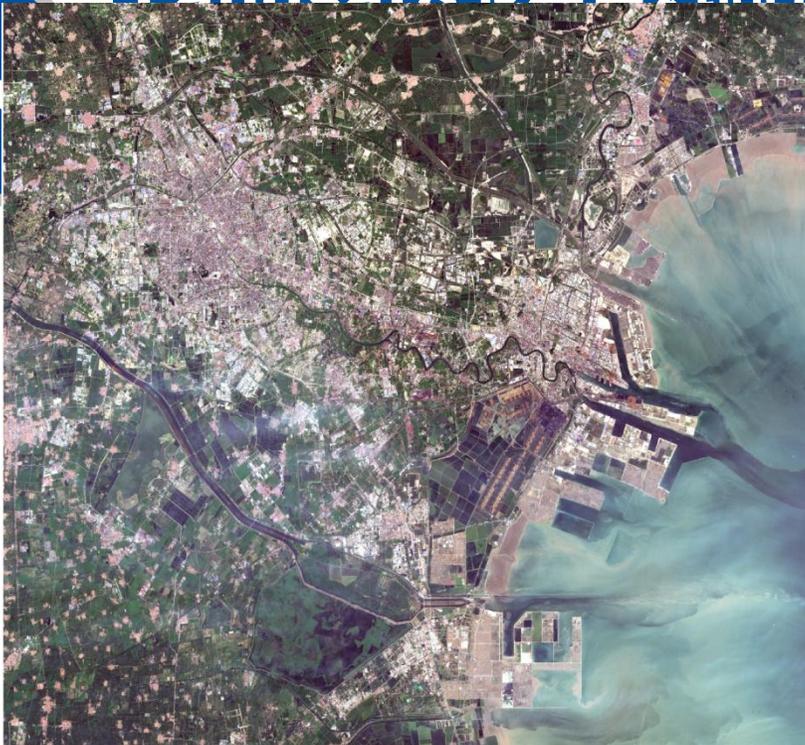
比辐射率 ϵ 未知，反演地表温度LST

- stepwise retrieval method，例如基于NDVI的发射率估算方法。
- 已知大气信息，同时反演 ϵ 和LST，例如两温法
- 同时求解LST、 ϵ 和大气参数，如人工神经网络算法

研究背景及意义



Landsat8卫星资料简介



天津市城市热岛研究现状

目前针对天津城市热岛效应研究中，多利用气象站点地面气温数据进行研究，建立趋势方程获取相关规律。或者利用Landsat-5卫星资料进行天津城市热(冷)岛效应的研究，却较少关注基于landsat-8的卫星遥感数据进行城市热(冷)岛效应的监测研究。

表1: OLI陆地成像仪OLI

OLI陆地成像仪			ETM+		
波段名称	波段(μm)	空间分辨率(m)	波段名称	波段(μm)	空间分辨率(m)
Band 1 Coastal	0.433-0.453	30			
Band 2 Blue	0.450-0.515	30	Band 1 Blue	0.450-0.515	30
Band 3 Green	0.525-0.600	30	Band 2 Green	0.525-0.605	30
Band 4 Red	0.630-0.680	30	Band 3 Red	0.630-0.690	30
Band 5 NIR	0.845-0.885	30	Band 4 NIR	0.775-0.900	30
Band 6 SWIR 1	1.560-1.660	30	Band 5 SWIR 1	1.550-1.750	30
Band 7 SWIR 2	2.100-2.300	30	Band 7 SWIR 2	2.090-2.350	30
Band 8 Pan	0.500-0.680	15	Band 8 Pan	0.520-0.900	15
Band 9 Cirrus	1.360-1.390	30			

表2: TIRS载荷参数

波段名称	中心波长(μm)	最小波段边界(μm)	最大波段边界(μm)	空间分辨率(m)
Band 10 TIRS 1	10.9	10.6	11.2	100
Band 11 TIRS 2	12.0	11.5	12.5	100

皇岁月的
和TIRS。

PART
TWO

研究 目标

研究目标

目标：在实现四种针对Landsat-8数据的地表温度反演算法基础上，进行**对比分析和精度评价**，并利用最优算法反演天津城市热岛。这四种算法分别为Juan C.Jiménez-Muñoz单通道算法(SC)、覃志豪单窗算法(MW)、Offer Rozenstein分劈窗算法(SW1)和Juan C.Jiménez-Muñoz (SW2)劈窗算法。

本项目的关键技术包括：一是**反演地表参数**，利用RS技术和相关算法，来实现地表参数的估算。二是**反演地表温度**，即依托RS技术，实现四种地表温度反演算法，并利用气象数据和遥感资料对天津市地表温度进行估算。

PART
THREE

研究 内容

研究内容

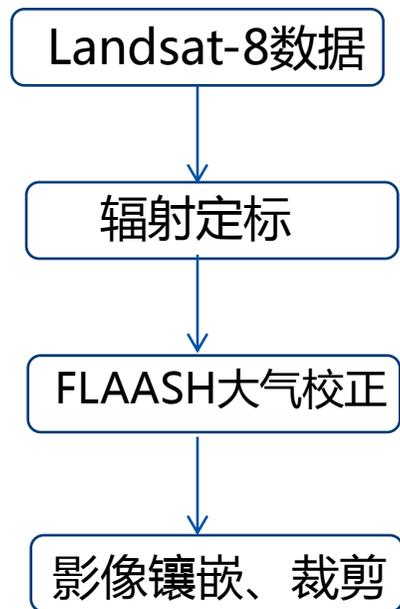


图1 landsat-8数据预处理工作流程

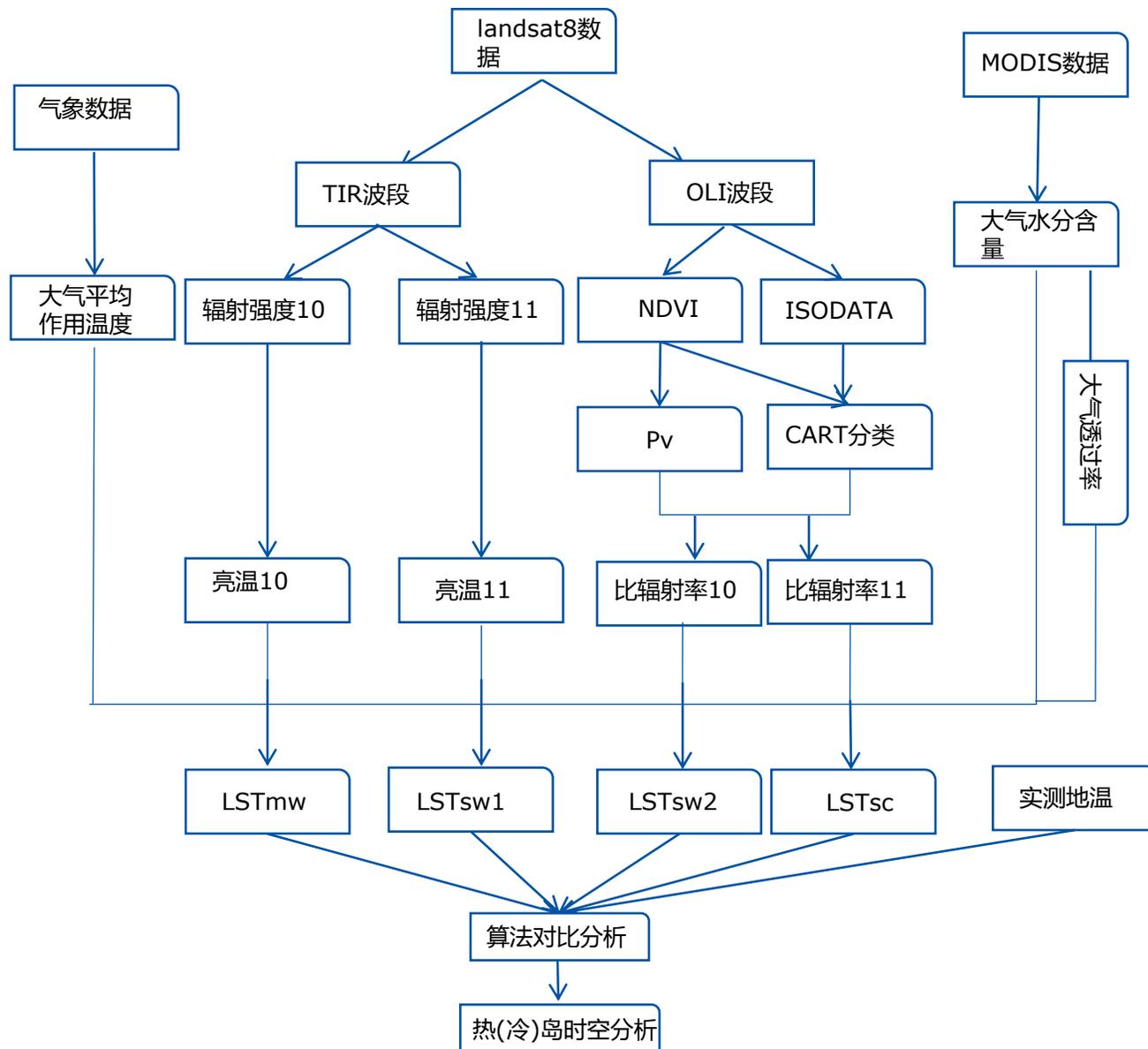
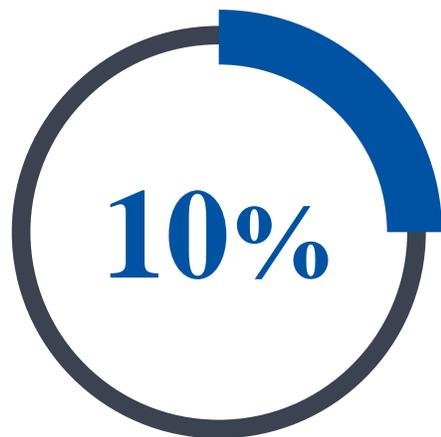
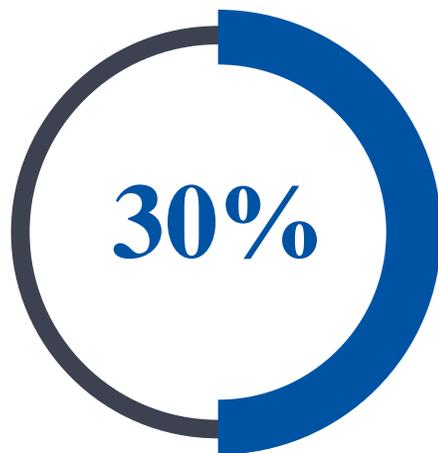


图2 研究总技术路线图



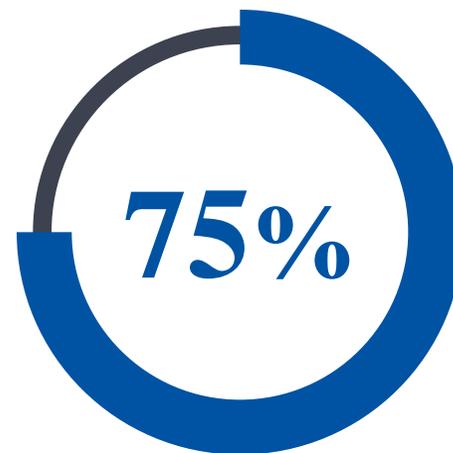
数据准备

气象数据
地表温度实测数据
Landsat-8影像下载
及处理
MODIS 1B数据
制作土地分类数据



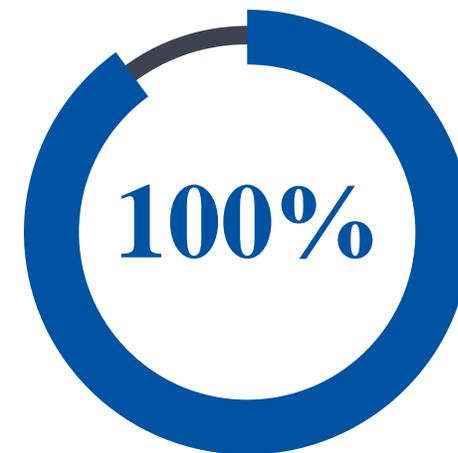
地表参数的反演

亮度温度
地表比辐射率
大气透过率
大气平均作用温度



地表温度的反演

MW单窗算法
SC单通道算法
SW1劈窗算法
SW2劈窗算法



精度验证及分析

精度验证
地表温差时空分析

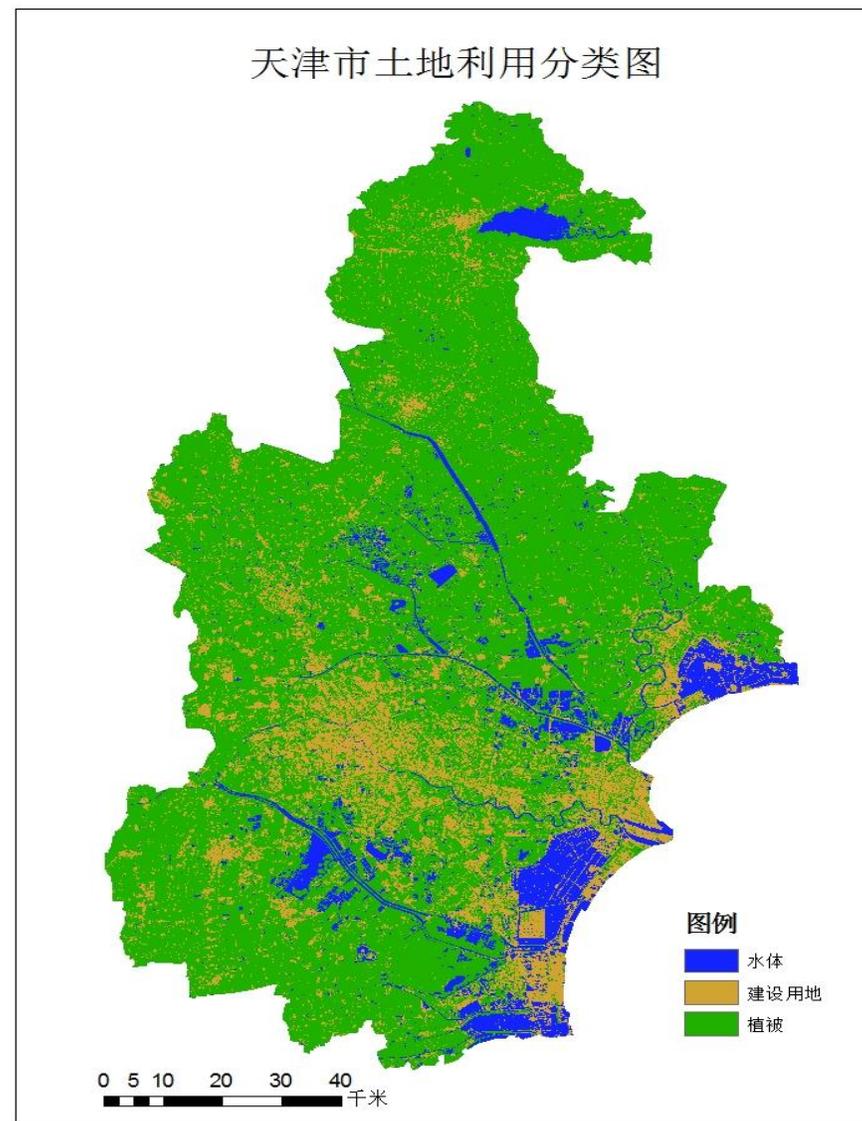
研究内容

数据处理

- **气象数据**：来源CIMISS系统，对近地表气温进
- **地表温度数据**：0cm地表温度数据，来源于天津算法的精度验证；
- **Landsat-8数据**：来源于USGS官方网站，选取射校正、大气校正等处理。
- **MODIS 1B数据**：来源于NASA官方网站，选取水量的计算；
- **土地分类**：针对Landsat-8 OLI波段，利用基于神经网络和植被和水体。



图3 土地分类流程



温
于辐
气含
区、

研究内容

地表参数的反演

- **亮度温度**：利用影像灰度值，经定标处理后转换成辐射强度，再根据普朗克公式亮度温度；
- **大气透过率**：基于MODIS 1B数据计算大气水汽含量，然后利用表1中的公式计算大气透过率；

大气模式	大气透过率估算方程	r^2
美国 1976 年	$\tau_{10} = -0.1146\omega + 1.0286$	0.9882
标准大气	$\tau_{11} = -0.1568\omega + 1.0083$	0.9947
中纬度夏季	$\tau_{10} = -0.1134\omega + 1.0335$	0.986
	$\tau_{11} = -0.1546\omega + 1.0078$	0.996

- **大气平均作用温度**：根据热红外波段大气平均作用温度估算方程，应用近地表气温计算；
- **地表比辐射率**：根据地表分类结果，利用覃志豪等人的研究对自然地表的比辐射率估算方法计算。

地表温度的反演

- **覃志豪单窗算法 (MW)** : 覃志豪根据地表热辐射传输方程推导出的利用热红外波段反演地表温度的公式

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

$$C = \tau \varepsilon$$

$$D = (1 - \tau)[1 + (1 - \varepsilon)\tau]$$

- 式中， ε 是地表比辐射率， τ 是大气透过率， T_{sensor} 是星上辐射亮度对应的亮度温度， T_a 是大气平均作用温度， a 、 b 为系数。它的优点是反演精度较高，适用性强；缺点为反演LST需要参数较多，如大气透过率、大气平均作用温度和地表比辐射率，并且只适用于一个热红外波段的卫星数据。

地表温度的反演

- **Jimenez-Munoz单通道算法(SC)**：Jiménez-Munoz 等人认为Landsat-8卫星热红外11波段定标系数有误差，为了提高地表温度反演精度，提出了一种应用于Landsat8的地表温度单通道反演算法其计算公式如下：

$$T_s = \gamma[(\psi_1 L_{sen} + \psi_2) / \varepsilon + \psi_3] + \delta$$

$$\gamma \approx T_{sen}^2 / b_\gamma L_{sen}$$

$$\delta \approx T_{sen} - T_{sen}^2 / b_\gamma$$

- 式中， ε 为比辐射率， L_{sen} 为卫星高度上传感器测得的辐射强度， T_{sen} 为亮度温度。 ψ_1, ψ_2, ψ_3 为大气功能参数。SC算法优点为不需要大气温度数据，缺点是受大气条件影响较大。

地表温度的反演

- Offer Rozenstein劈窗算法 (SW1) : Rozenstein根据劈窗算法和 Landsat 8 数据的特点, 提出了适用于Landsat-8数据的地表温度反演劈窗算法, 其计算公式如下:

$$T_s = A_0 + A_1 T_{10} - A_2 T_{11}$$

式中, T_s 为地表温度, T_{10} 、 T_{11} 分别Landsat8第10、第11波段的亮温温度, 单位是K。A0、A1和 A2是系数。该方法优点是无需大气廓线数据, 无需考虑地形影响, 但该方法对 ϵ 误差很敏感。反演方法最成熟、精度较高, 需要的参数少、模型简单; 缺点为混合像元反演精度有限。

地表温度的反演

- Jimenez-Munoz劈窗算法(SW2)：Jiménez-Munoz等人利用Sobrino等人提出的数学结构，结合Landsat8的数据特点进行大气辐射传输模拟，提出了一种应用于Landsat8的地表温度反演算法其计算公式如下：

$$T_s = T_{10} + C_1(T_{10} - T_{11}) + C_2(T_{10} - T_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4\omega)(1 - \varepsilon) + (C_5 + C_6\omega)\varepsilon$$

式中， ε 为平均地表比辐射率， ω 为大气水汽含量。SW2算法仅需要水汽含量和地表比辐射率两个因素进行LST反演，精度较高，模型简单。同SW1算法一样，适用于2个热红外通道的LST反演。

精度验证

站点	MW绝对误差	SW1绝对误差	SW2绝对误差	SC绝对误差
蓟县	1.5	1.36	2.98	2.46
大港	2.3	3.25	3.07	3.19
市区	3.67	4.08	5.24	3.35
武清	3.36	3.90	4.85	1.71
宝坻	4.83	5.18	6.57	3.11
东丽	2.96	3.91	5.38	1.96
西青	4.63	4.95	6.01	2.95
北辰	5.11	6.50	7.59	3.45
宁河	4.25	2.55	3.95	1.63
汉沽	6.19	5.91	7.48	4.71
静海	0.75	1.06	1.69	1.38
津南	4.85	4.91	6.17	3.20
塘沽	4.15	4.22	5.20	2.72
平均	3.73	3.98	5.09	2.75

利用实测地表温度数据进行精度验证：

利用2013年7月24日2015年10月2日和2015年12月5日三天模拟结果和实测数据比较发现SC算法反演结果的精度最高，平均模拟误差约为2.75K；MW算法精度次之，平均模拟误差约为3.73K；SW1算法精度偏低，平均模拟误差约为3.98K；SW2平均模拟误差约为5.09K。总体来看，SC算法最适合反演天津地区的地表温度。

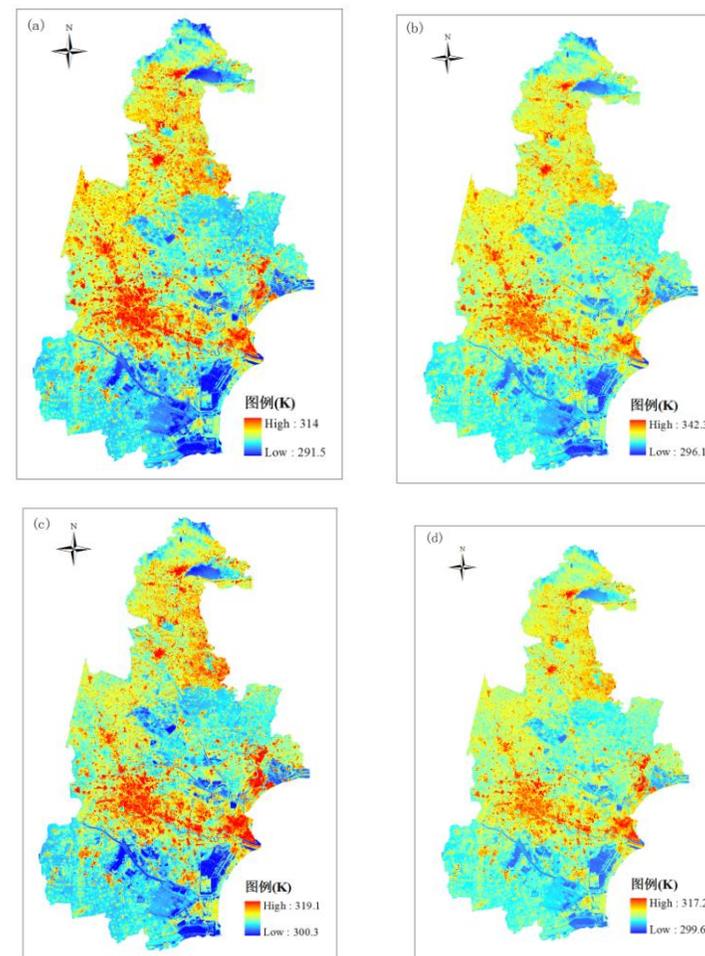
研究内容

地表温度反演结果区域尺度比较

从2013年7月24日四种算法反演地表温度可以看出,夏季天津地区城镇用地LST明显高于郊区,热岛区呈现以市区和滨海新区为核心的团簇状分布,而且各区县有零散的小热岛区。在所有的地表类型中,水体的温度最低。

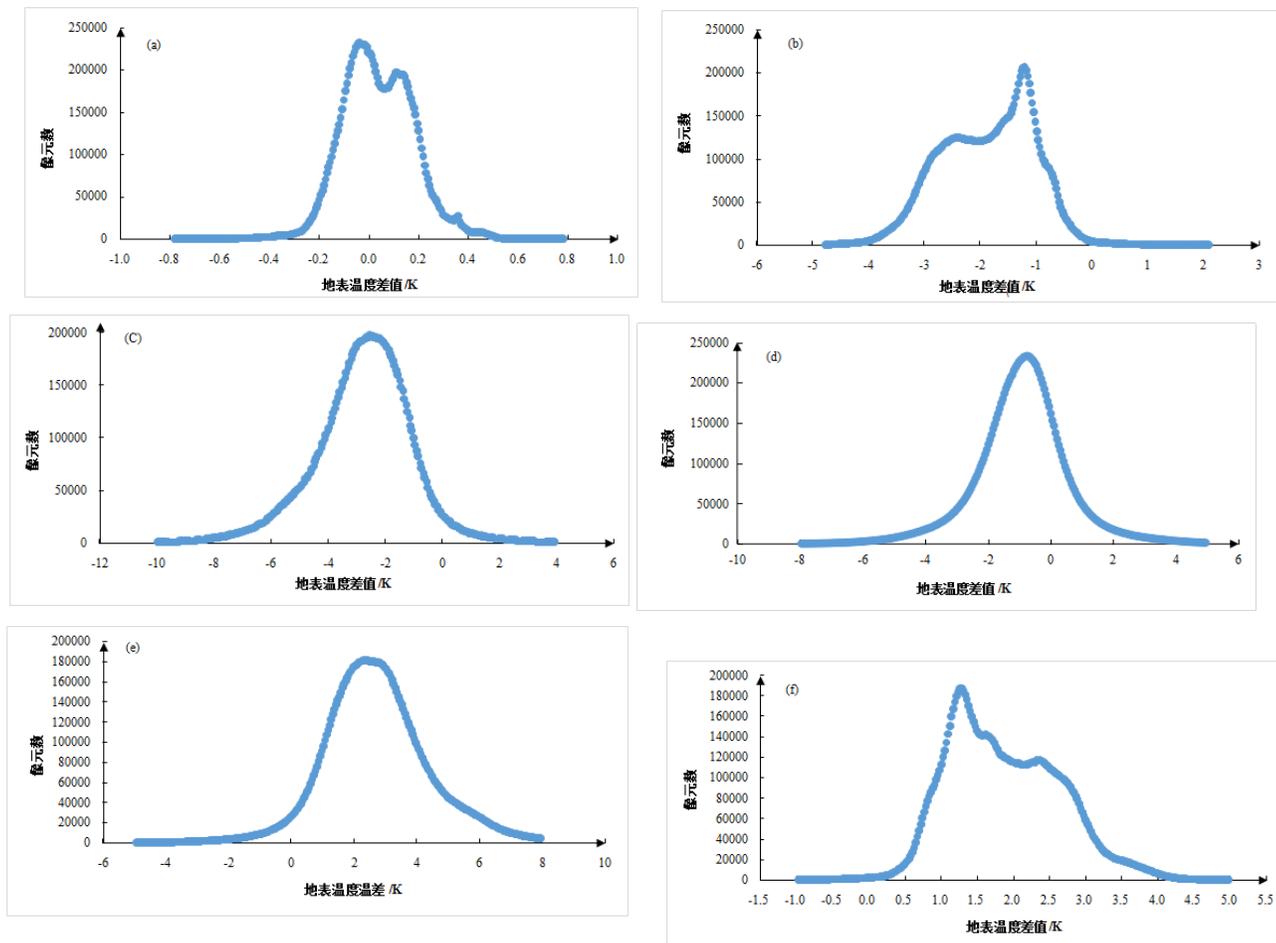
蓟县、宝坻、武清区的LST普遍高于宁河、静海、和津南区。从单个站点的检验结果分析,蓟县站MW算法反演LST为318.44 K, SC算法反演LST为321.47 K, SW1反演LST为317.62 K, SW2反演LST为314.87 K。静海站MW算法反演LST为313.71 K, SC算法反演LST为317.84 K, SW1反演LST为315.81 K, SW2反演LST为312.23 K。

市区气象观测站MW算法反演LST为311.90 K, SC算法反演LST为316.45 K, SW1反演LST为311.95 K, SW2反演LST为309.73 K。从反演LST平均值来看,4种算法反演的LST结果依次表现为SC>SW1>MW>SW2。



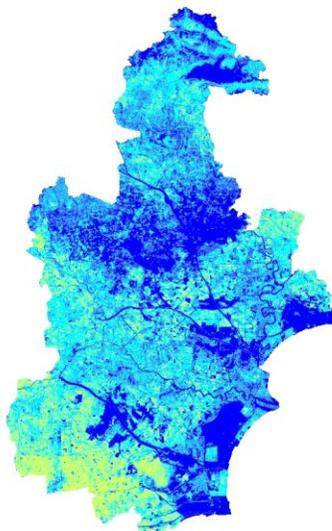
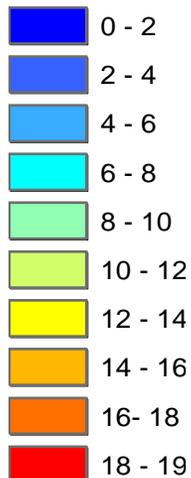
研究内容

地表温度反演结果区域尺度比较



左图为2015年12月5日的4种算法反演结果的两两差值的统计结果图。统计结果表明4种算法的LST反演结果趋势比较一致，其中MW方法和SC方法反演结果整体趋势非常接近，且两者的平均温度为四种方法中最低的。SW1方法反演的平均LST较高，而SW2方法最高。

图例



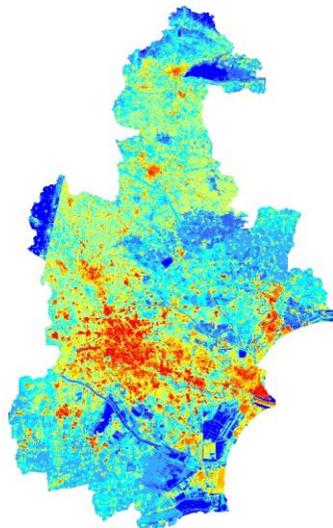
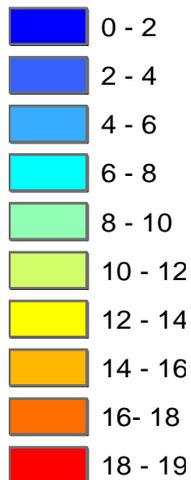
春季平均温差图

热岛效应衡量的标准是城市温度与郊区温度的差值大小。为了统一色标出图，本文按如下方法处理的15幅影像：即研究区地表温度减去该幅影像最低温度得到差值图，并用该图表示热岛强度的大小。

从春季平均温差分布图可知，春季温差在0-11K之间，经过统计分析有20.6%区域温差在0-2K，13.3%区域温差在2-4K，21.3%区域温差在4-6K，25.3%区域在6-8K，15.6%区域在8-10K，4.7%区域在10-12K。建成区地表温差较低4-6K，静海区温差最高，为10-12K。刚入春季时，郊区和城区地温温差相差不大，越接近春季季末，郊区温差值越显著增大。

地表温差季节变化特征分析

图例

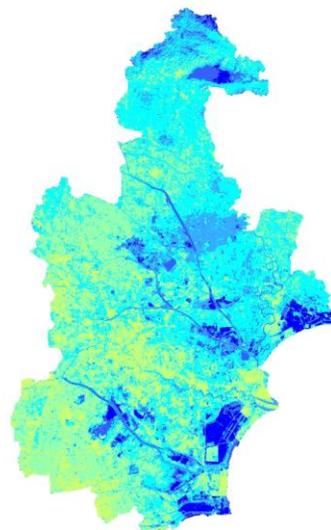
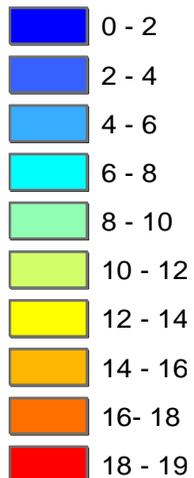


夏季平均温差图

夏季平均温差在0-19K之间，3.9%区域温差在0-2K，6.05%区域温差在2-4K，15.8%区域温差在4-6K，21.5%区域在6-8K，19.1%区域在8-10K，11.9%区域在10-12K，7.9%区域在12-14K，6.35%区域在14-16K，4.4%区域在16-18K，3.6%区域在18-19K。建成区地表温差最高14-20K，农业用地较低在6-12K。夏季，城镇用地热岛效应明显，呈现团簇状分布。

地表温差季节变化特征分析

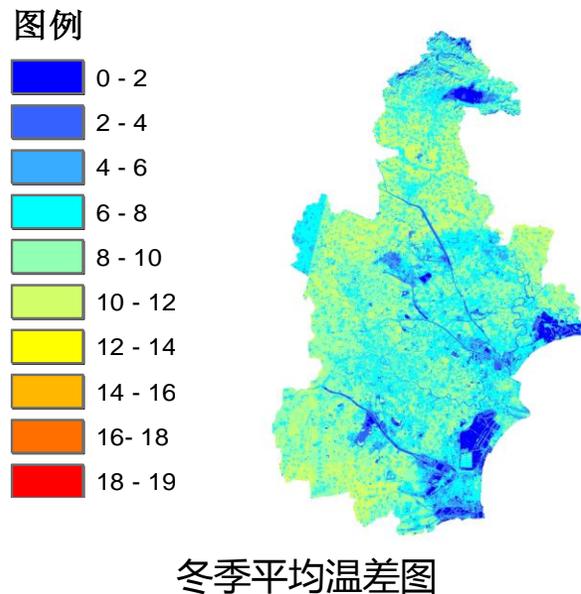
图例



秋季平均温差图

秋季平均温差在0-12K，3.3%区域温差在0-2K，5.3%区域温差在2-4K，11.7%区域温差在4-6K，36.1%区域在6-8K，34.3%区域在8-10K，10.1%区域在10-12K。建成区地表温差最高10-12K，郊区静海区和武清区温差最高，为10-12K，其他区县温差较低，在6-10K。秋季，建设用地温差略高于郊区，呈现弱热岛效应。

地表温差季节变化特征分析



冬季平均温差在0-12K，2.8%区域温差在0-2K，5%区域温差在2-4K，8.5%区域温差在4-6K，29.6%区域在6-8K，39.3%区域在8-10K，15.6%区域在10-12K。建成区地表温差较低6-8K，郊区静海区、武清区和宝坻区温差最高，为10-12K，其他区县温差较低，在4-8K。建设用地温差低于郊区，呈现冷岛效应。

PART
FOUR

结论

01

地表温度反演算法比较

与实测地表温度数据相比，劈窗算法的精度较低，这可能是由于Landsat8卫星第11波段辐射定标参数误差较大所造成的。对于天津地区，四种算法中**SC算法精度最高**，建议采用该方法反演天津地区地表温度。

02

天津地区热(冷)岛季节变化特征

天津地区地表温差季节变化特征为：刚入春季时，呈弱**冷岛效应**，且越接近春季季末，冷岛效应越明显。夏季建成区地表温差最高14-20K，农业用地较低在6-12K，**城市热岛效应**明显。秋季建成区地表温差10-12K，郊区农业用地地表温差6-12K，呈现**弱热岛效应**。冬季建城区地表温差较低6-8℃，郊区地表温差在6-12K，天津城区呈现**冷岛效应**。

PART

未来

展望

FIVE

地表温度反演改进算法研究

下一步需要改进地表温度反演算法，提高反演精度。利用辐射传输方程如Modtran来模拟大气顶部亮度温度是一种有效的方式，通过比较模拟卫星数据与模型中预设的地表温度，可以准确的确定算法中的系数。进而建立本地化地表温度反演算法。

THANKS !

敬请各位专家批评指正！