



南京城市热环境研究

赵小艳

南京信息工程大学应用气象学院

2011.9 南京

报告内容提要

- ★ 研究背景
- ★ 研究内容
- ★ 研究技术路线及研究方法
- ★ 研究成果
- ★ 未来工作展望

研究背景



- 全球气候变暖问题
 - 城市化问题等
- 城市气候问题

联合国人口与发展委员会报告称，2005年世界上65亿人口中有32亿居住在城市，这个数字到2030年估计会增加到50亿，占当时全球人口总数的61%。



南京情况：

- 1956-2007年间：年平均气温增温率 $0.28^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ；
(引自：刘霞，2010年)
- 第五次人口普查：2000年人口密度 $946\text{人}/\text{km}^2$ 是全国平均水平的6.7倍；
(引自：季斌，2010年)
- 自2000年以来，南京城市得到快速发展，城市化水平增长较快，2007年城市化水平达76.8%。（第六次人口普查全国的城市化水平为47%）
(引自：蔡滢滢，2011年)

研究内容



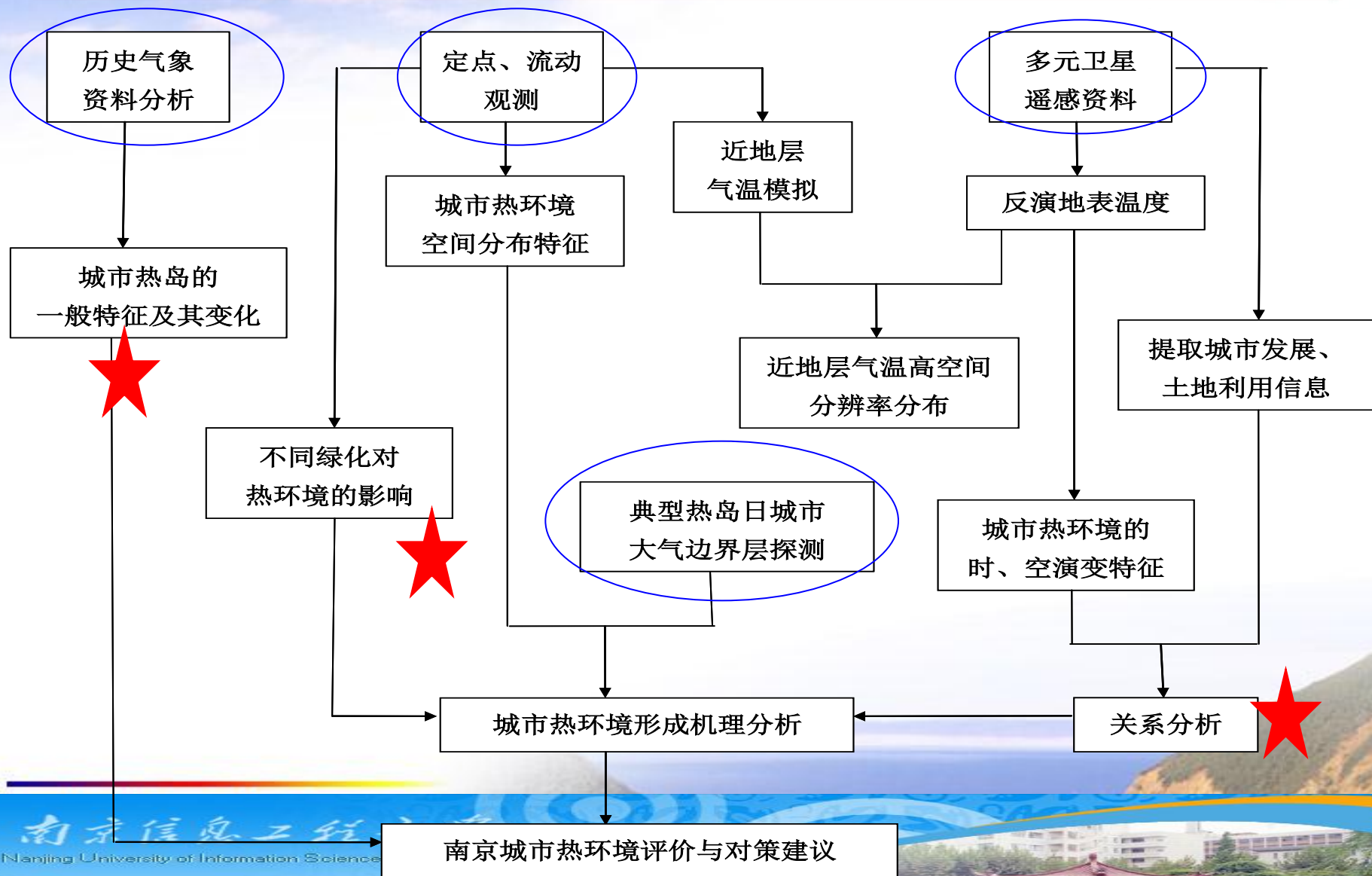
- ★ 南京城市热岛效应强度、演变及热环境的空间分布特征研究
- ★ 南京城市发展和下垫面类型对城市热环境的影响分析
- ★ 南京城市热环境特征的形成机理分析
- ★ 改善南京城市热环境的措施
- ★ 基于地表温度的近地层气温推算



表1 研究城市热环境的各类数据优缺点比较

数据	优点	缺点
历史气象观测数据	时间上连续（过程）	空间上不连续（点信息），不适用于热环境空间分布研究
定点和流动试验观测数据	时间、空间上能满足研究要求	高质量数据获取难度大，花费大，且不适用于需要长期观测资料的研究
遥感数据	空间上连续（面信息）	时间上不连续（瞬间），对原数据质量要求高，资料处理要求高且难获取较多数据

研究技术路线



主要包括：

- 1) 历史气象资料统计分析法；
- 2) 定点、流动观测法
- 3) 3S技术方法
- 4) 大气边界层探测技术方法

一、历史气象数据统计分析结果

- 基于不同方法的南京城市热岛效应研究
- 基于不同天气类型下南京城市热岛效应研究

1、基于不同方法的南京城市热岛效应研究

研究方法：

(1) 城郊温度对比法

(2) 日较差法

(3) 季节指数法

历史气象资料为南京站 (58238)、江宁站 (58333)、江浦站 (58237)、句容站 (58344) 47年 (1961-2007) 逐日地面气象观测资料，包括气温 (日平均气温、日最高气温、日最低气温)、降水、雾、日照等资料。

4个站的气温资料均使用MASH3.02软件进行了均一化处理。



表2 气象台站基本信息

区站号	站名	经度	纬度	海拔	地理位置
58238	南京	118° 48'E	32° 00'N	12.5m	秦淮区小校场
58333	江宁	118° 31'E	50° 57'N	11m	江宁区
58237	江浦	118° 37'E	32° 03'N	9.8m	市隔江西郊
58344	句容	119° 08'E	32° 18'N	70m	南京东部

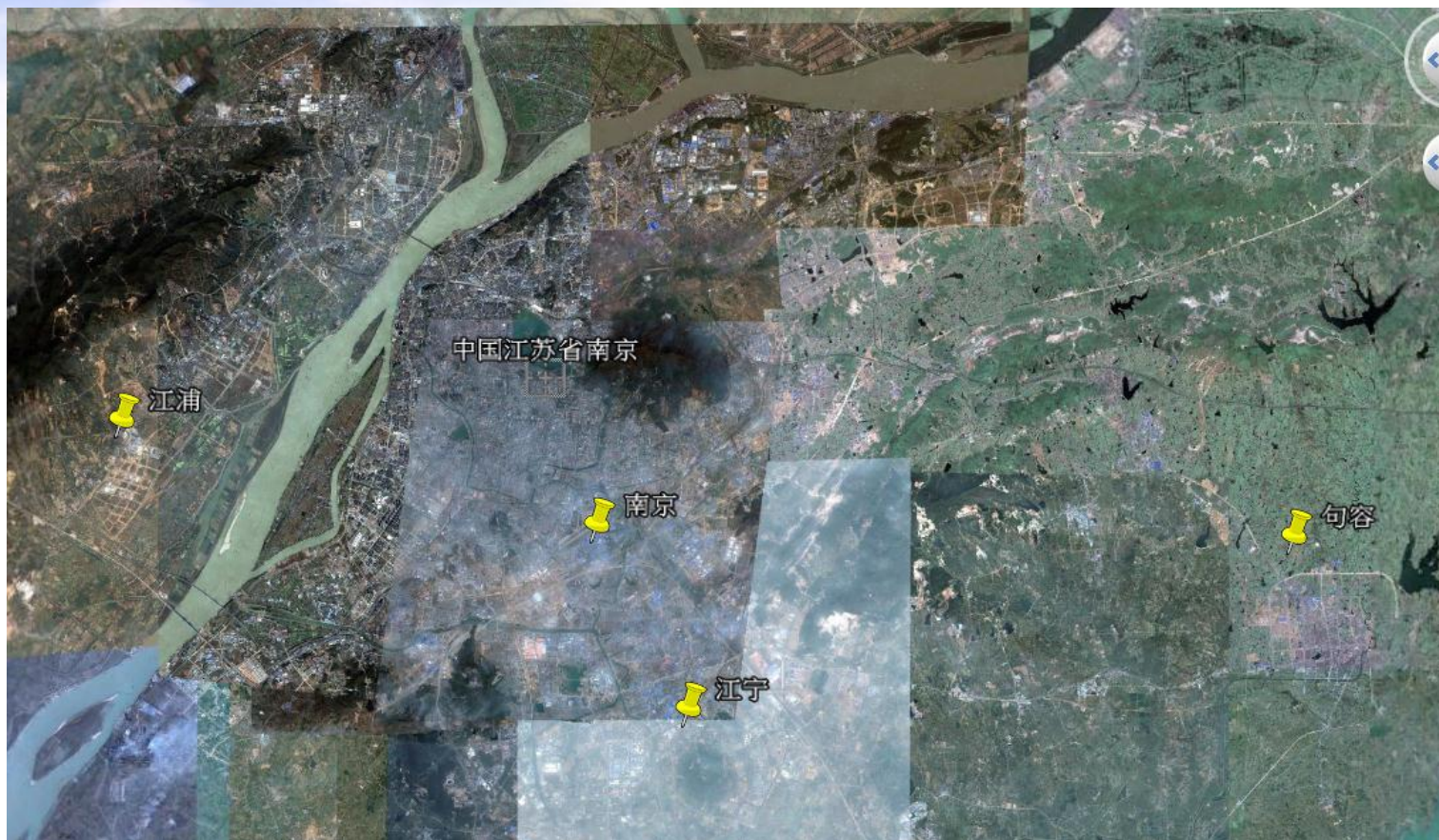
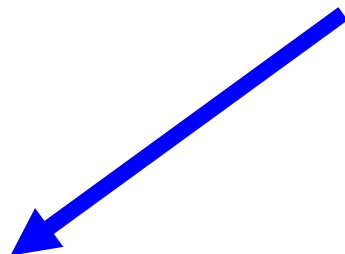


图1 气象台站的相对位置



均一化处理原因

气候资料序列中由于**非自然原因**造成的、相对于自然变率不可忽视的**系统差异**



非均一性问题

台站迁移

观测场所/规则/仪器改变

资料处理方法改进

城市化效应等



非均一性的影响

——导致现有的台站记录无法准确的表征气候的变化趋势,直接影响到气候分析研究结论的准确性。

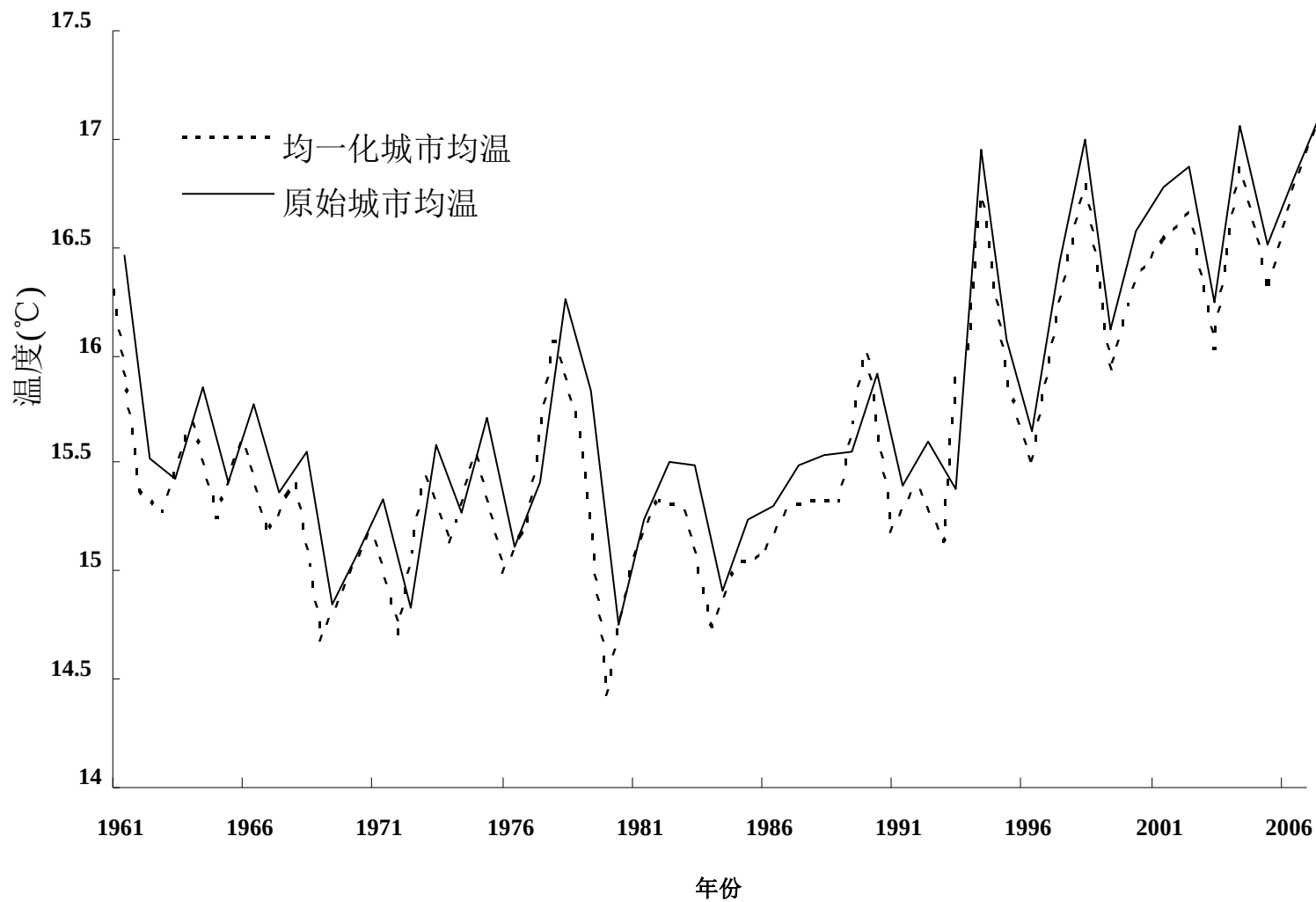


图3 南京3个站点的气温均一化前后的平均值对比



(1) 城郊温度对比法研究结果

用南京、江宁、江浦三站气温观测平均值代表城区气温，句容站气温观测值代表虚拟乡村（郊区）气温：

$$T_U = (T_{58238} + T_{58333} + T_{58237})/3$$

$$T_S = T_{58344}$$

城区郊区温差表示为：

$$\Delta T = T_u - T_s$$

用城郊对比方法分析其气候变化特征。以城郊的月、季节、年平均气温同步温差作为反映各时间尺度下城市热岛强度的指标。



◎南京城市热岛效应客观存在的事实

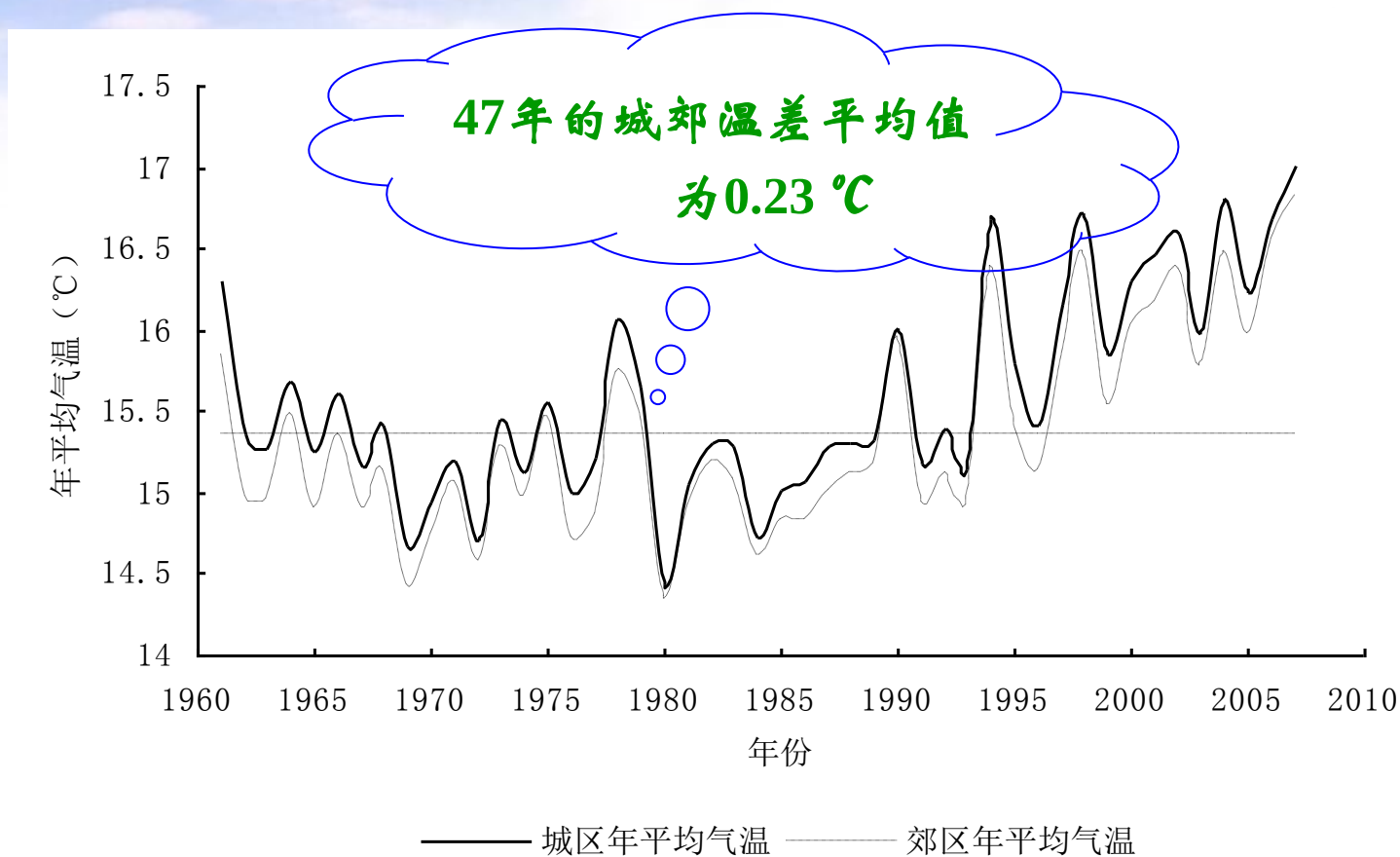
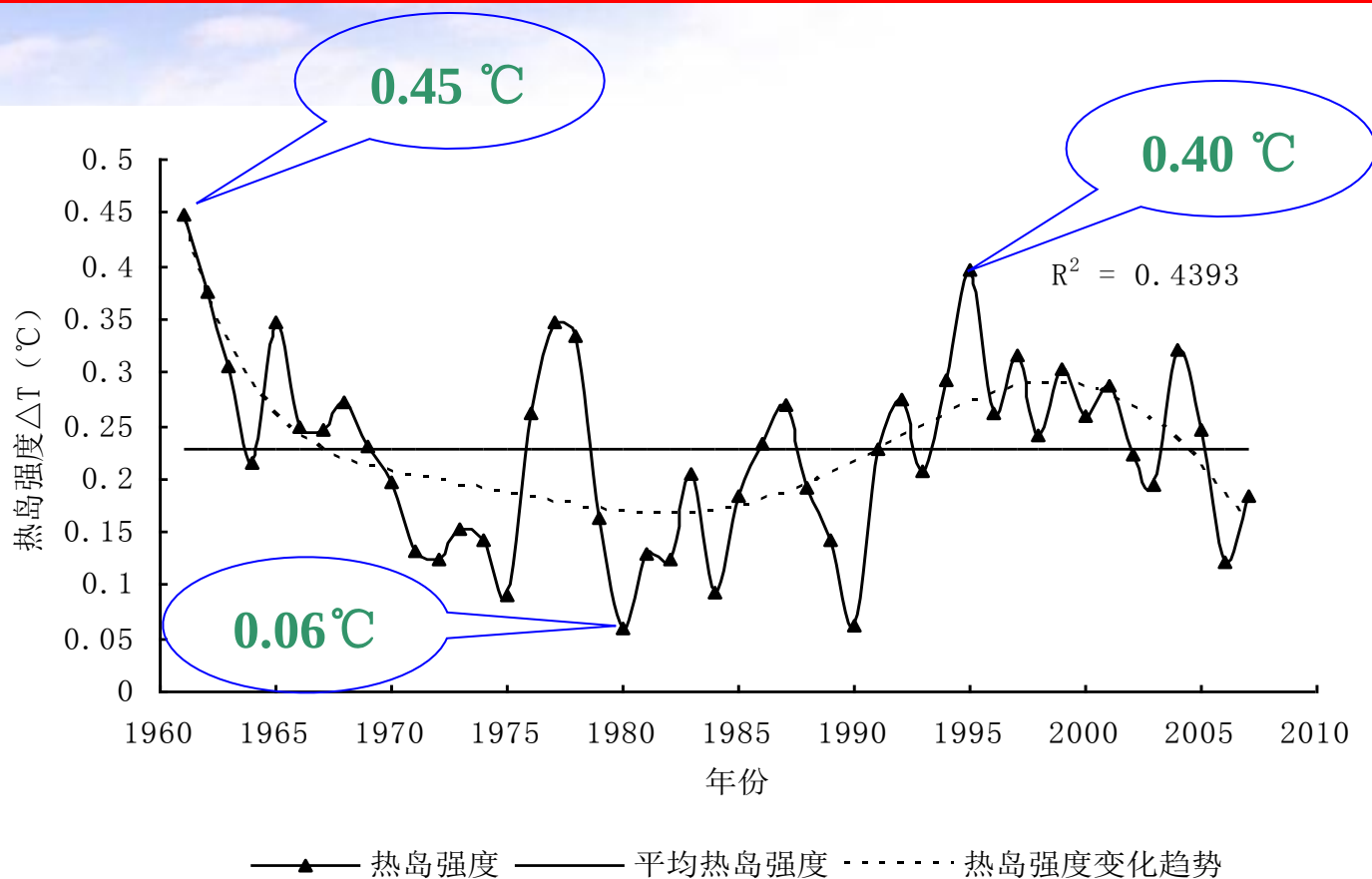


图4 1961-2007年南京城区与郊区年平均气温变化曲线



◎南京地区热岛强度的年际变化



60年代减弱；
70-80年代水平
波动；
1990年后增加。

图5 南京地区热岛强度年际变化趋势图



◎南京地区热岛强度的年变化

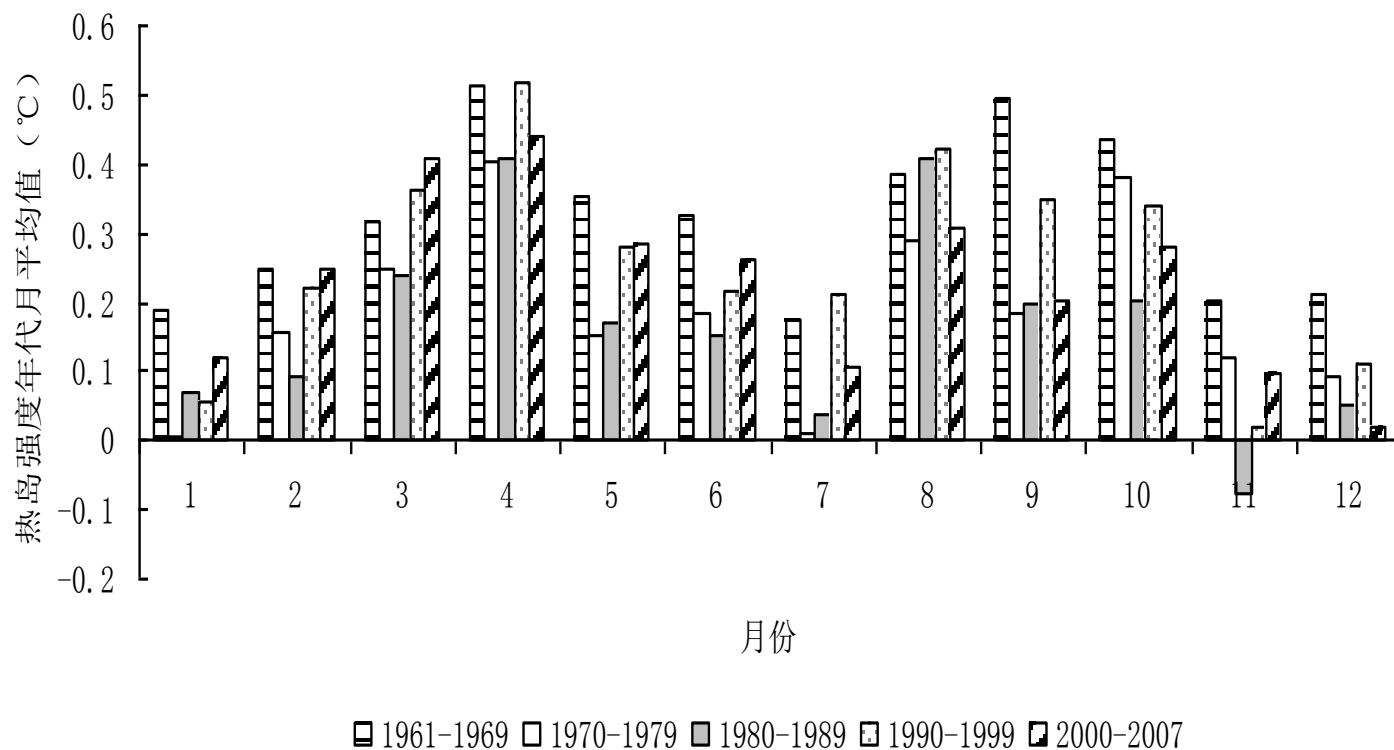
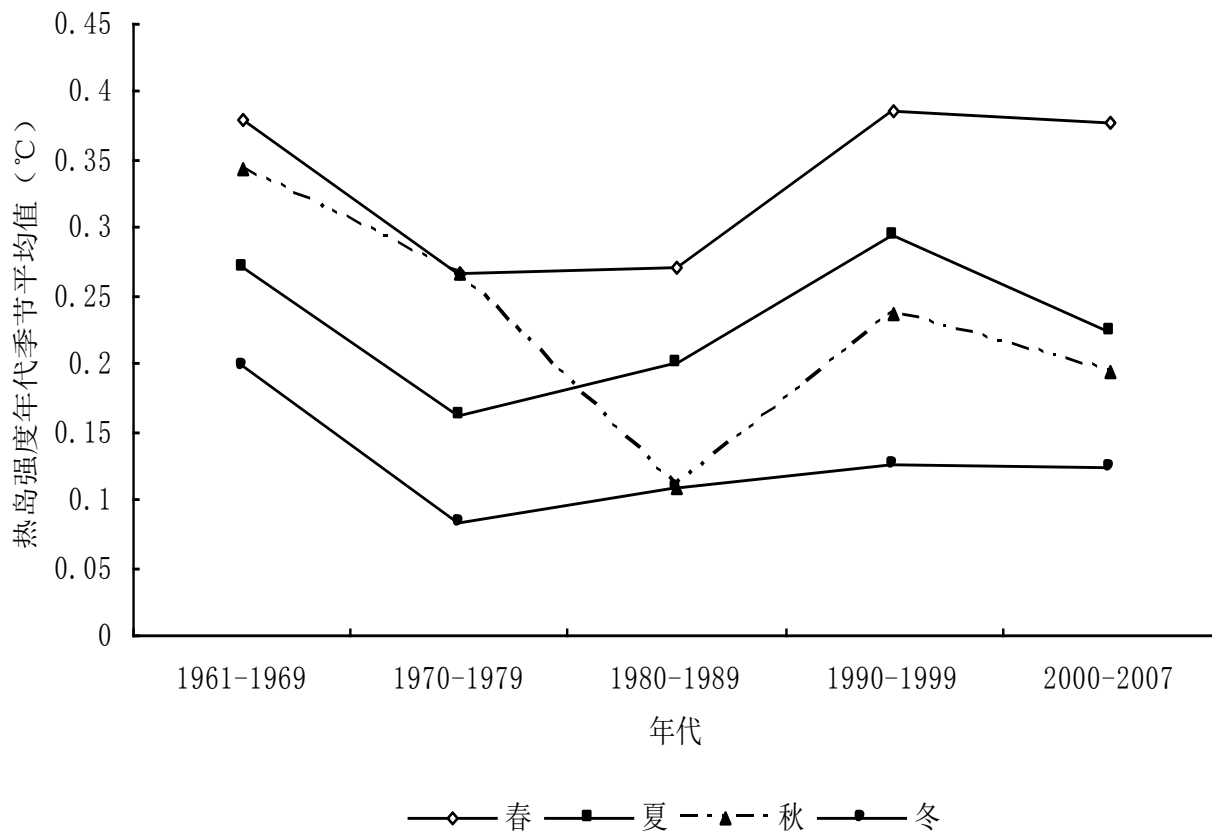


图6 1961-2007年不同年代南京热岛强度年变化

◎南京市热岛强度的季节变化



- 1) 除秋季其它季节热岛强度随年代变化趋势相同;
- 2) 总体呈现出春季热岛效应最强, 冬季最弱。

图7 1961-2007年不同年代南京热岛强度季节变化

◎ 南京市热岛强度的昼夜变化

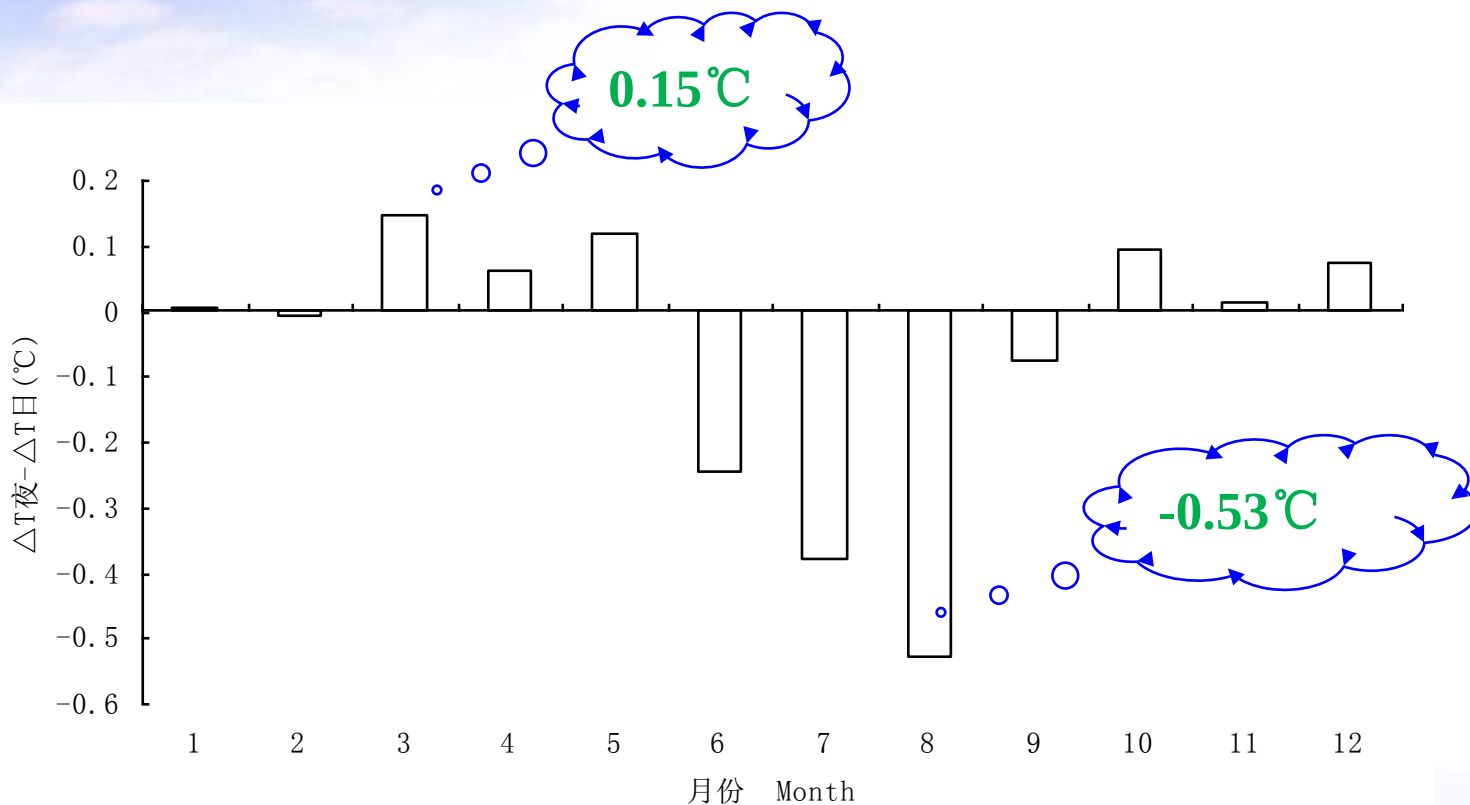


图8 2000-2007年南京昼夜城郊温差差值月平均



表3 2000-2007年南京昼夜城郊温差季节平均及其差异(单位℃)

季节	$\Delta T_{\text{夜}}$	$\Delta T_{\text{日}}$	$\Delta T_{\text{夜}} - \Delta T_{\text{日}}$
春	0.46	0.35	0.11
夏	-0.09	0.29	-0.38
秋	0.19	0.18	0.01
冬	0.21	0.19	0.02



(2) 日较差法研究结果

城市热岛效应主要是由于城市化的影响，包括迅速增加的人口，污染加重的空气以及空气浑浊度的增加。城市空气混浊度可以使用日较差(temperature diurnal range, TDR)来表示，即最高与最低气温差值，其城市化的程度可以用月平均值来反映，TDR的年变化已经消除局地的自然变化影响，因此各季节TDR值的年变化的直线趋势，可以反映各季节城市化的热岛效应。

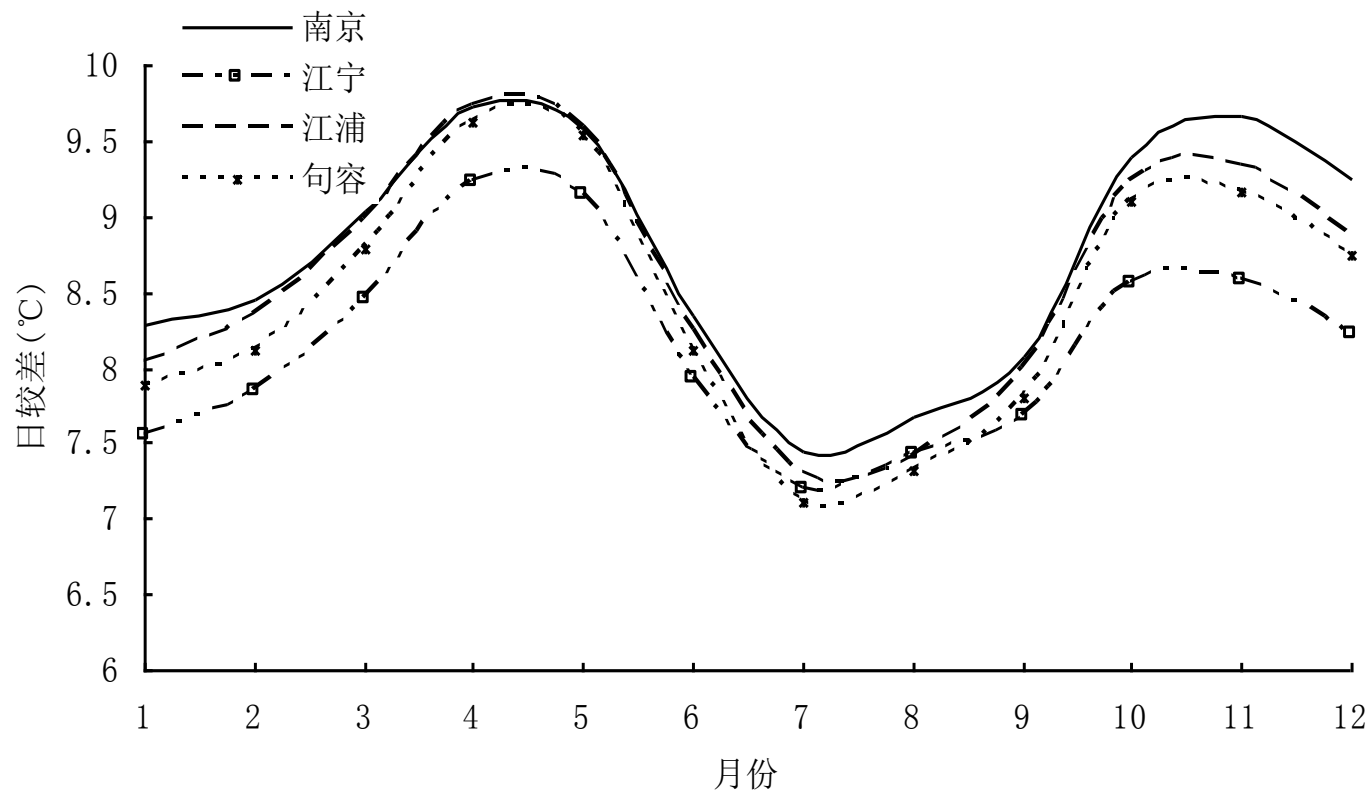


图9 1961-2007年南京地区日较差月变化



表4 1961-2007年南京四个站点的TDR直线趋势

	春	夏	秋	冬	年平均
南京	0.27	-0.34	0.79	0.47	-0.02
江宁	0.35	-0.25	0.45	0.33	-0.02
江浦	0.29	-0.41	0.67	0.42	-0.01
句容	0.38	-0.39	0.68	0.43	-0.004
平均	0.32	-0.35	0.64	0.41	-0.01



(3) 季节指数法研究结果

季节指数可以反映月度变迁对热岛强度的影响，其就是用算术平均法计算的周期内(1961-2007年)各时期(1-12月)季节性影响的相对数，其计算方法如下：

第1步计算周期内各期(即每个月)的平均数 $\overline{\chi_k}$

得到47年来每个月的平均水平，序列的数据结构M(12个月)为1周期，共有N(47年)个周期，则：

$$\overline{\chi_k} = \frac{\sum_{i=1}^N \chi_{ik}}{N}, k = 1, 2, \dots, 12, N = 47$$

第2步计算总平均数 $\overline{\chi}$

$$\overline{\chi} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M \chi_{ik}}{NM},$$

第3步计算季节指数 S_k

$$S_k = \frac{\overline{\chi_k}}{\overline{\chi}} \quad k=1,2, \dots, 12$$

此处数据序列为根据4站气温计算获得的热岛强度。



表5 1961-2007年南京地区平均、最低、最高温度季节指数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H_A	0.91	1.02	1.18	1.47	1.09	0.85	0.77	1.83	0.65	0.87	0.73	0.63
H_N	1.37	2.06	3.44	4.14	2.73	-0.53	-1.42	-1.94	0.13	1.28	-0.58	1.32
H_M	0.37	0.83	1.36	2.00	1.06	0.97	0.45	1.58	1.32	1.41	0.27	0.39

2、基于不同天气类型的南京市热岛效应研究

(1) 有无降雨对城市热岛强度变化的影响

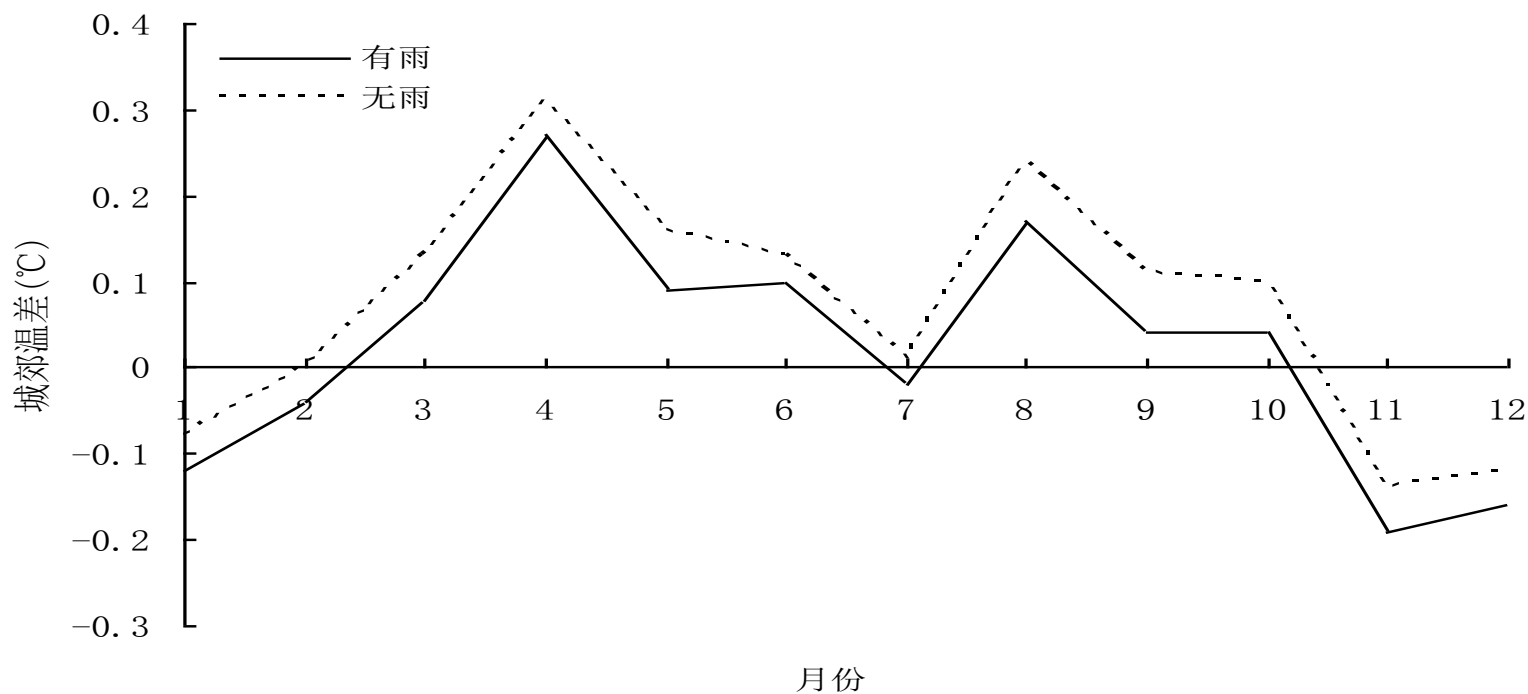


图10 1961-2007年南京地区有无降雨条件下的城郊温差月变化

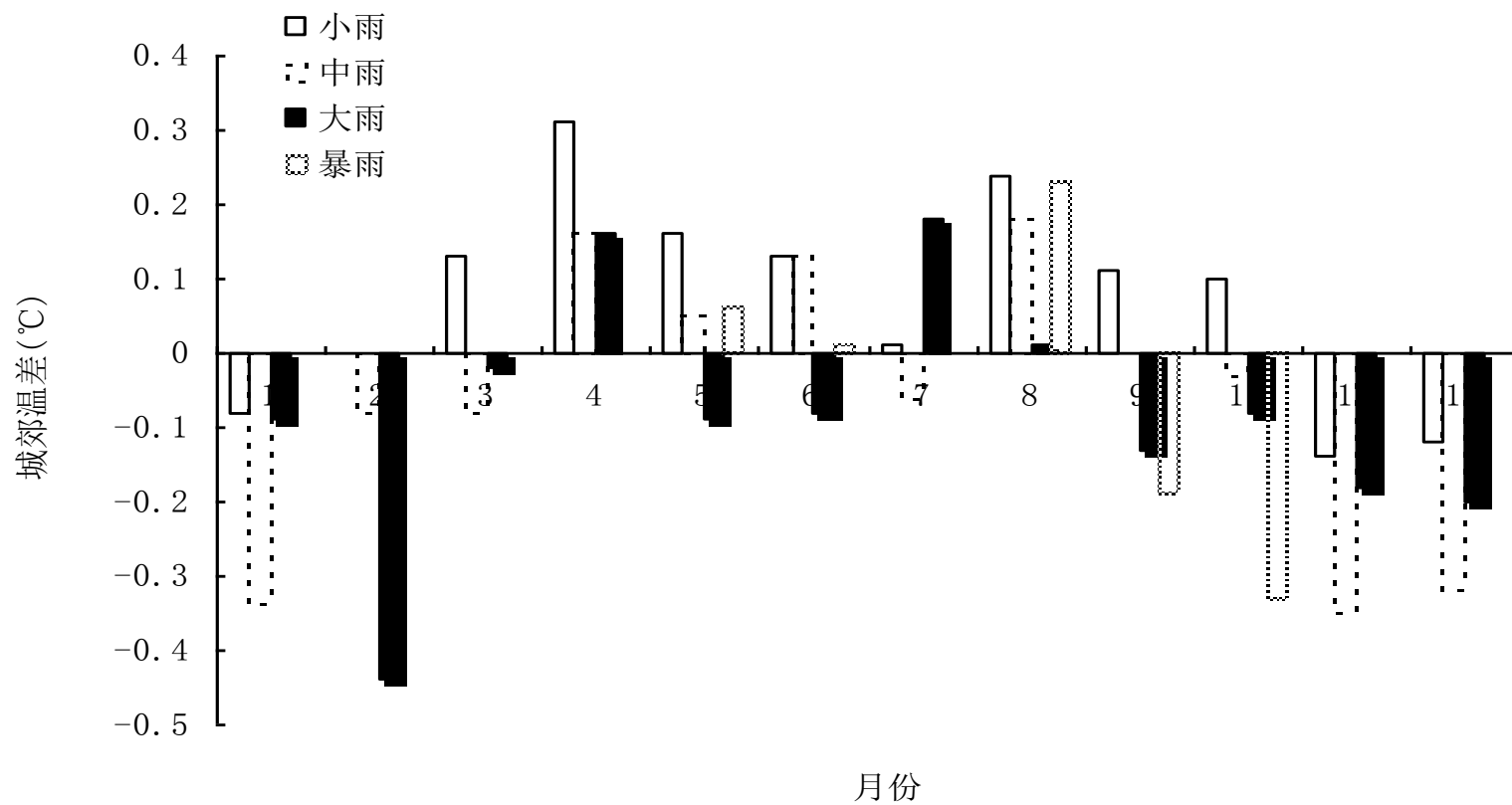


图11 1961-2007年南京地区不同等级降雨下的城郊温差月变化



(2) 晴、阴天对城市热岛强度变化的影响

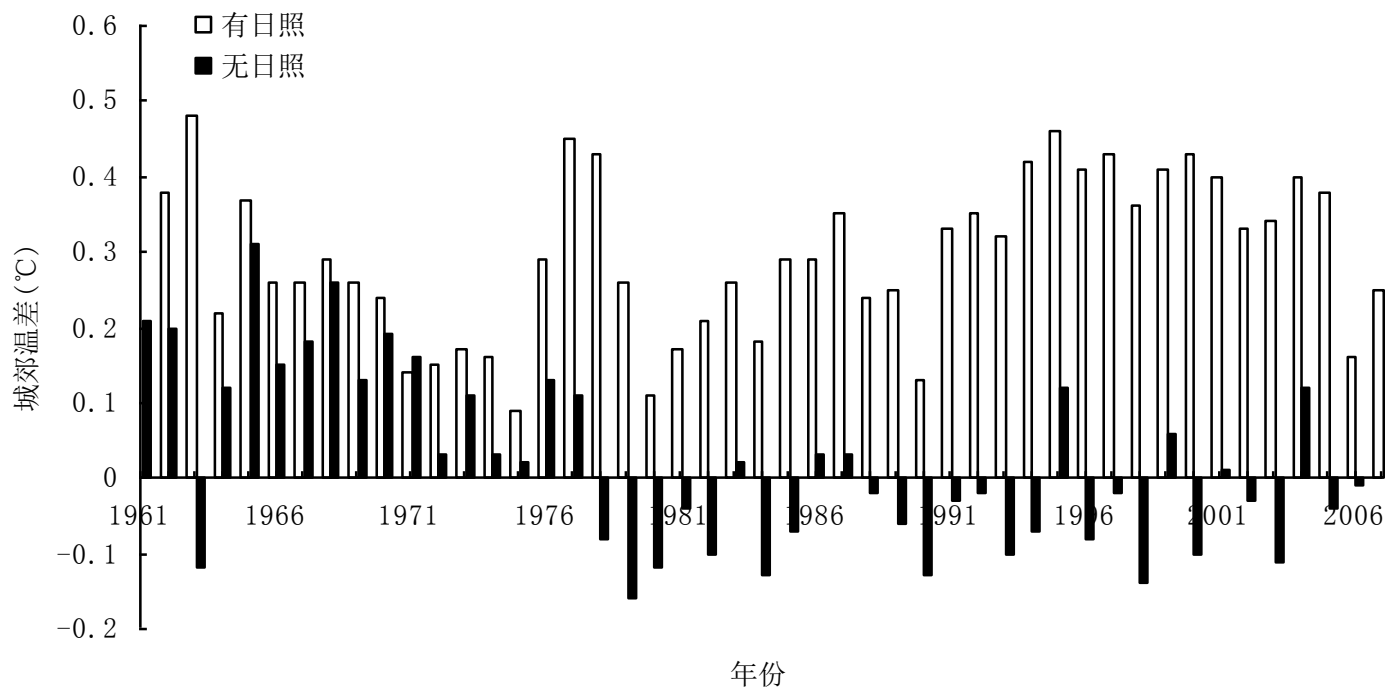


图12 1961-2007年南京地区晴、阴天城郊温差年平均值对比

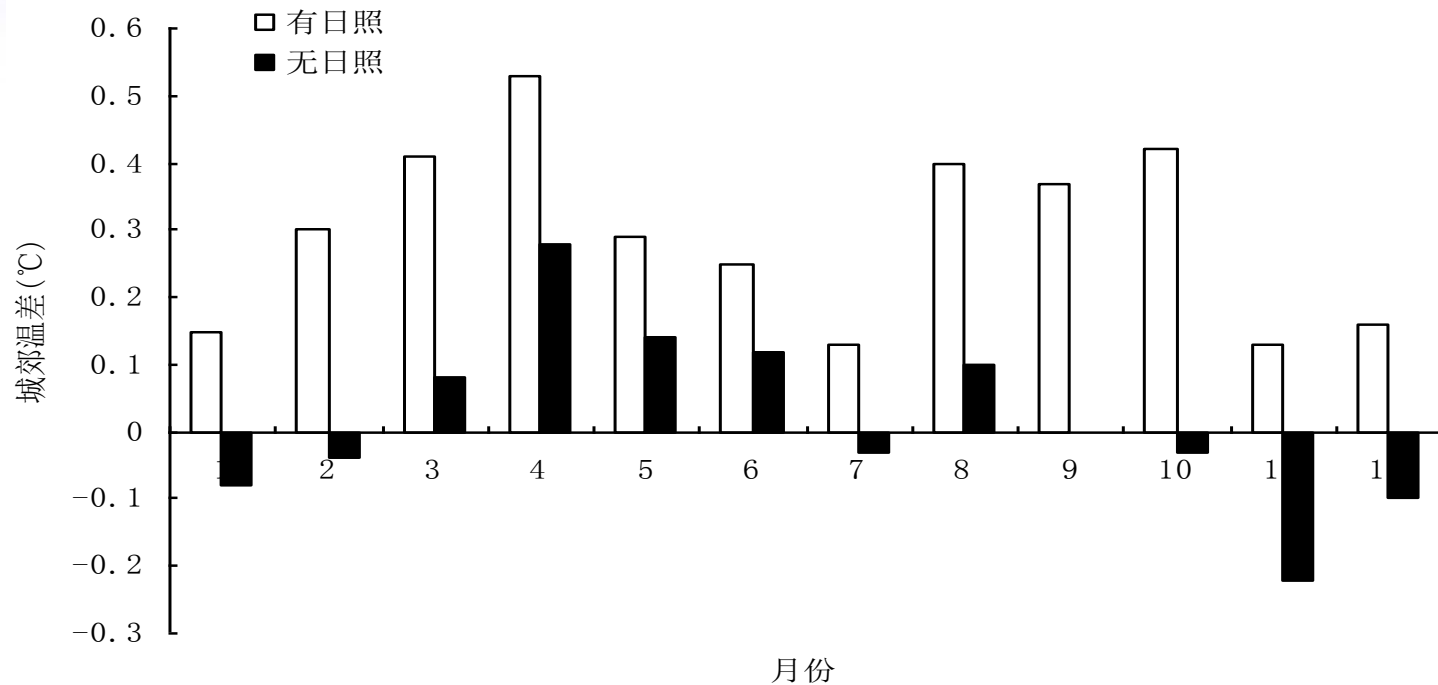


图13 1961-2007年南京地区晴、阴天城郊温差月平均值对比



(3) 雾对城市热岛强度变化的影响

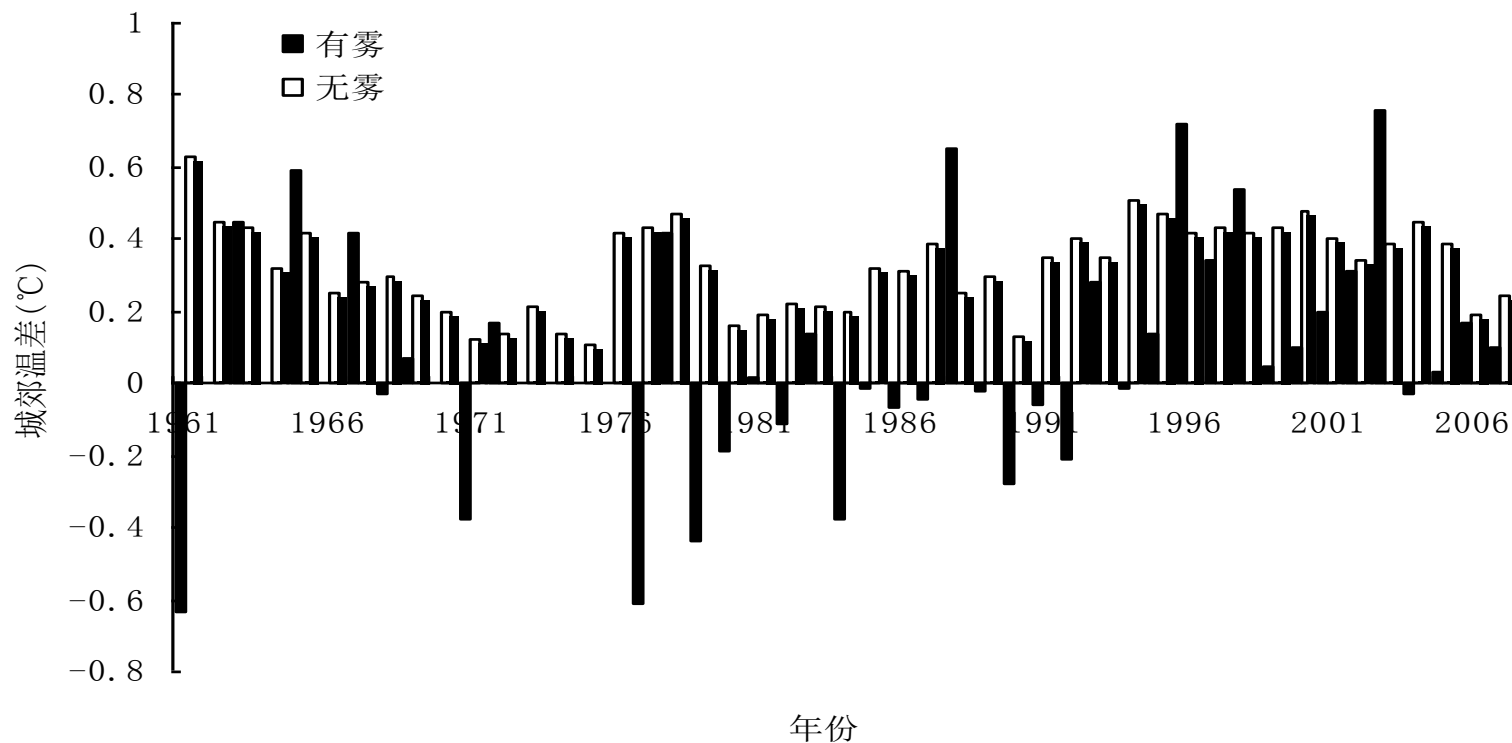


图14 1961-2007年有、无雾天气条件下城郊温差年平均值对比

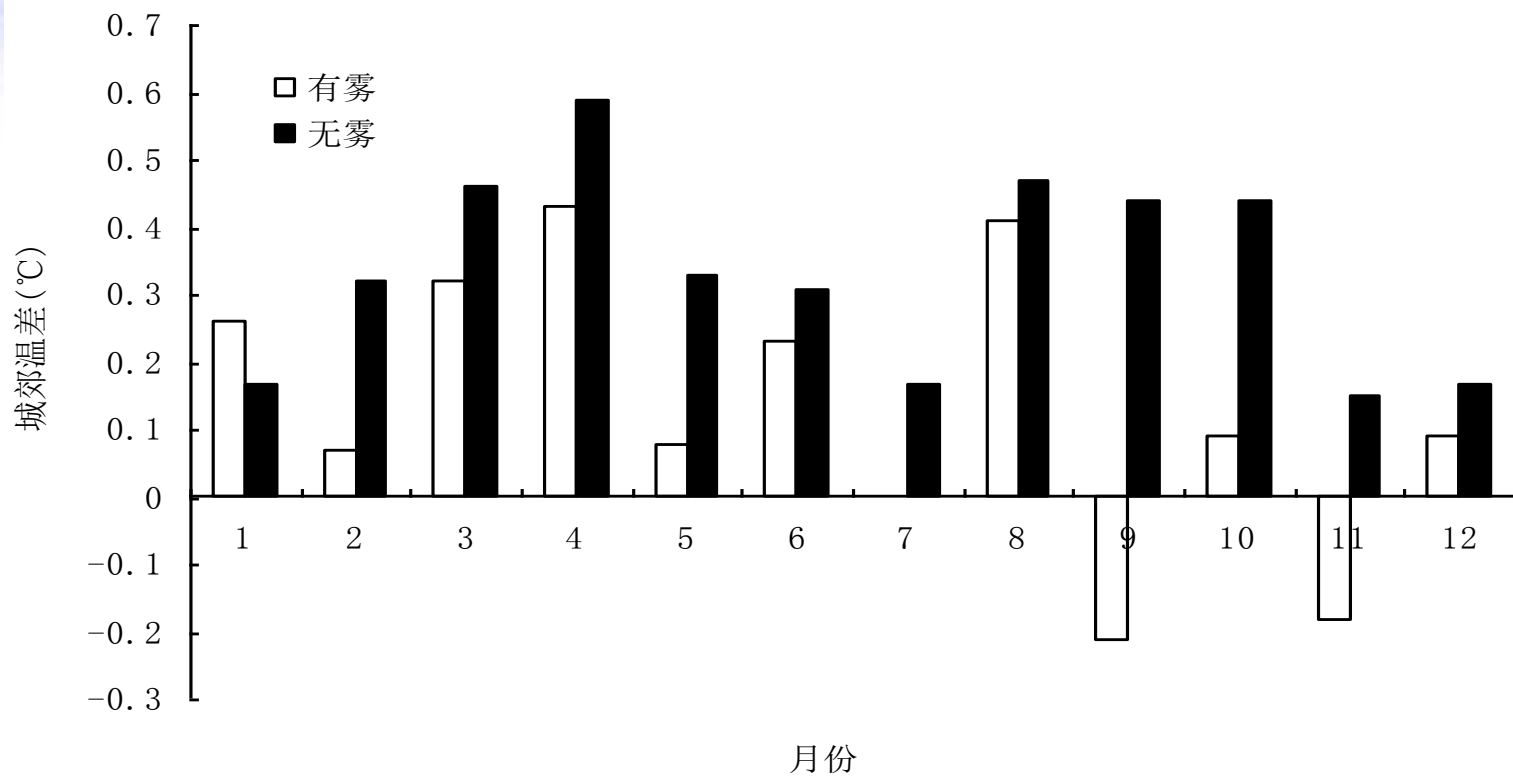


图15 1961-2007有、无雾天气条件下城郊温差月平均值对比

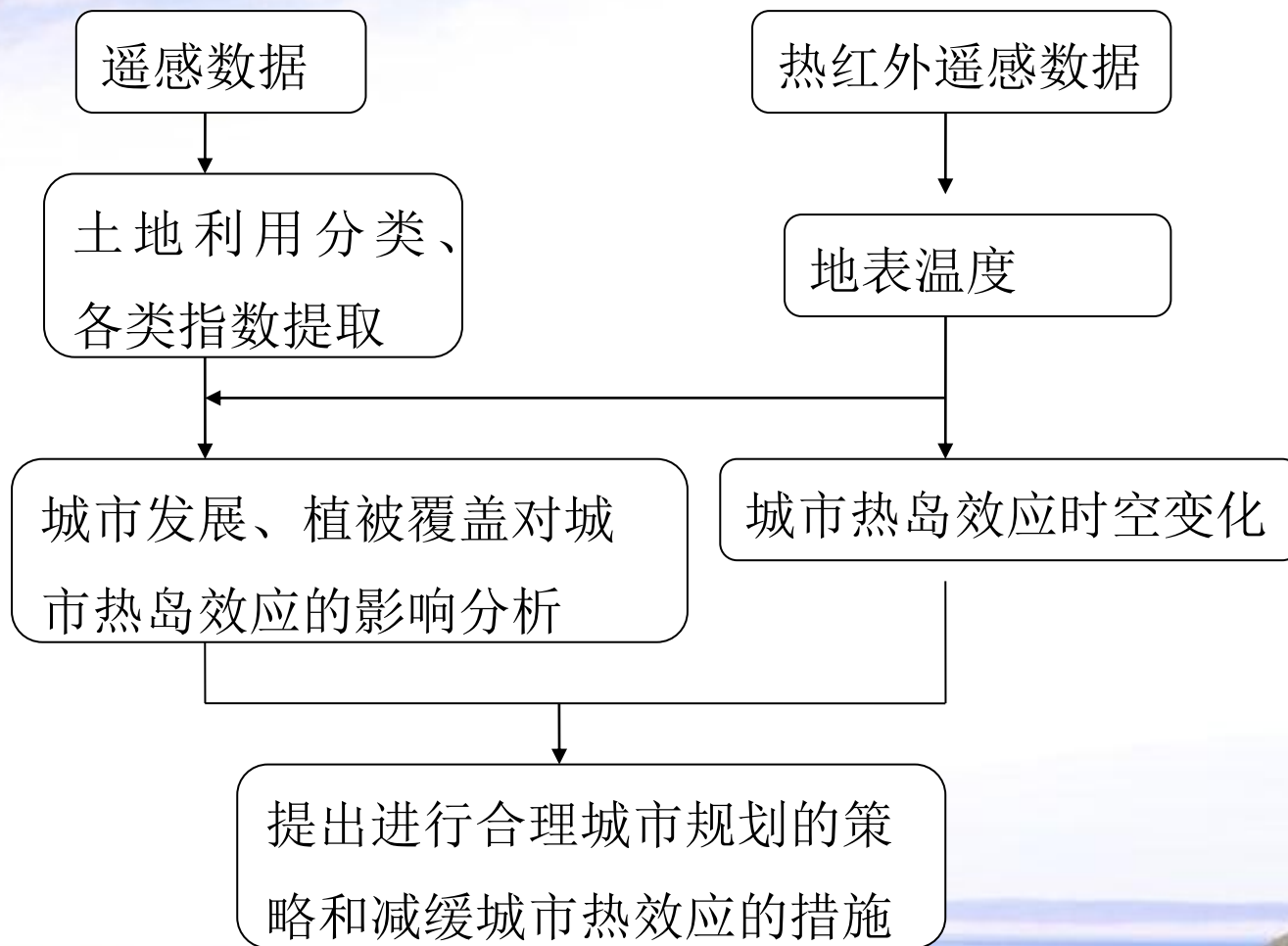
二、遥感数据监测分析结果



- 南京市热环境的空间分布
- 南京市热环境时间变化（年际变化）
- 南京市热环境时间变化（年变化）
- 南京市热环境的季节变化
- 南京市热环境与城市发展间的关系
- 南京市热环境与土地利用类型间的关系



研究思路

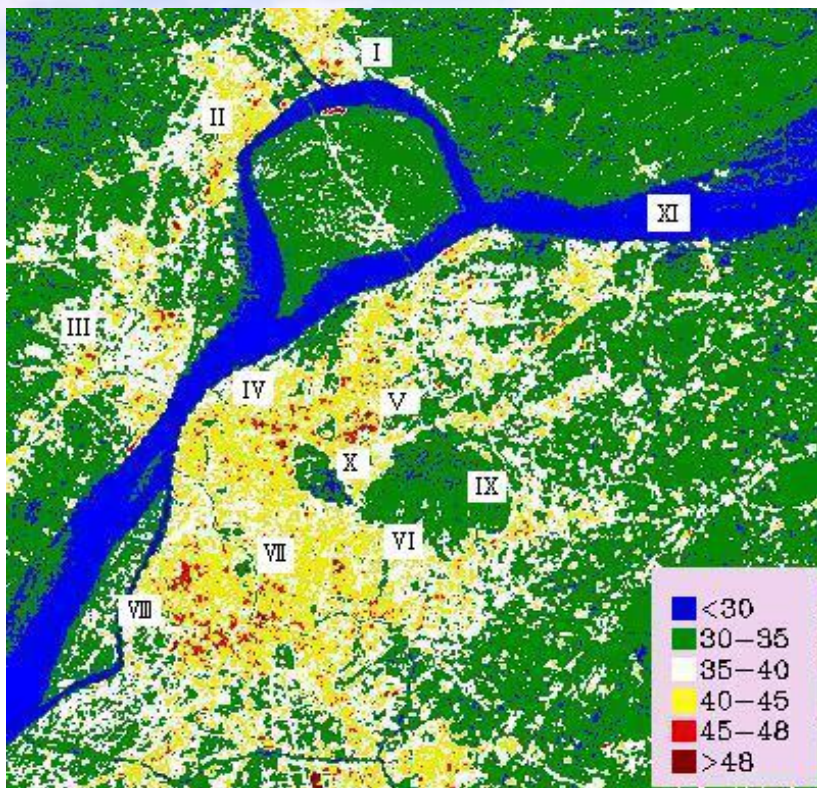




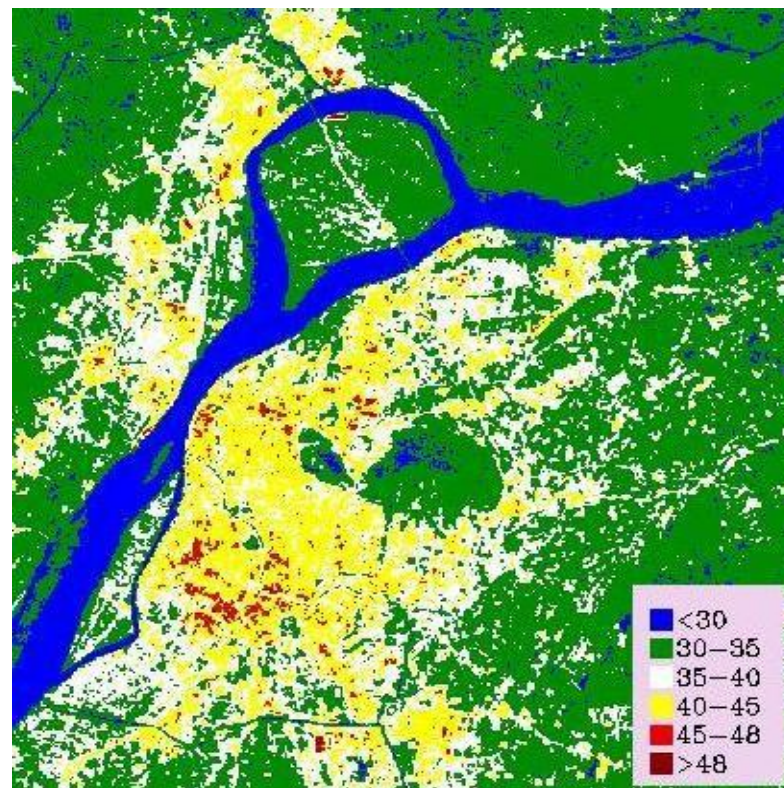
地表温度反演算法

平台/传感器	使用波段	辅助数据	反演算法
TERRA/ASTER	13、14	波谱数据库 MODIS07产品 MODIS/2、19波段	劈窗算法
TERRA/MODIS	31、32	波谱数据库 MODIS07产品	劈窗算法
HJ-1B/IRS	4	波谱数据库 MODIS07产品	单窗算法
LANDSAT/TM、 ETM+	6	波谱数据库 MODIS07产品	单窗算法 基于影像算法

地表温度的反演结果



ASTER数据的地表温度反演结果 (单位: $^{\circ}\text{C}$)



ETM+数据的地表温度反演结果 (单位: $^{\circ}\text{C}$)



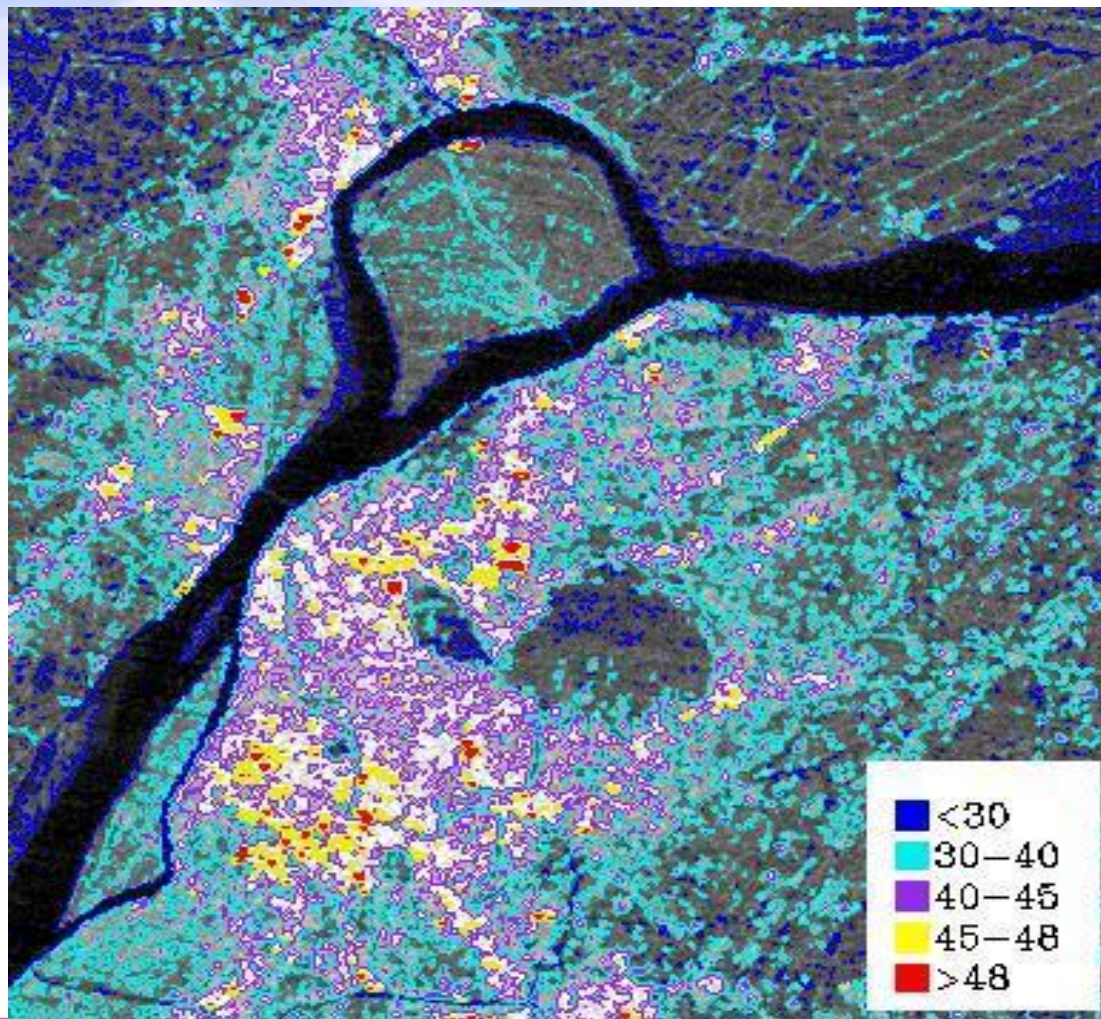
1、南京市热环境的空间分布——一个例分析

★ 数据源

2002年8月21 日的ASTER数据

★ 分析方法

利用地表温度等温线图分析、统计
分析法对地表温度进行范围划分。



2002.8.21

ASTER的

等值线图

单位：°C



★ 不同地表温度区间范围确定

采用基于稳健统计方法划分地表温度区间

异常高温区:

$$T_S > T_a + 2Sd$$

高温区:

$$T_S > T_a + Sd$$

常温区:

$$T_a - Sd < T_S < T_a + Sd$$

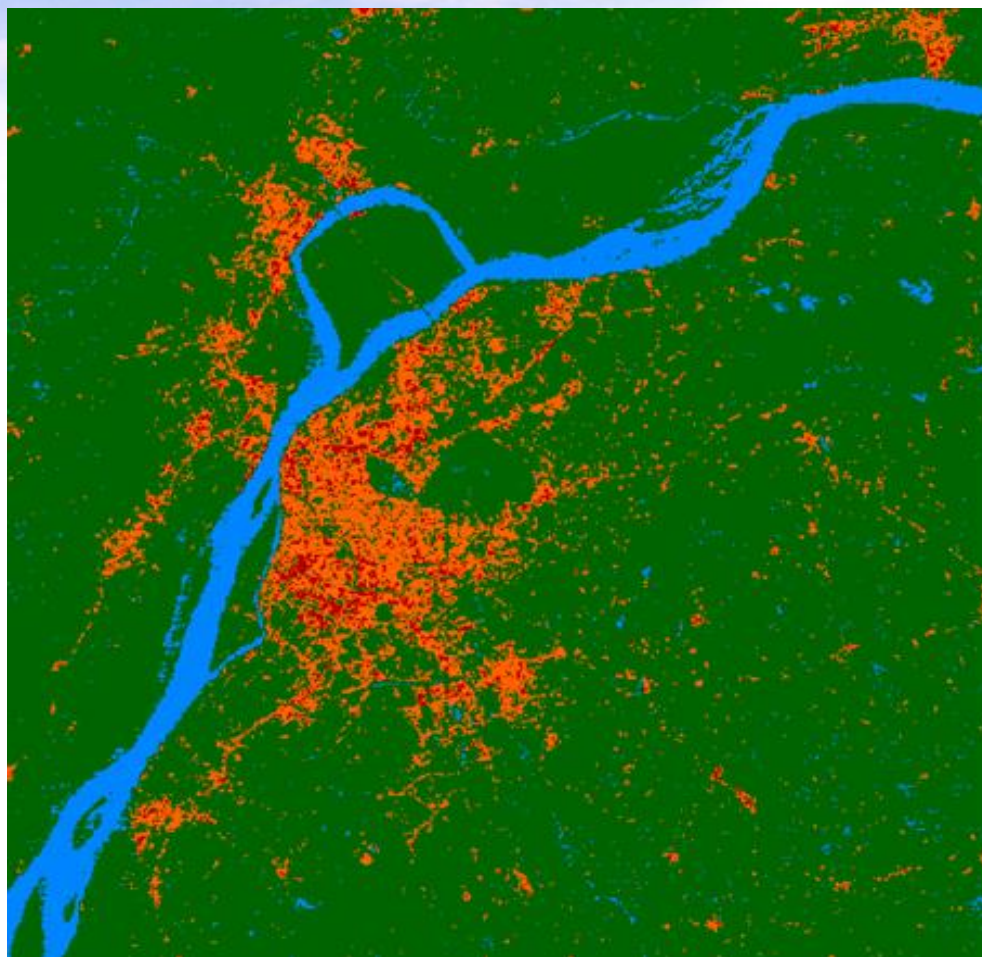
低温区:

$$T_S < T_a - Sd$$

平均温度

标准差

低温区 常温区 高温区 异常高温



①大厂工业区、②泰山镇红旗工业区、③沿江码头、④红山社区及良能生产基地、⑤苏冶金工业区、⑥龙蟠中路一带、⑦创业园及都市经济园、⑧江东门西街、梦都路一带、⑨集庆路一带。

2、南京城市热环境的时间变化（年际变化）



★ 数据源

3景landsat/TM (ETM+) 南京市上空无云数据，影像时相分别为1988年7月 (TM)，2002年8月 (ETM+)，2006年5月 (TM)。3景图像预处理包括大气校正，正射纠正，图像裁剪。

★ 热岛强度等级确定

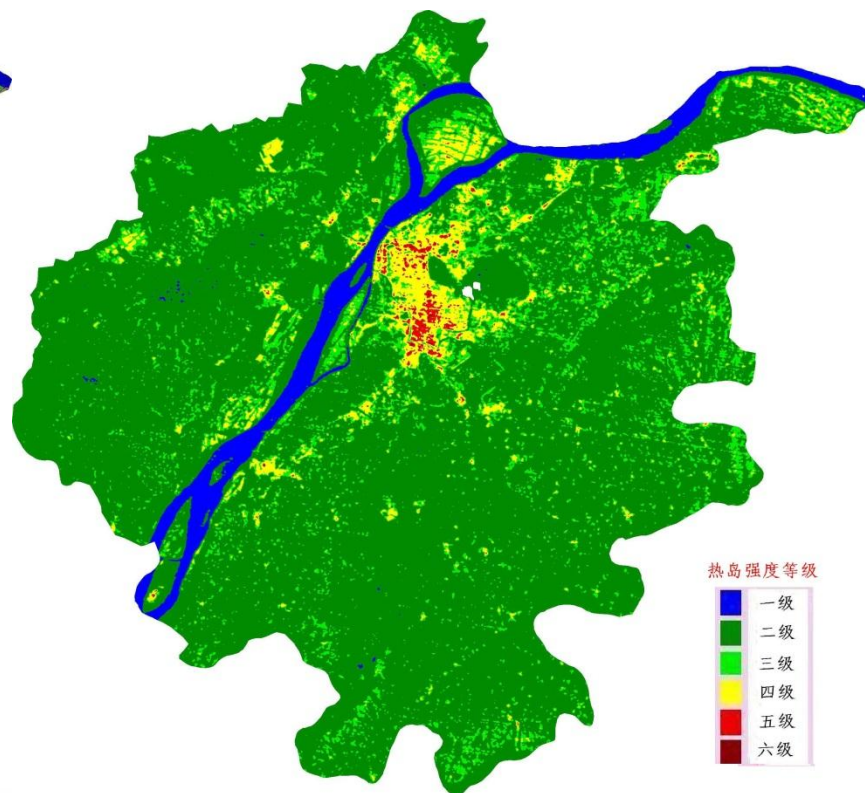
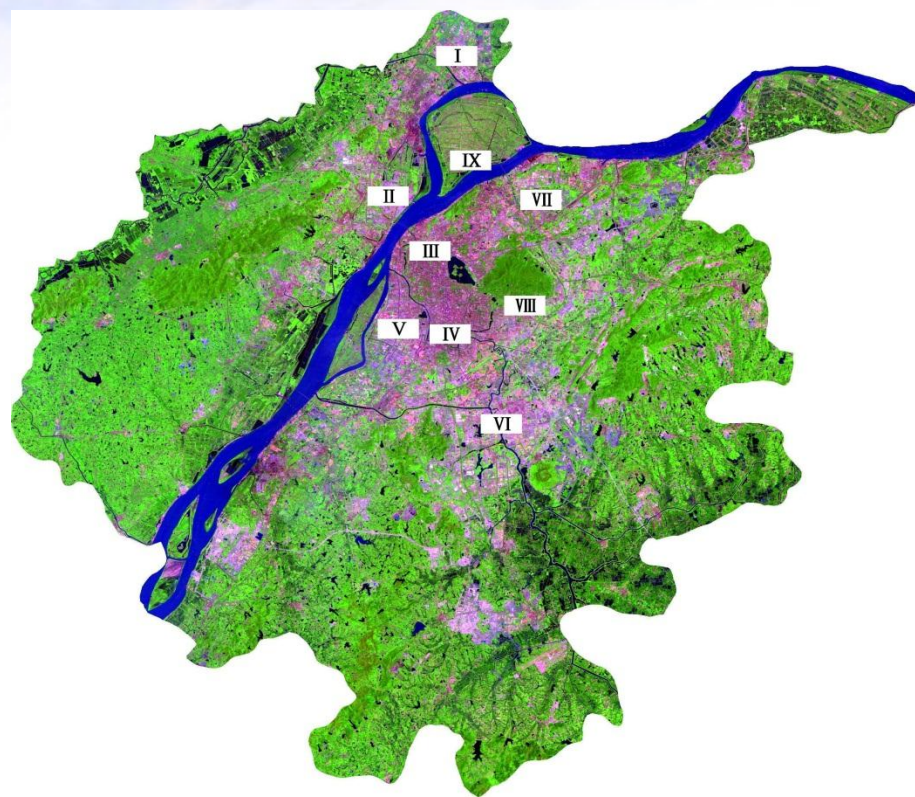


地表温度归一化处理

归一化地表温度指数

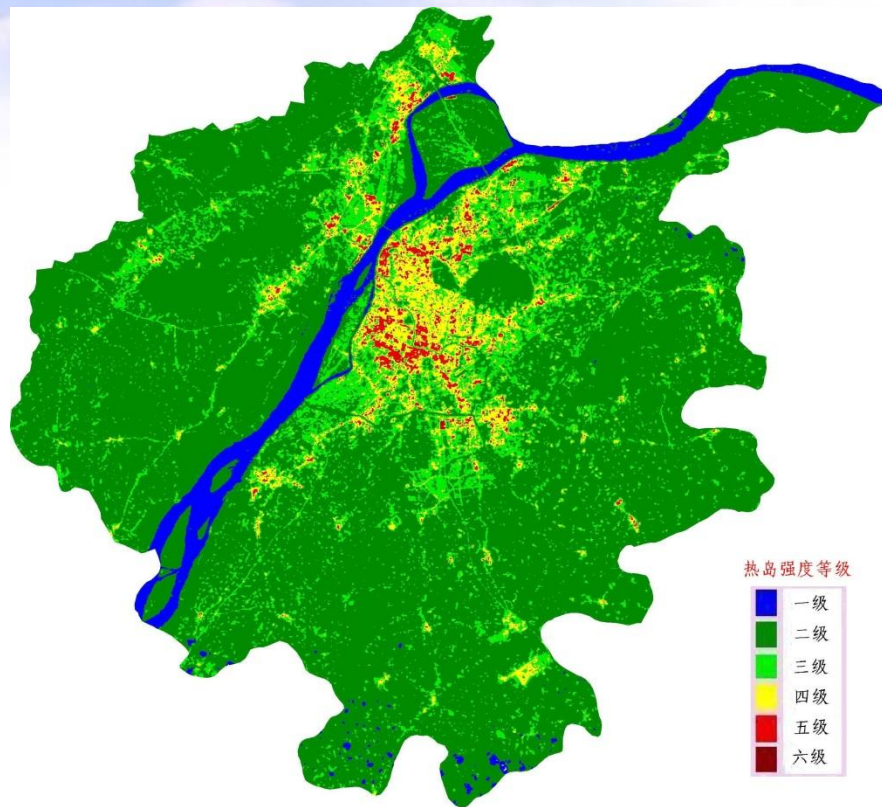
(Normalized Difference Surface Temperature Index—NDSTI)

$$NDSTI = \frac{T - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}}$$

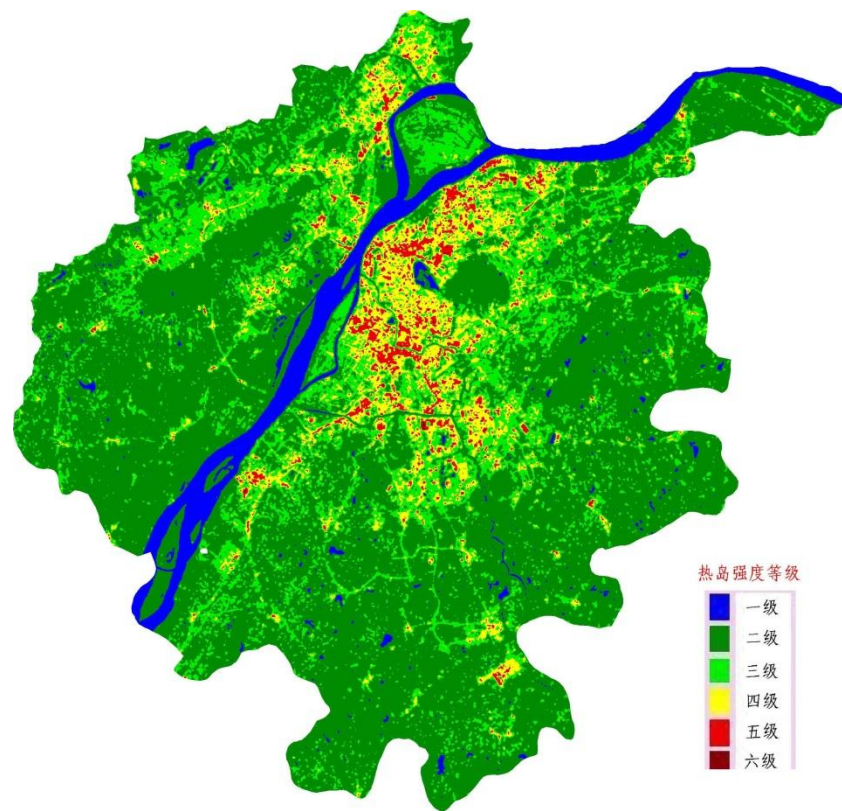


研究区2007年的TM数据743波段组合图

1988年7月5日南京市热岛强度等级图



2002年8月21日南京市热岛强度等级图



2006年5月20日南京市热岛强度等级图

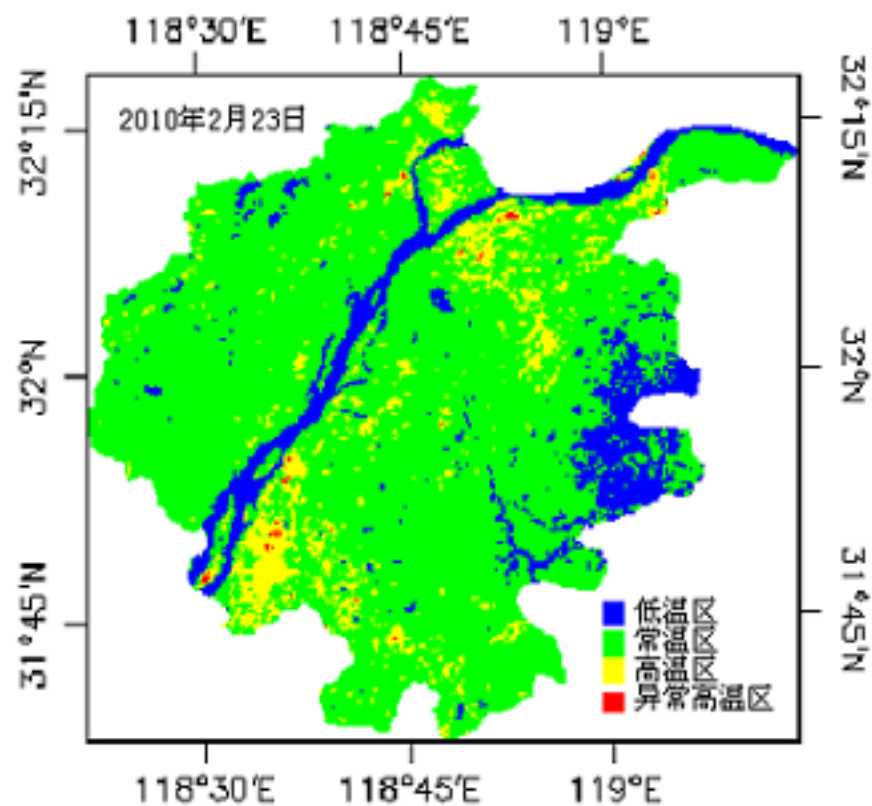
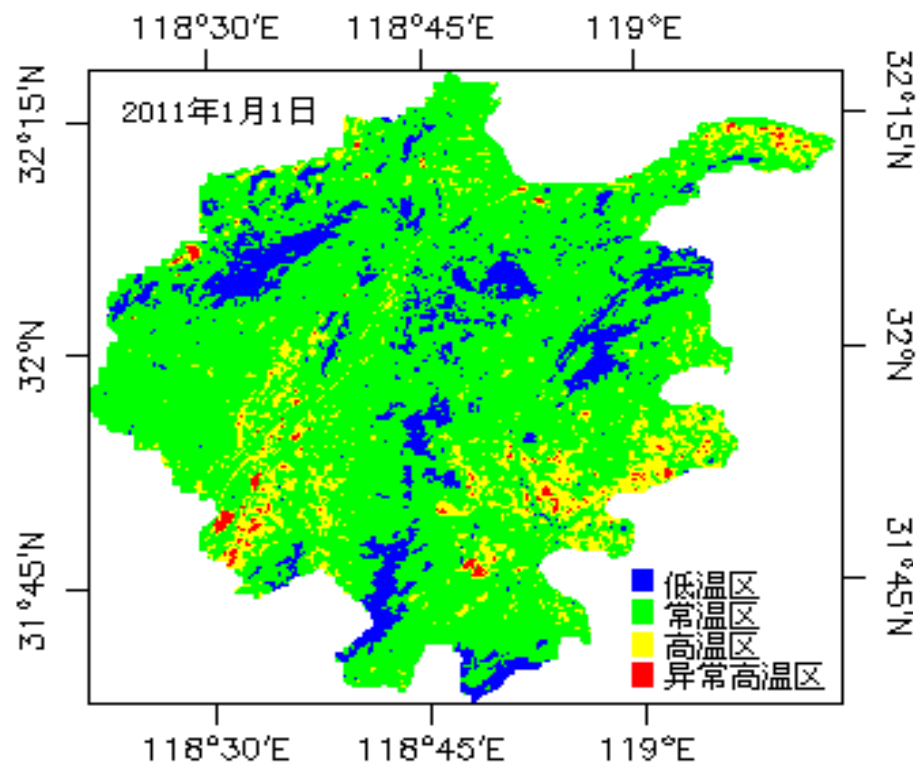


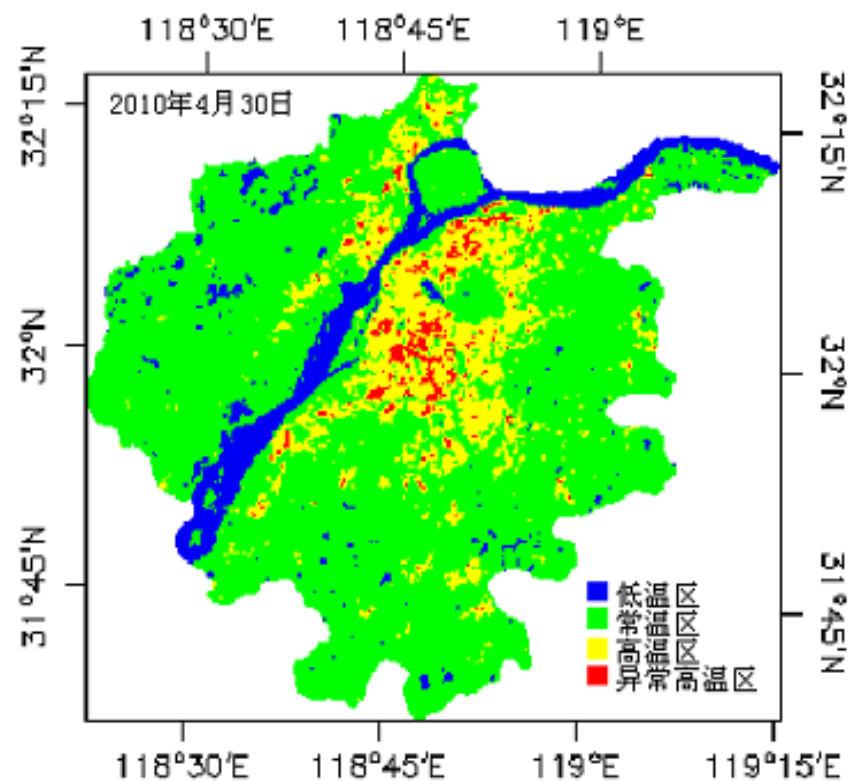
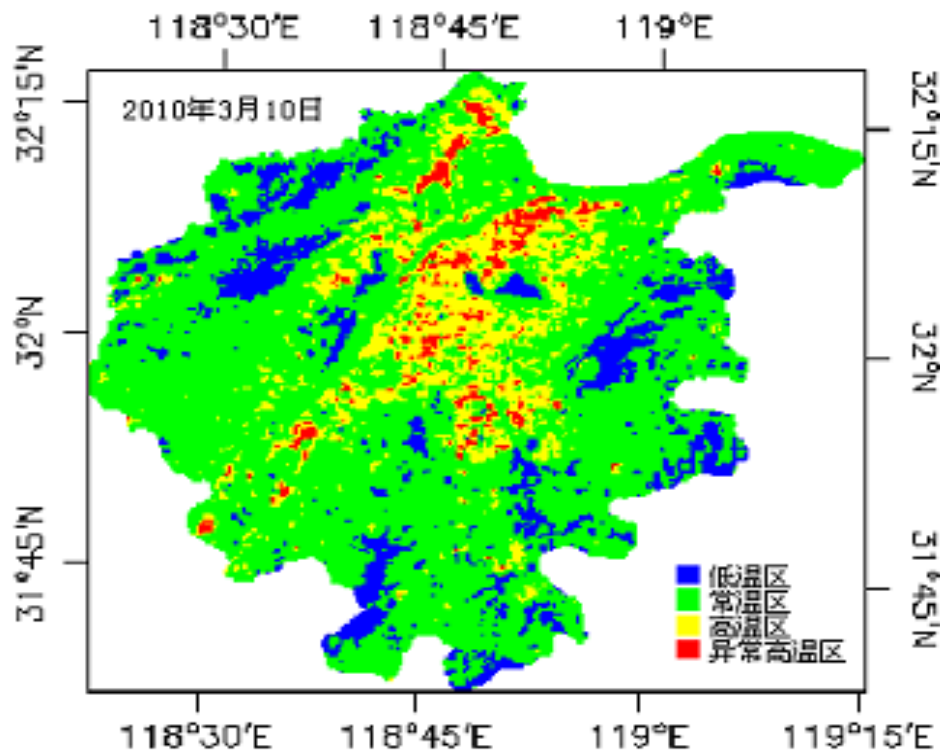
3、南京市热环境的时间变化（年变化）

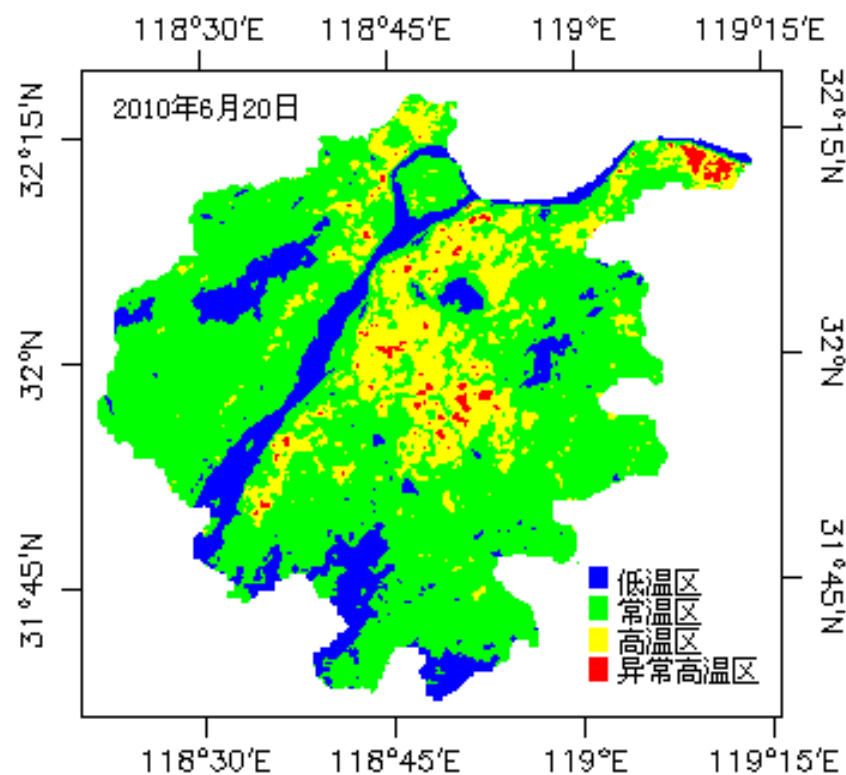
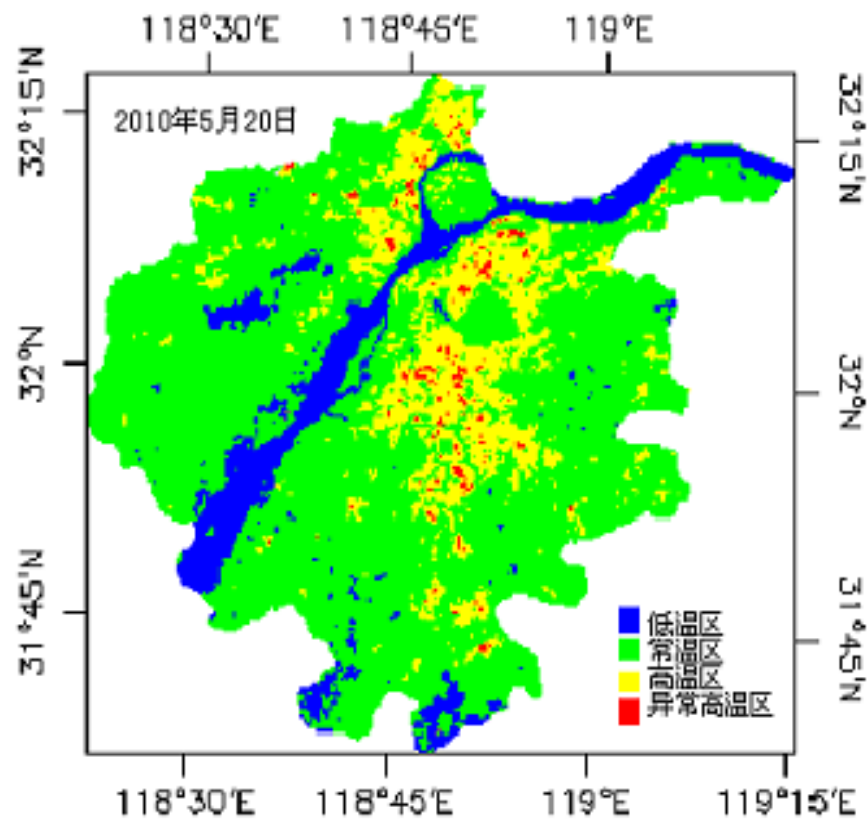
★ 数据源

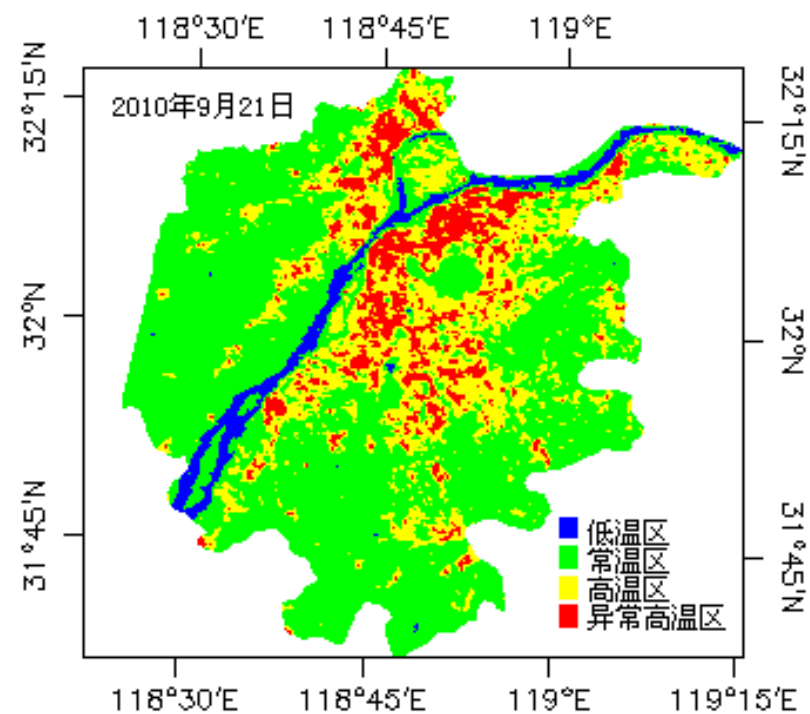
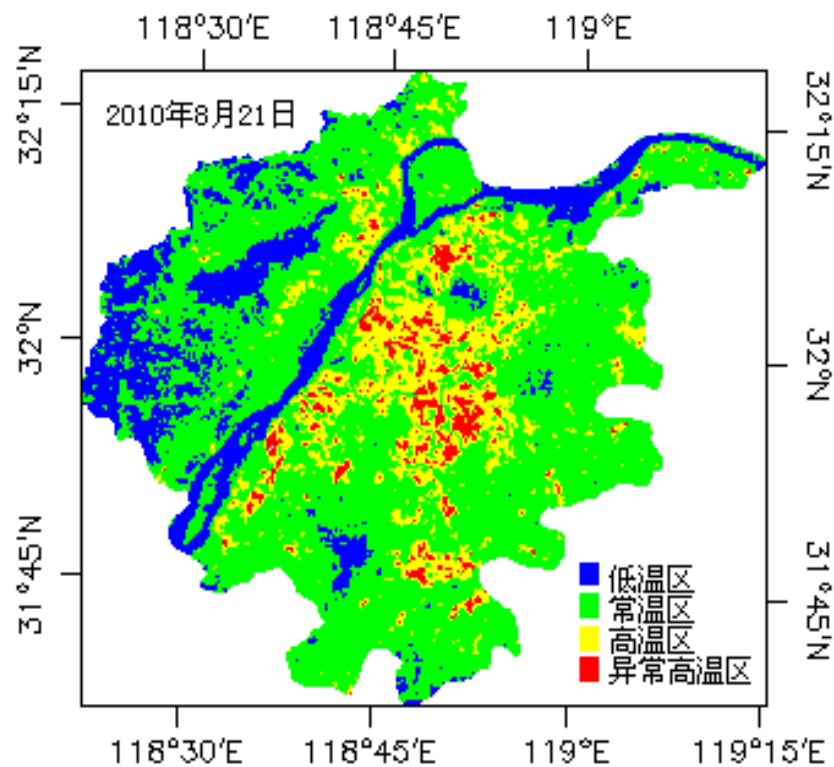
11景HJ-1B卫星IRS南京市上空无云数据，图像预处理包括大气校正，正射纠正，图像裁剪。

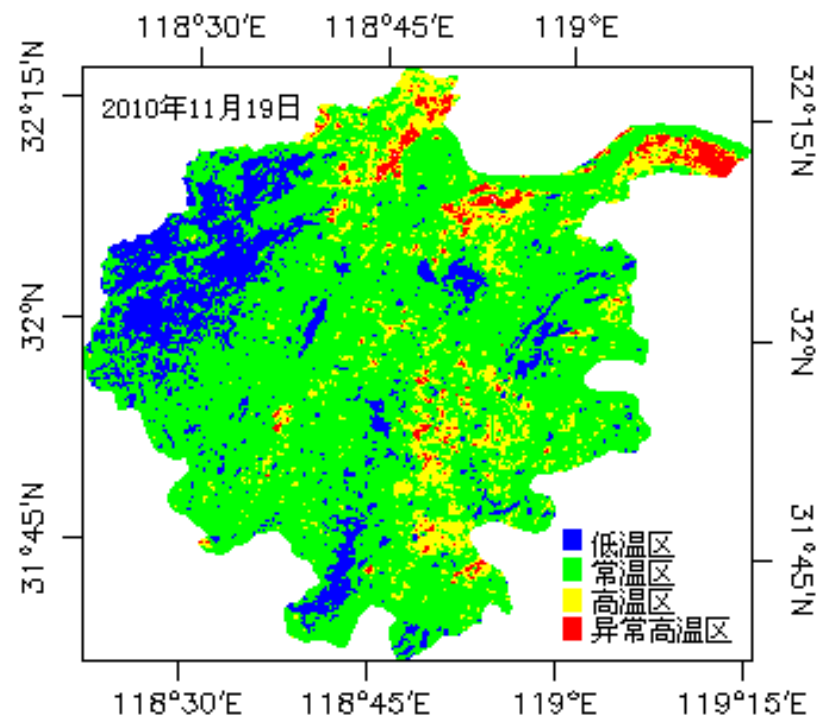
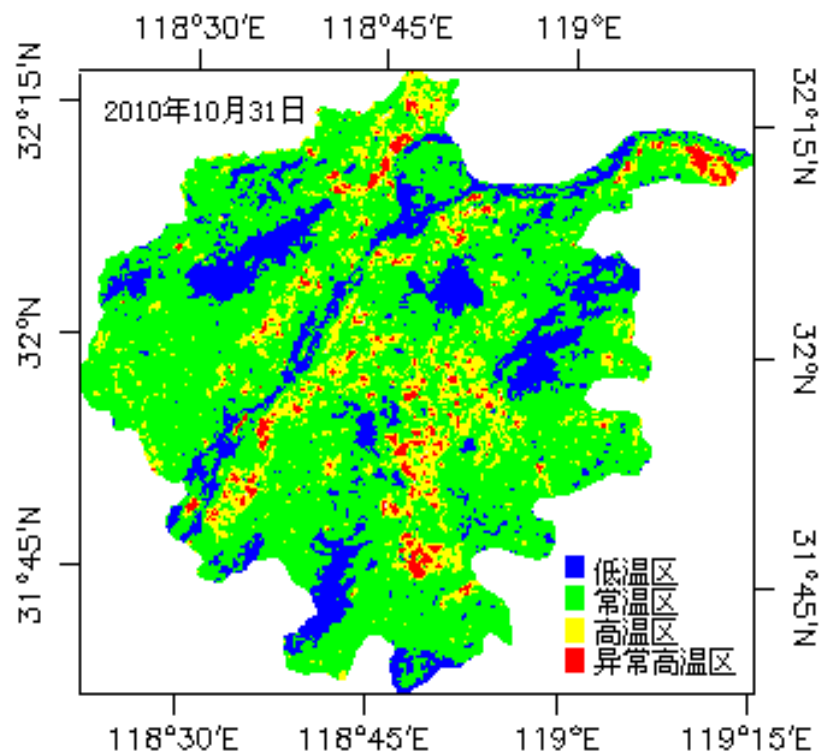
利用基于IRS/HJ-1B的单窗算法反演地表温度；同样采用基于稳健统计方法分别划分各景图像的地表温度区间。

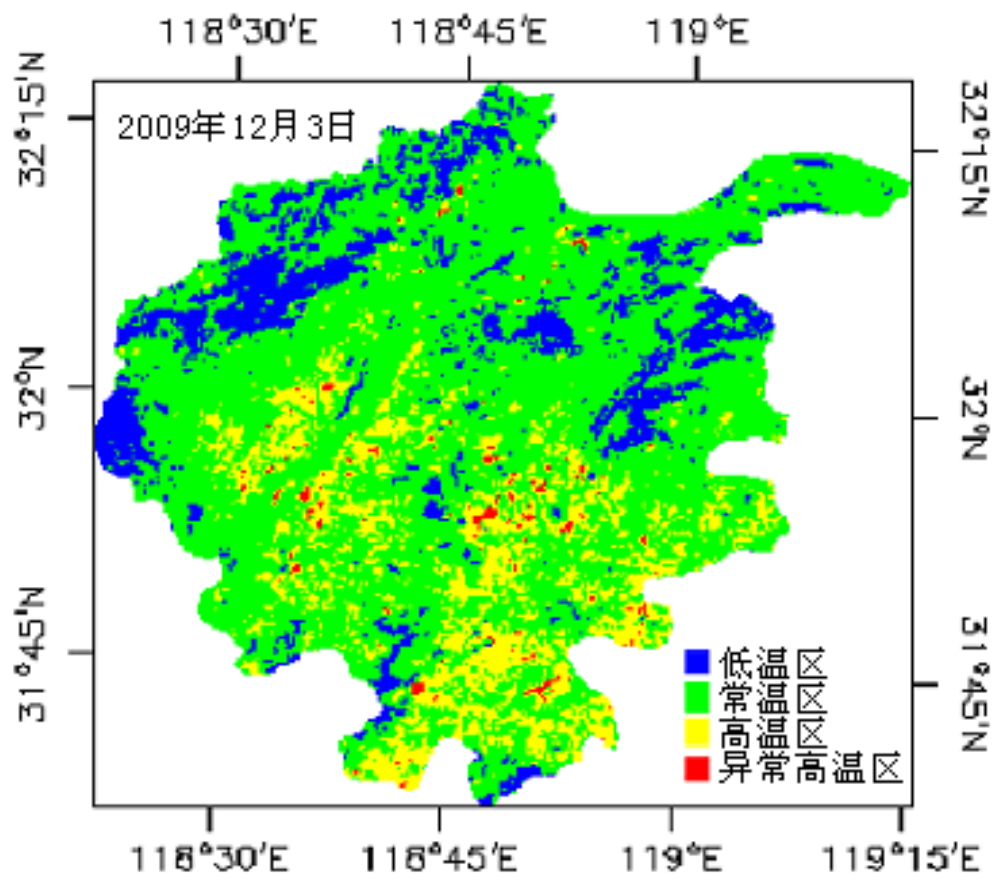














4、南京市热环境的季节变化

★ 数据源

4景landsat/TM (ETM+) 南京市上空无云数据，影像时相分别为2002年3月20日 (ETM+)，2002年8月21日 (ETM+)，2002年10月8 (ETM+)，2002年12月27 (ETM+)。4景图像预处理包括大气校正，正射纠正，图像裁剪。

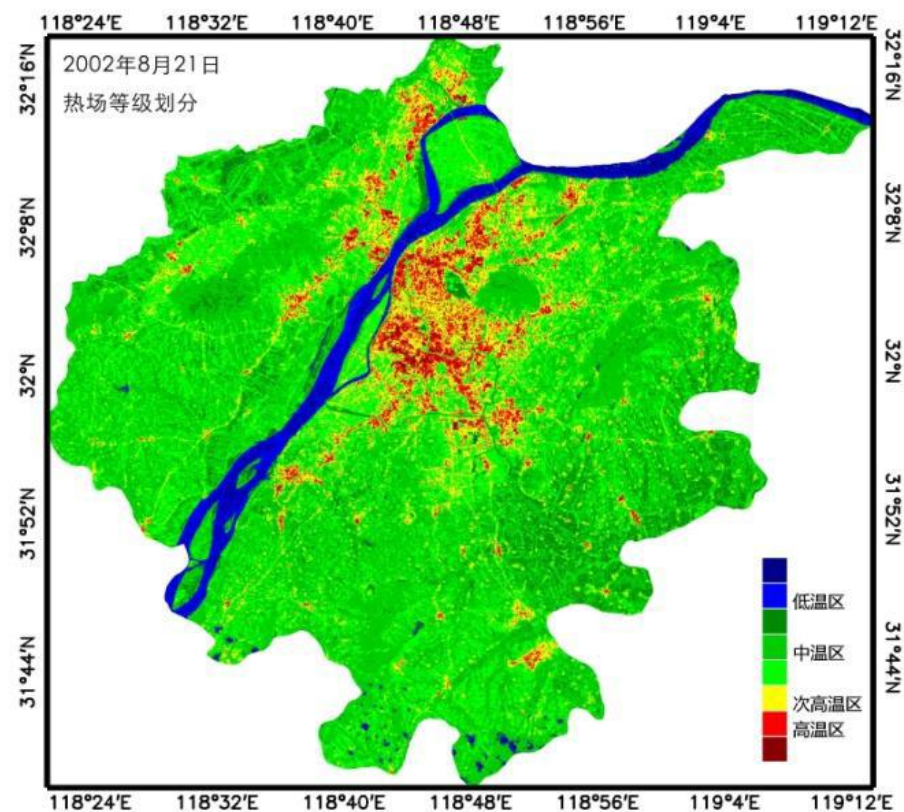
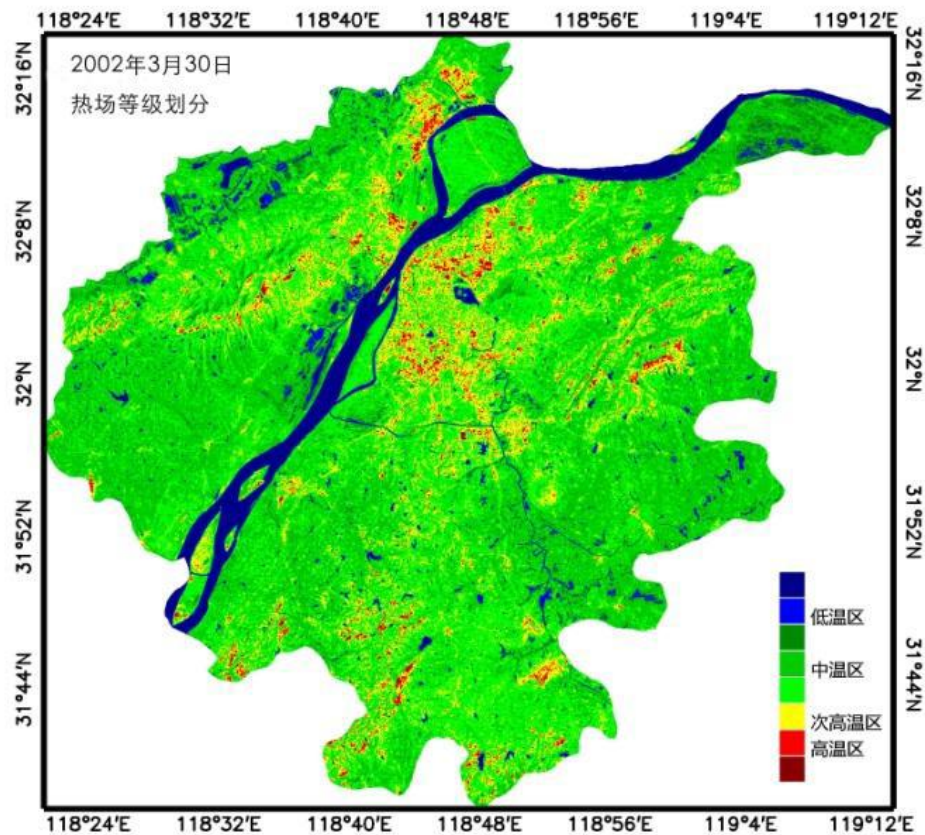
★ 地表温度距平值的计算

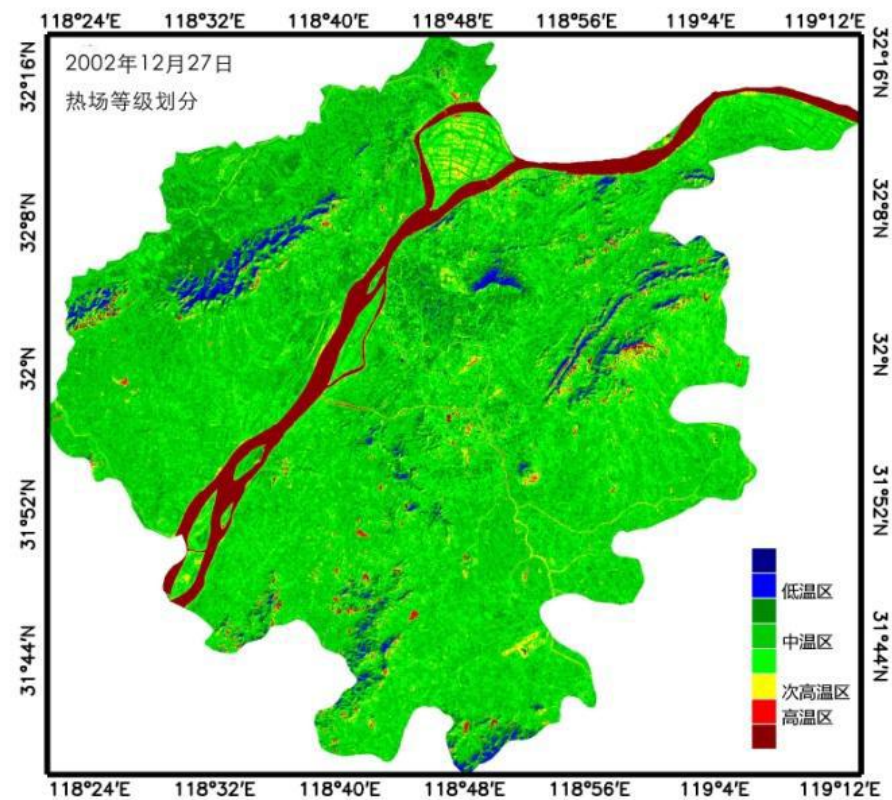
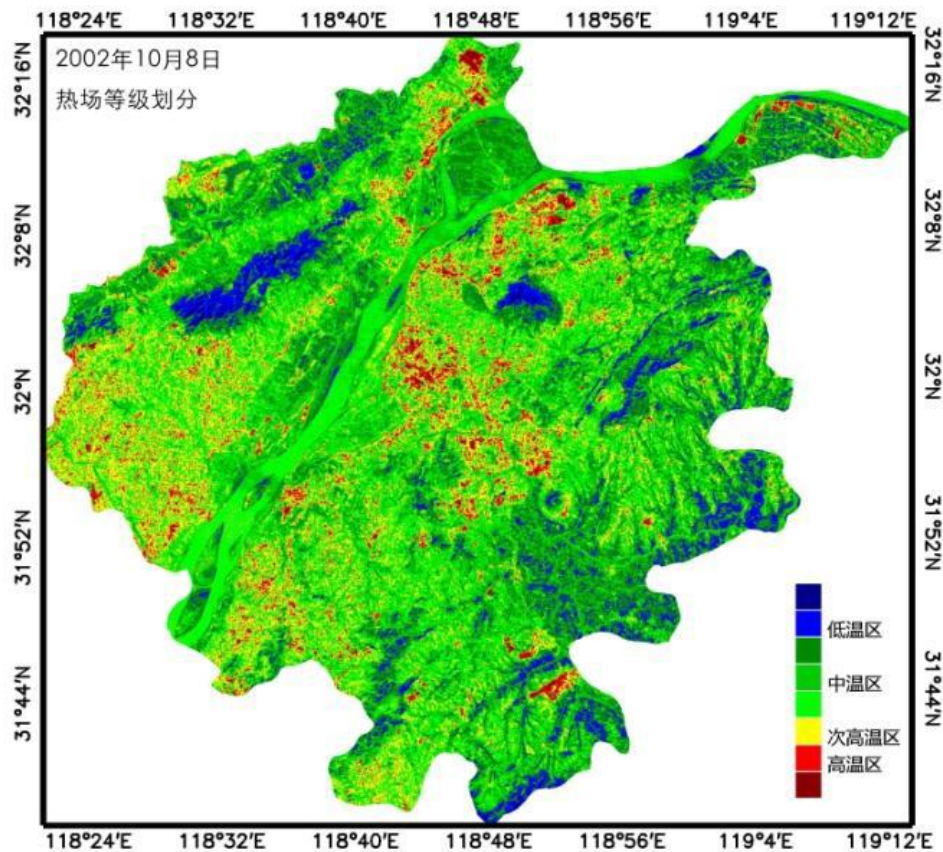
某一像元的距平值

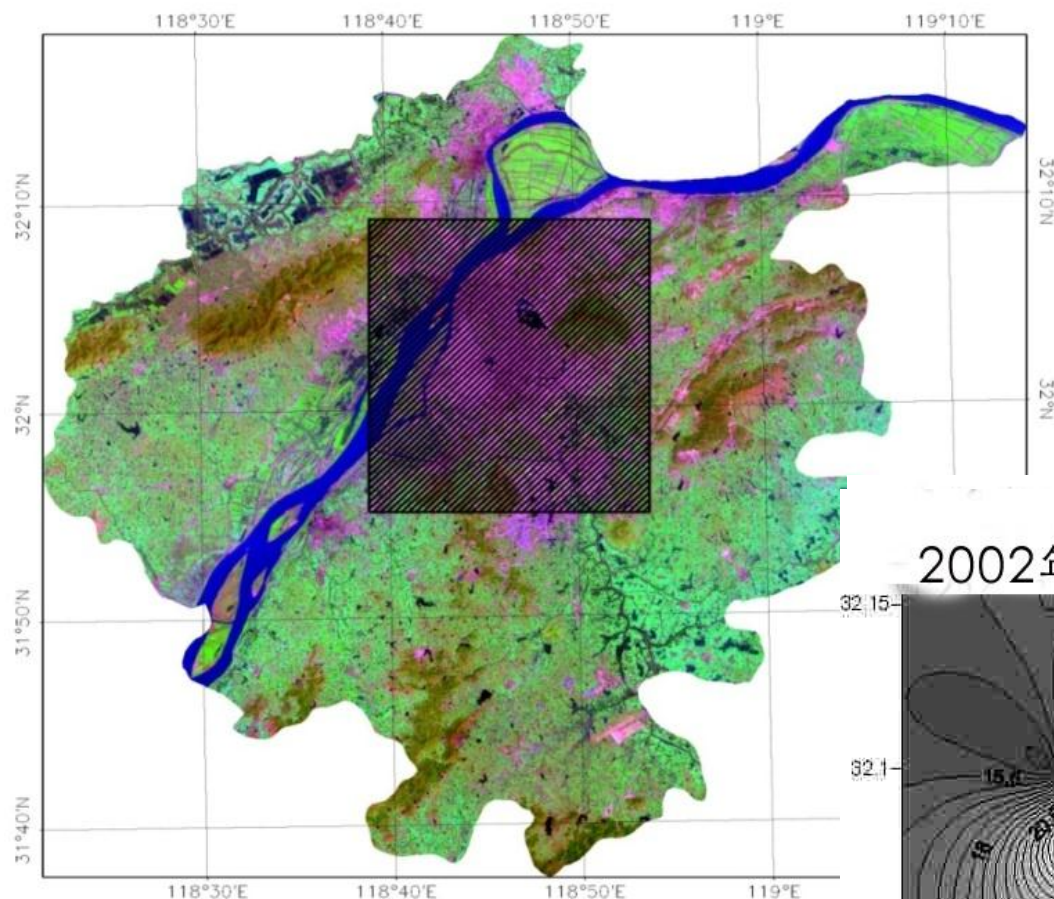
$$J_{t,i} = T_{t,i} - \bar{T}$$

$J_{t,i}$ 与 $T_{t,i}$ 分别为 t 时间、 i 位置的地表温度距平值和地表温度；

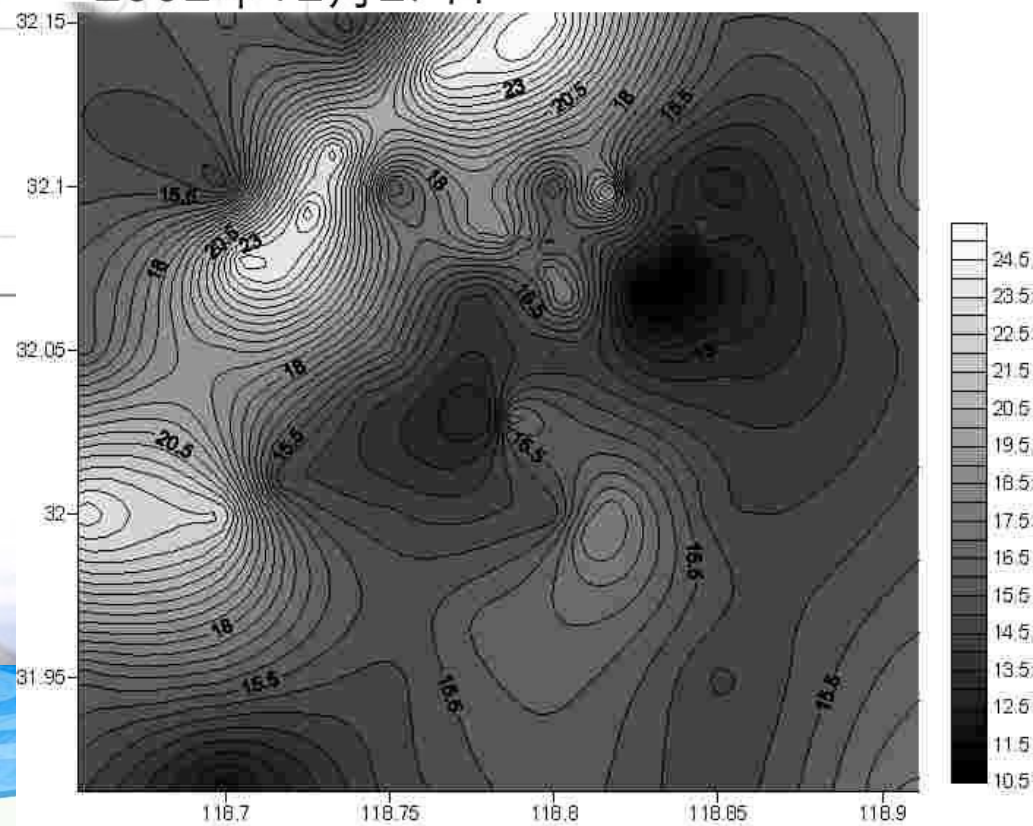
$\bar{T}$ 为研究区地表温度平均值。







2002年12月27日



5、南京城市热环境与城市发展之间的关系



★ 数据源

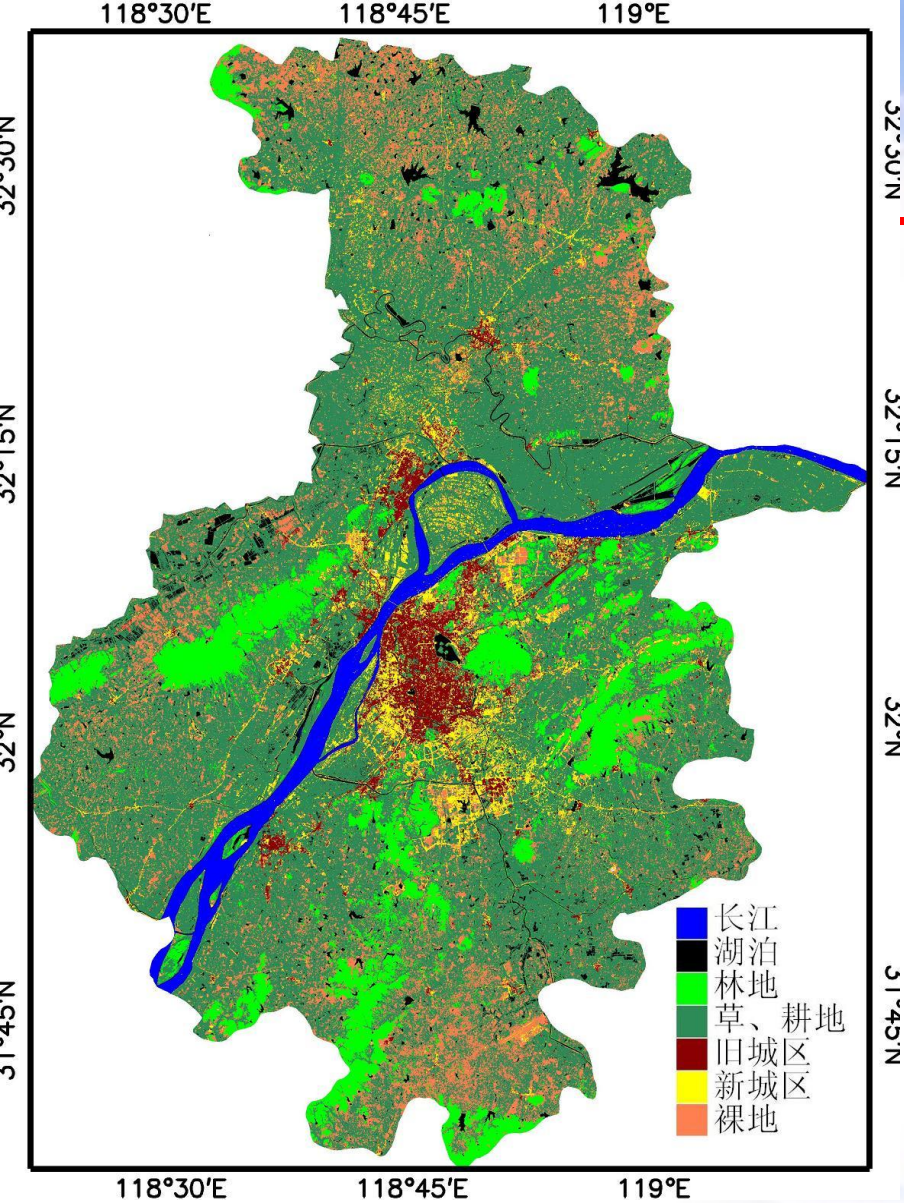
1) 南京2001年5月14日ETM+影像和2007年
5月7日的TM影像

2) 反演获得的典型下垫面的地表温度值

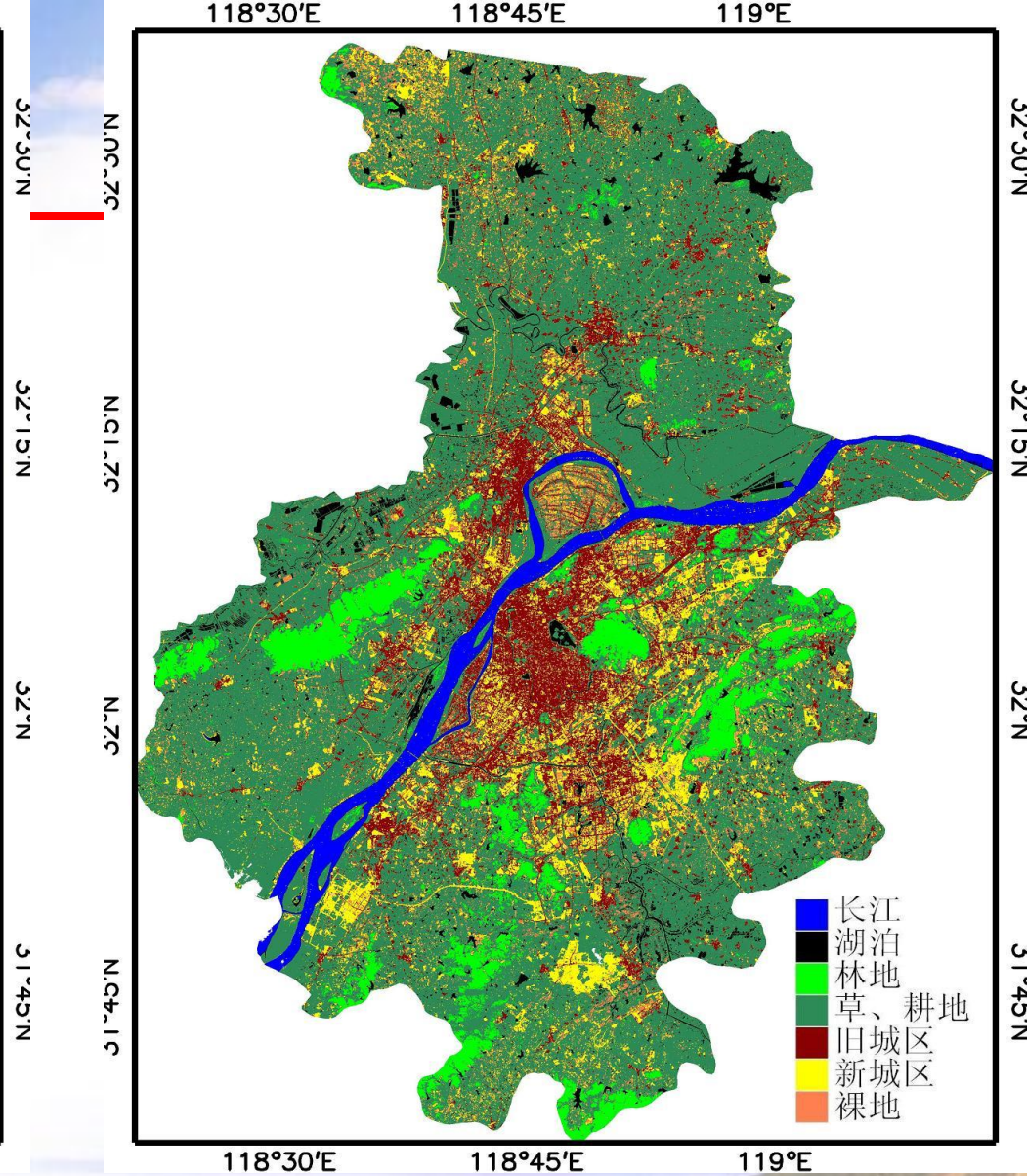


★ 南京城市发展

利用监督分类中的最大似然法对
2001年和2007年南京遥感数据进行土地利
用类型分类, 获得南京城市发展情况。



2001年



2007年



表5 土地利用分类精度指标

精度指标 \ 日期	2001. 5. 14	2007. 5. 7
总体精度	96.44%	91.02%
Kappa 系数	0.95	0.89



表6 不同土地利用类型面积变化统计

土地利用类型	面积 (km ²)	
	2001年	2007年
长江	161.03	155.19
湖泊	154.38	165.18
林地	489.65	296.61
草(耕)地	2804.05	2771.78
新城区	256.96	465.50
旧城区	173.08	555.23
新、旧城区	430.04	1020.73
裸地	683.02	294.62

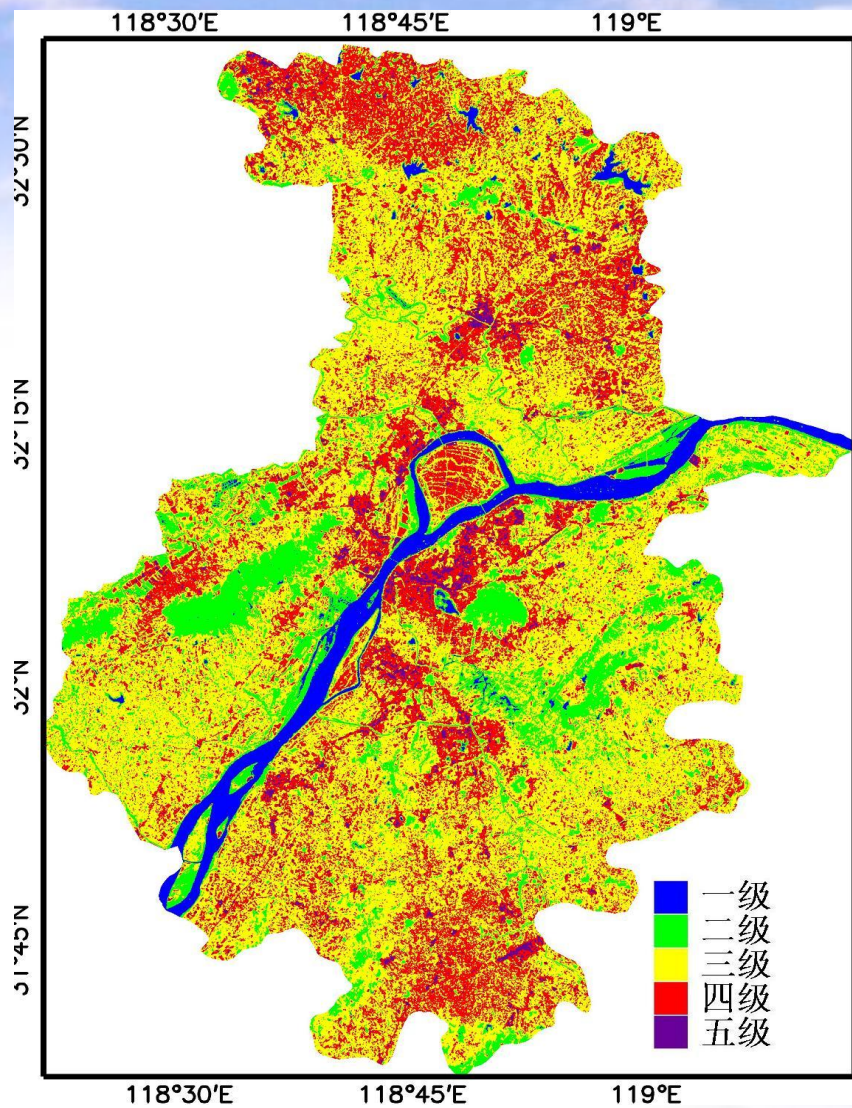
增幅高达137.36%，平均年增幅为22.89%

地表温度图像归一化方法:

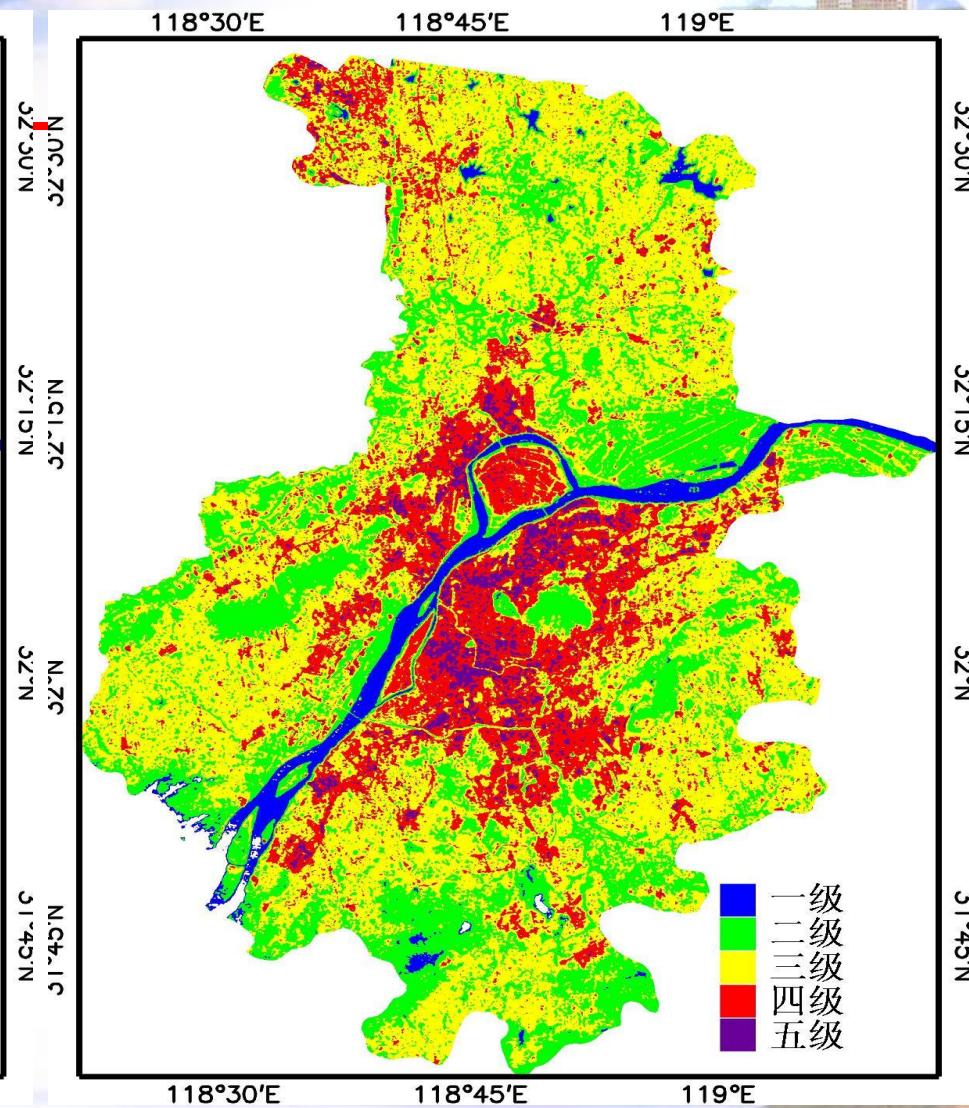
为了对时相相差较大的两景遥感影像反演结果直接进行比较, 将反演的地表温度结果进行归一化处理, 所得结果称为归一化地表温度指数 (Normalized Difference Surface Temperature Index—NDSTI):

$$\text{NDSTI} = \frac{T - T_{\text{MIN}}}{T_{\text{max}} - T_{\text{MIN}}}$$

式中, NDSTI为归一化地表温度指数, T 为反演获取的研究区内各像元地表温度值, T_{min} 为研究区内地表温度最低值, T_{max} 为研究区内地表温度最高值。



2001年



2007年



★ 典型下垫面地表温度对比

数据处理方法：

为了了解南京城市发展和植被覆盖对热岛效应的影响，本项目研究使用基于指数的方法提取研究区的主要下垫面类型，分析不同下垫面地表温度的变化状况，以及在相同大小的研究区内不同地物类型所占比例不同对该研究区地表温度的影响。

指数计算:

归一化植被指数:

$$NDVI = \frac{V_{NIR} - V_R}{V_{NIR} + V_R}$$

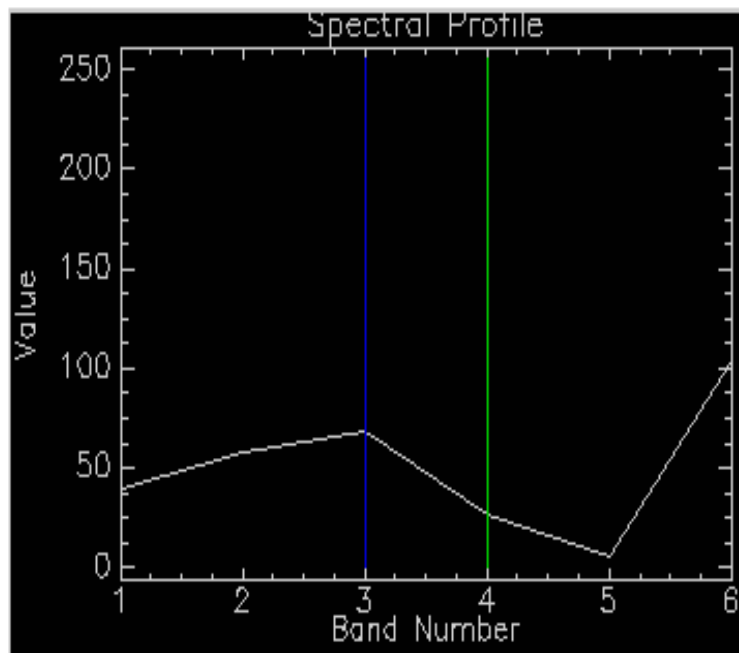
归一化建筑指数:

$$NDBI = \frac{V_{MIR} - V_{NIR}}{V_{MIR} + V_{NIR}}$$

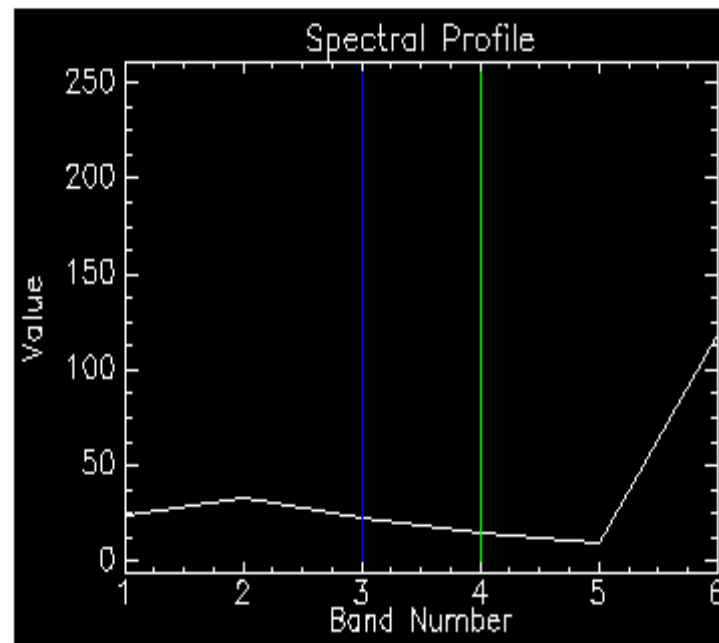
修正的归一化水体指数:

$$MNDWI = \frac{V_G - V_{MIR}}{V_G + V_{MIR}}$$

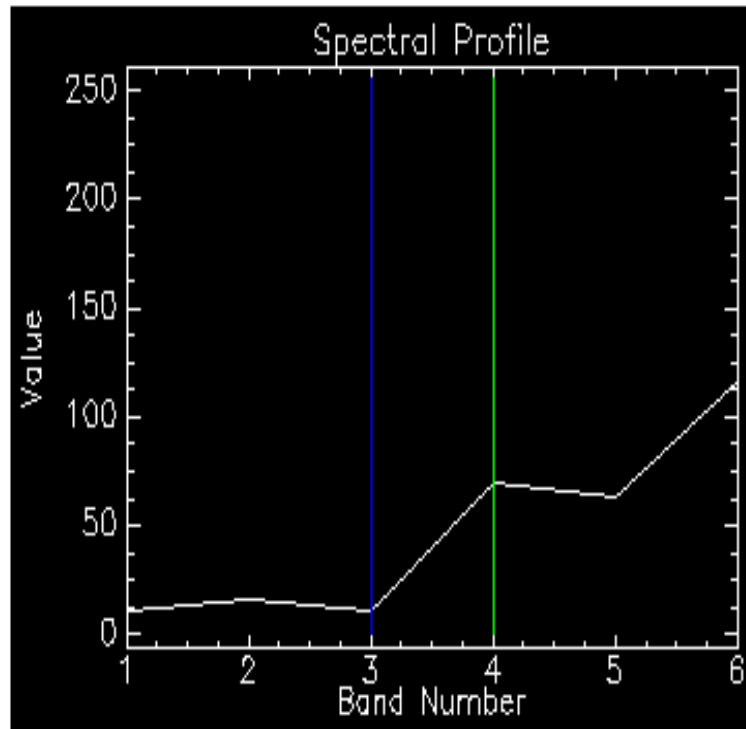
南京主要下垫面的波谱曲线:



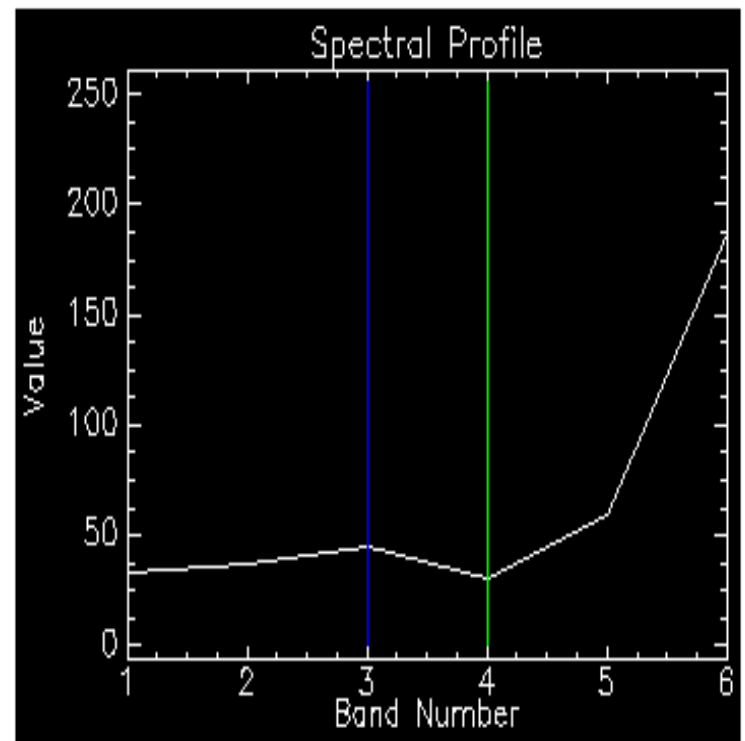
长江水体



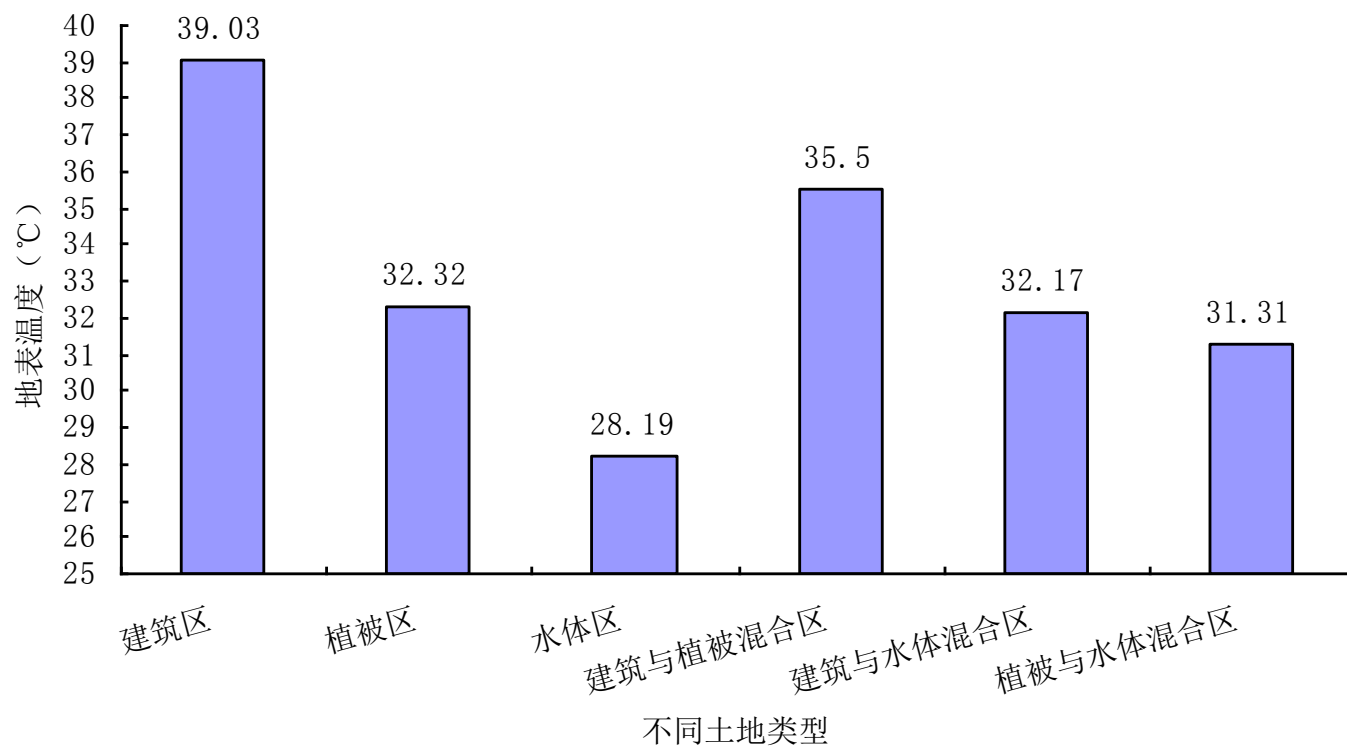
湖泊水体



植被

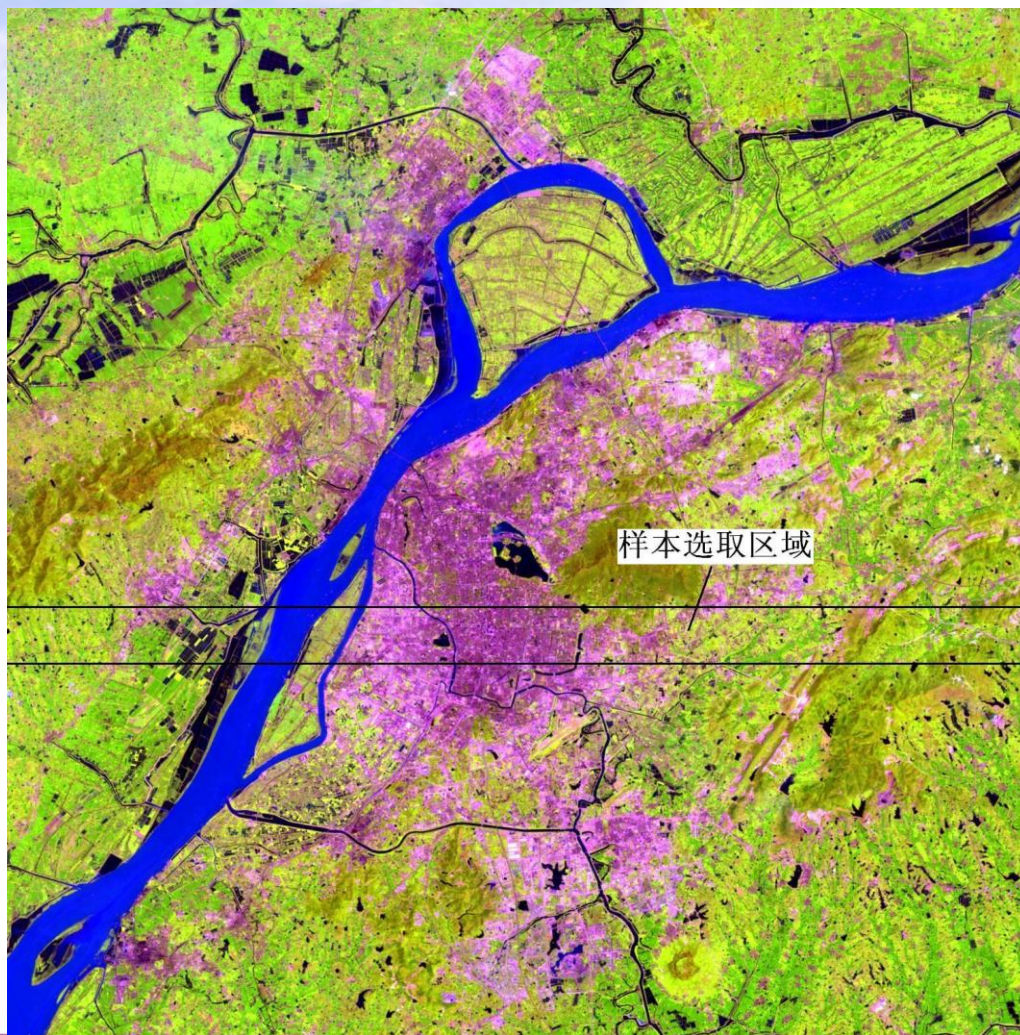


建筑



2002年8月21日典型下垫面地表温度

★ 同等面积大小区域不同下垫面的组合比例对地表温度的影响



2002年8月21日

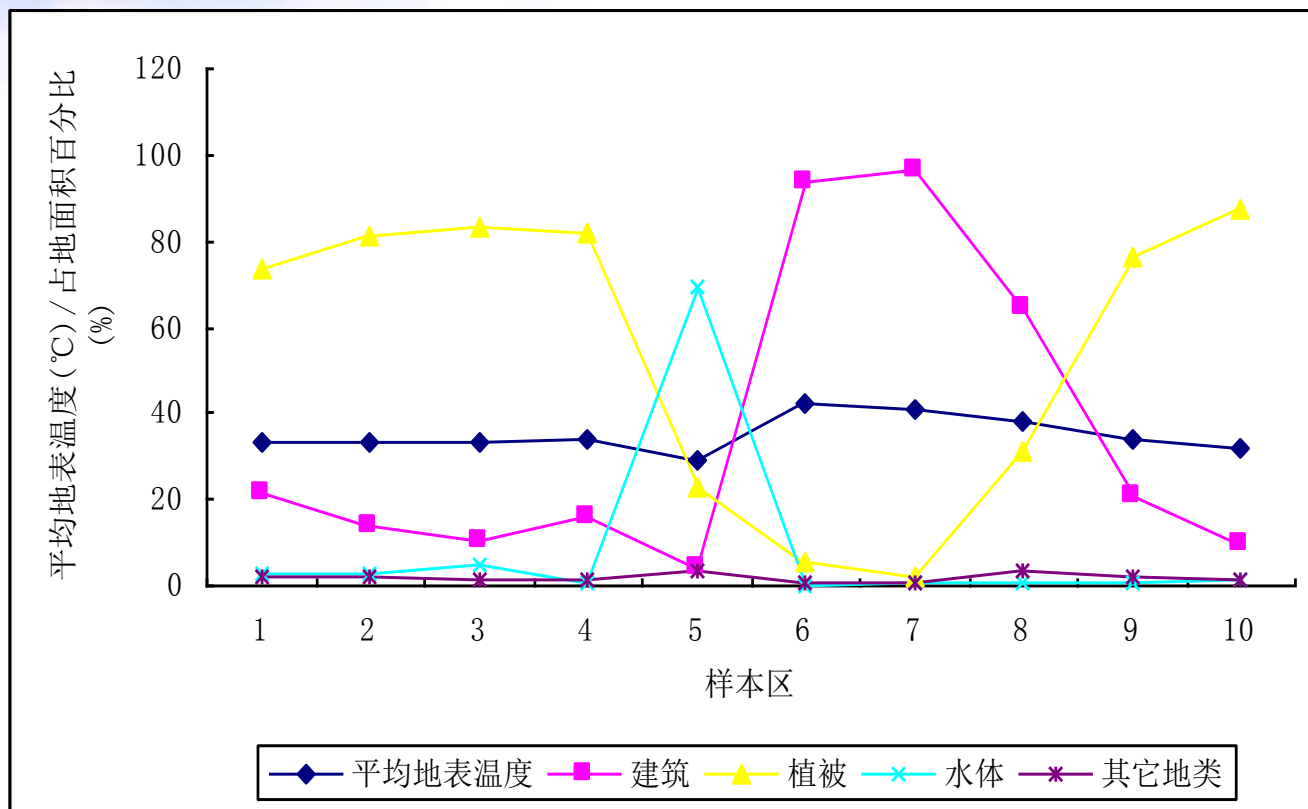
ETM+/LANDSAT

的543组合图

选取100个像元

*100个像元为

1个研究单元



不同下垫面组合比例对平均地表温度的影响

未来工作展望



- 1、尽快完成南京城市热环境的研究——完善博士论文内容。
- 2、利用多元遥感数据以长三角区域为研究对象，开展有关区域热环境的研究。
- 3、开展有关区域城市化对区域气候的影响研究。

。 。 。 。 。 。 。

谢谢大家！

敬请各位批评指正！

