中国科学院大学电子电气与工程学院专业普及课

城市环境遥感

授课教师：孟庆岩 研究员

中国科学院空天信息创新研究院

《城市环境遥感》课程简介

课程将系统讲授遥感技术在城市环境中的应用理论与技术，包括城市绿度空间（植被多维信息提取---绿度空间度量---多尺度感知---遥感综合评价）、城市热度（城市热岛效应和工业去产能红外遥感监测）、城市灰度（城市地物目标精细分类与变化检测、城市不透水面、城市道路、城市建成区精细提取）、城市湿度（城市水体提取及水质监测）、城市亮度（夜光遥感、房屋空置监测、贫困度监测）、城市宜居度等，并结合典型应用案例进行讲解。同时，课程还将系统介绍国内外对地观测系统发展现状与趋势、多领域专题遥感最新技术进展和业务需求（农业、林业、水利、国土、灾害、海洋、地震等）。并重点针对高分卫星系统介绍面向特定地物目标的专题分类和变化检测最新前沿技术和发展趋势。课程将提供两次实地参观学习的机会（中国资源卫星应用中心或中国科学院遥感卫星地面站、生态环境部卫星环境应用中心）。

课程开设在中国科学院大学电子电气与工程学院，课程为专业普及课，51 学时，3 学分。

适用专业：地图学与地理信息系统、摄影测量与遥感、自然地理学、生态、环境学等。

课程特色：结合大量应用案例和卫星载荷特点授课，课程内容将突出：有理论、有技术、有应用、遥感科学+技术+应用的完整链条，强化知识性、实用性、趣味性和启发性，为研究生科研选题提供应用业务需求牵引和技术解决方案。通过实地参观学习，强化同学感性认识，了解业务实践流程。

教学目的要求：学习遥感基本知识与技术方法，系统掌握国内外对地观测系统及各领域遥感应用发展现状，了解国内外最新的遥感技术和手段；掌握遥感科学与技术在城市建设各领域中的应用，学习相关应用方法；在未来学习中可运用所学的城市遥感专业知识，解决实际问题。

考试形式：课堂表现 10%、课堂汇报 30%、课堂开卷考试 60%。

欢迎大家来一起探讨！

授课教师简介

孟庆岩，中国科学院空天信息创新研究院研究员，博士生导师，长期从事城市陆表环境遥感和地震红外遥感研究。曾任遥感与数字地球研究所所务助理，对地观测应用系统工程研究室主任，国家航天局航天遥感论证中心办公室主任，国家重大科技专项“高分辨率对地观测系统”应用系统总体论证组成员，“国家自然灾害空间基础设施”专项“共性技术与灾害机理研究系统”论证专家组组长，国家生态保护红线监管平台项目专家委员会委员，中国城市科学研究会数字城市专业委员会副秘书长，中国地震台网中心客座研究员。2020 年 4 月入选海南省“南海名家”育才计划。近年已主持国家科技支撑课题、国际科技合作专项项目、国家自然科学基金、欧盟第七框架课题、国家重大科技专项项目等 20 余项。同法国、荷兰、匈牙利、俄罗斯、保加利亚、埃及、以色列、日本、泰国等十余个国家开展国际合作研究。共出版专著 3 部，发表论文 150 余篇（第 1 和通讯作者 102 篇，SCI43 篇），授权、受理发明专利 48 项，获软件登记著作权 16 项。成果在 20 多个行业、区域和国家推广，应用效果显著，取得很好的国内外反响。获奖 19 项，海南省“南海名家”育才计划（2020）、获第十届钱学森城市学金奖（2020）、 获测绘科学技术二等奖（2020）、获环境保护科学技术奖二等奖（2018）、环境保护科学技术奖三等奖（2016）、地理信息科技进步一等奖三项（2013、2015、2019）、二等奖（2014、2017），中国测绘科技进步一等奖（2013）和二等奖（2016）各一项，教育部科学技术进步奖二等奖（2015），安徽省科技进步三等奖（2019），海南省科技进步三等奖（2017），地理信息产业优秀工程金奖两项（2014、2016）、银奖（2013）、中国遥感应用协会推广应用奖（2014 年）。多次赴美国、瑞士、匈牙利、埃及等国开展学术交流。2020 年为亚太空间组织成员国开设国际培训课 35 学时；培养和联合培养研究生 60 余名。2004 年被授予“中央国家机关优秀青年”称号。（详见：**http://aircas.ac.cn/sourcedb_air_cas/cn/expert/yjy/201811/t20181106_5165284.html,** **http://people.ucas.ac.cn/~mqy**）

课程目录

- **第 1 讲：城市遥感基础与高分专项卫星（3 学时）**

  课程前言

  城市遥感基础

  高分重大专项卫星

- **第 2 讲：国内外对地观测系统进展（2 学时）**

  国内对地观测系统

  国外对地观测系统

- **第 3 讲：多领域专题遥感技术（4 学时）**

  农业、林业、水利等领域专题遥感应用技术

  国土、灾害、海洋、地震等领域专题遥感应用技术

- **第 4 课：地物遥感分类与变化检测技术（3 学时）**

  城市地物分类技术

  遥感变化检测技术

- **第 5 课：地物遥感分类与变化检测技术（3 学时）**

  土地覆盖变化提取技术

  重大工程用地监测技术

  耕地变化自动检测技术

  作物变化自动检测技术

- **第 6 讲：城市绿度空间遥感（3 学时）**

  二维/三维植被信息提取技术

  城市绿度空间度量技术

- **第 7 讲：城市绿度空间遥感（3 学时）**

  城市绿度空间感知技术

  城市绿度空间可达性和公平性

- **第 8 讲：城市热度遥感（3 学时）**

  热红外遥感基础

  热红外遥感典型应用

城市热环境多时空尺度遥感监测

- **第 9 讲：城市热度遥感（3 学时）**

城市热环境多时空尺度遥感监测

工业去产能遥感

- **第 10 讲：实地参观学习（3 学时）**

中国资源卫星应用中心

- **第 11 讲：城市灰度遥感（3 学时）**

城市路网提取

城市建成区提取

城市不透水面提取

- **第 12 讲：城市湿度遥感（3 学时）**

水体分类提取（河湖岸线、水源地风险源识别）

水污染监测：黑臭水体等

- **第 13 讲：城市亮度、宜居度遥感（2 学时）**

城市亮度遥感：夜光遥感、房屋空置、贫困度监测

城市宜居度遥感

- **第 14 讲：实地参观学习（3 学时）**

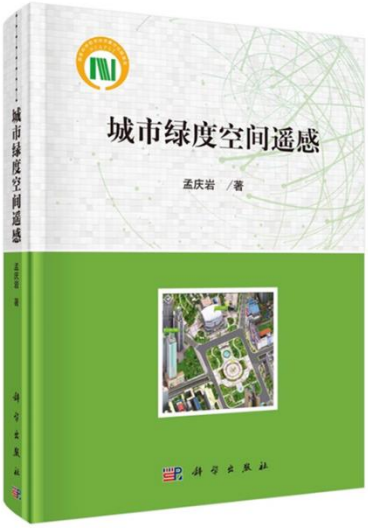
生态环境部卫星环境应用中心或中国科学院遥感卫星地面站

- **第 15 讲：研讨课（7 学时）**

课堂汇报与交流：城市环境遥感相关方向研究进展

- **第 16 讲：课堂开卷考试（3 学时）**

教学材料：《城市绿度空间遥感》



教材《城市绿度空间遥感》获第十届钱学森城市学金奖

相关课程

《城市环境遥感》课程或其部分章节在中国科学院大学电子学院、亚太空间合作组织及中国地质大学（武汉）开设。其英文课程《**Remote Sensing Information Processing and Urban Application**》将作为专业核心课在中国科学院大学国际学院开设。

Certificate of Appreciation

This certificate is awarded to

Dr. Qingyan Meng

Professor of the Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Doctoral Supervisor, for his excellent service as a lecturer of Training Courses on "Remote Sensing Information Processing and Urban Application". The training courses took 10 class hours (30 hours) and was held by Asia-Pacific Space Cooperation Organization (APSCO), co-organized by the Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences (AIR-CAS) during November 16-20 and November 23-27, 2020 in Beijing, China. Around 90 participants from 13 countries took part in the Training Course, with impressive impact and feedback.

Ms. Yu Qi
Secretary-General
APSCO

Dr. Zhang Bing
Deputy Director
AIR, CAS

December 28, 2020

李四光学院
School of LiSiguang

城市环境遥感

第五-六讲：城市绿度空间遥感

授课时间：2020年6月3日下午19:30-21:00
授课地点：腾讯会议（会议室ID：941 521 742）

讲座人简介：

内容简介：

导论课"空中课堂"开讲啦！
欢迎校内师生一同参与！

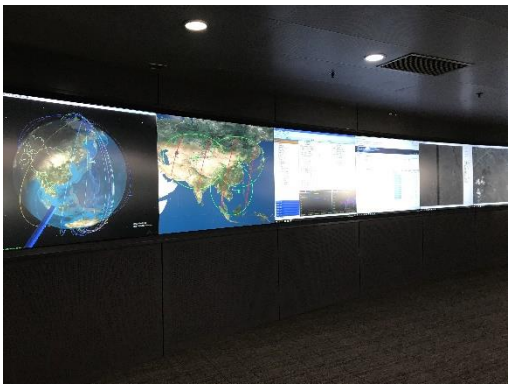
主办单位：李四光学院

亚太空间组织国际培训课证书　　中国地质大学（武汉）讲座海报

往届课程回顾

课程中期，同学们到中国资源卫星应用中心参观并听报告，拓展同学对我国卫星实际运行管理

及不同卫星设计历程的了解，进一步加深对我国卫星及应用的认识，实现多种形式综合教学。



中国资源卫星应用中心参观

研讨交流

在研讨课上，同学们结合课程所学知识，以小组形式进行文献阅读、综述撰写和课堂展示，围绕城市环境遥感展开深度交流与思维碰撞。老师及同学为每位展示的同学建言献策，课堂交流活跃。不仅拓宽了同学们的视野，激发大家对城市环境遥感的兴趣，也锻炼了同学们的创新能力、总结能力和表达能力。

课堂讨论和综述展示

赠送同学《城市绿度空间遥感》专著

课程评估结果

2019 年和 **2020** 年中国科学院大学选课同学评估结果分别为 **95.02** 分和 **97.91** 分。部分同学评价：“上课很精彩”、“为以后的研究打下基础”、“知识提升眼界扩大”、“我最喜欢孟老师十分生动的授课”、“老师上课很有激情，可以看出老师很真诚地在和我们分享知识”、“老师讲解了许多具有前沿性的项目案例”、“上课很有热情，能够吸引大家投入”、“内容丰富，老师授课方式生动有趣”、“提供了很好的课程资料”、“老师认真负责，上课幽默风趣，会给我们讲一些前沿的东西，上课也很自由，知识全面。”

中国科学院大学电子电气与工程学院专业普及课

《城市环境遥感》课程介绍

授课教师：孟庆岩 研究员

中国科学院空间信息创新研究院

1

目 录

1 课程背景及意义
2 课程目标及内容
3 课程教学大纲
4 课程专题内容
5 课程总体介绍

2

一、课程背景及意义

我国正全面推进生态文明建设，解决民生环境问题。

遥感技术如何为城市生态文明和“美丽中国”建设服务？

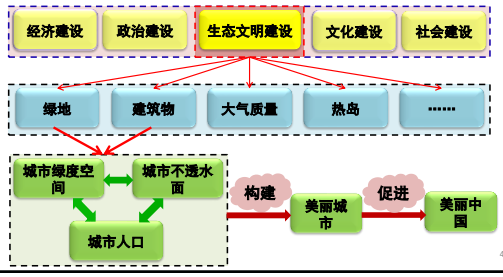
3

3

一、课程背景及意义

国家需求

建设“美丽中国”，强调在经济建设、政治建设、文化建设、社会建设中生态文明的融入，并把生态文明建设放在了突出地位。



4

4

一、课程背景及意义

我国在快速推进新型城镇化建设。城市是生态系统的基本组成，其本身系统的动力条件影响着整个生态系统的状况。

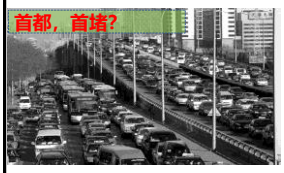
5

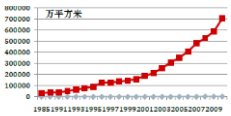
5

城市化进程中涌现各种城市病

- 异常脆弱的基础设施
- 日益加剧的交通拥堵
- 不断恶化的生态环境
- 进城务工的蜗居生活

城镇人口快速增长
2011年城镇人口超过50%





城镇房屋建筑施工面积急速上升
2010年为1985年的20倍

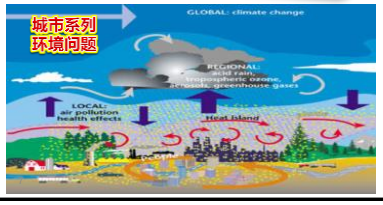
6

6

城市生态功能退化，人居环境恶化

应用背景

- 我国快速城镇化
- 环境问题日益突出
- 人居质量持续下降



7

一、课程背景及意义

卫星遥感在城市建设和区域发展中具有不可替代的重要作用

遥感系统作为空间技术重要平台和载体，将成为区域建设与发展的重要推动力

8

8

一、课程背景及意义

多源数据，各有所长，相互弥补，将助生态城市、智慧城市建设一臂之力！

9

一、课程背景及意义

生态环境与城市热点问题难以用单一元素进行分析与描述。

森林锐减

1. 土地覆盖变化
2. 植被减少
3. 环境干旱
4. 热环境气温升高

……

城市热污染

1. 城市扩张
2. 城市热环境变化
3. 城市功能区变化

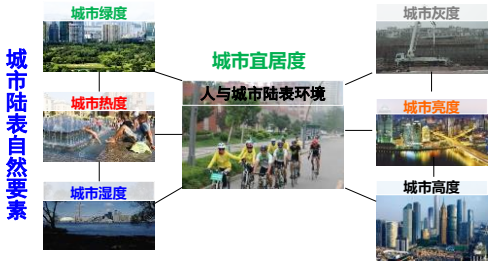
……

10

10

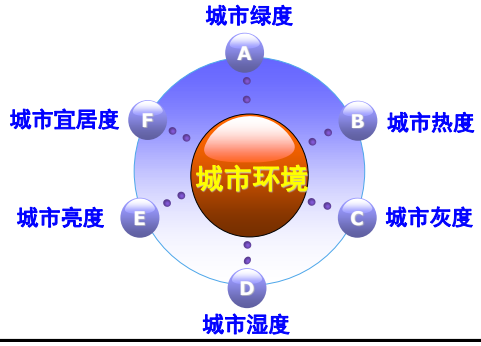
一、课程背景及意义

城市陆表环境决定城市宜居性，与人们日常生活密切相关，其内部作用机理复杂，已成为重要命题和研究热点。



11

城市生态环境监测



12

12

目　录

1. 课程背景及意义
2. 课程目标及内容
3. 课程教学大纲
4. 课程专题内容
5. 课程总体介绍

13

13

课 程 目 的

- 学习遥感基本知识与技术方法，系统掌握国内外对地观测系统及各领域遥感应用发展现状，了解国内外最新的遥感技术和手段；
- 掌握遥感科学与技术在城市建设各领域中的应用，学习相关应用方法。
- 在未来学习中可运用所学的城市遥感专业知识，解决实际问题。

知识性、实用性、趣味性、启发性

14

14

课 程 内 容

课程将系统讲授遥感技术在城市环境中的应用理论与技术，包括城市绿度空间（植被多维信息提取——绿度空间度量——多尺度感知——遥感综合评价）、城市热度（城市热岛效应和工业去产能红外遥感监测）、城市灰度（城市地物目标精细分类与变化检测、城市不透水面、城市道路、城市建成区精细提取）、城市湿度（城市水体提取及水质监测）、城市亮度（夜光遥感、房屋空置监测、贫困度监测）、城市宜居度等，并结合典型应用案例进行讲解。

同时，课程还将系统介绍国内外对地观测系统发展现状与趋势、多领域专题遥感最新技术进展和业务需求（农业、林业、水利、国土、灾害、海洋、地震等）。并重点针对高分卫星系统介绍面向特定地物目标的专题分类和变化检测最新前沿技术和发展趋势。

15

课 程 内 容

实地参观学习

课程将根据实际情况选择生态环境部卫星环境应用中心或中国科学院遥感卫星地面站或中国资源卫星应用中心进行实地参观学习，共计两次。

生态环境部
卫星环境应用中心

中国科学院
遥感卫星地面站

中国资源卫星应用中心

16

16

目　录

1. 课程背景及意义
2. 课程目标及内容
3. 课程教学大纲
4. 课程专题内容
5. 课程总体介绍

17

17

《城市环境遥感》课程大纲

1. 城市遥感基础与高分专项卫星
- 课程前言
- 城市遥感基础
- 高分重大专项卫星

2. 国内外对地观测系统进展
- 国内对地观测系统
- 国外对地观测系统

3. 多领域专题遥感技术
- 农业、林业、水利等领域专题遥感应用技术
- 国土、灾害、海洋、地震等领域专题遥感应用技术

4. 地物遥感分类与变化检测技术
- 城市地物分类技术
- 遥感变化检测技术

5. 地物遥感分类与变化检测技术
- 土地覆盖变化提取技术
- 重大工程用地检测技术
- 耕地变化自动检测技术
- 作物变化自动检测技术

6. 城市绿度空间遥感
- 二维/三维植被信息提取技术
- 城市绿度空间度量技术

18

18

课程大纲

7. 城市绿度空间遥感
- 城市绿度空间感知技术
- 城市绿度空间可达性和公平性

8. 城市热度遥感
- 热红外遥感基础
- 热红外遥感典型应用
- 城市热环境多时空尺度遥感监测

9. 城市热度遥感
- 城市热环境多时空尺度遥感监测
- 工业去产能遥感

10. 实地参观学习

中国资源卫星应用中心

11. 城市灰度遥感
- 城市路网提取
- 城市建成区提取
- 城市不透水面提取

12. 城市湿度遥感
- 水体分类提取（河湖岸线、水源地风险源识别）
- 水污染监测；黑臭水体等

13. 城市亮度、宜居度遥感
- 城市亮度遥感：夜光遥感、房屋空置、贫困度监测
- 城市宜居度遥感

14. 实地参观学习

生态环境部卫星环境应用中心或中国科学院遥感卫星地面站

15. 研讨课

16. 课堂开卷考试

19

19

目　录

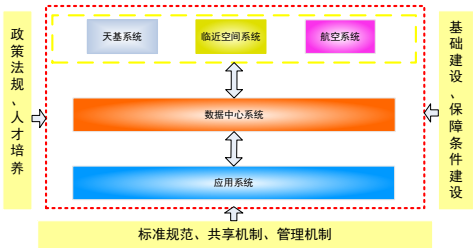
1. 课程背景及意义
2. 课程目标及内容
3. 课程教学大纲
4. 课程专题内容
5. 课程总体介绍

20

20

高分专项卫星介绍

高分专项总体简介

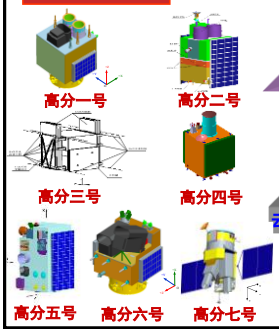


21

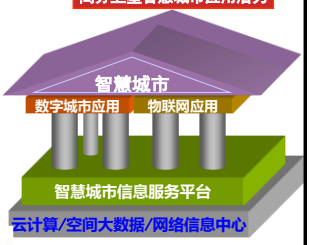
21

高分专项卫星介绍

高分卫星数据与应用



高分卫星智慧城市应用潜力



22

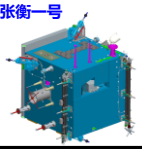
22

国内对地观测系统

我国对地观测系统概览

我国民用对地观测系统

- 风云卫星系列
- 海洋卫星系列
- 环境卫星系列
- 资源卫星
- 张衡一号



23

23

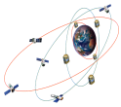
国内对地观测系统

我国商用卫星发展

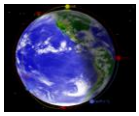
"北京一号"卫星

"北京二号"卫星

"吉林一号"卫星



"高景一号"卫星



"珞珈一号"卫星

24

24

国外对地观测系统

国外对地观测系统

美国对地观测系统

俄罗斯对地观测系统

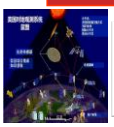
欧洲对地观测系统

印度对地观测系统

日本对地观测系统

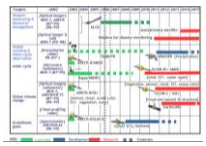
韩国对地观测系统

多国空间计划



美国

欧洲



日本

……

25

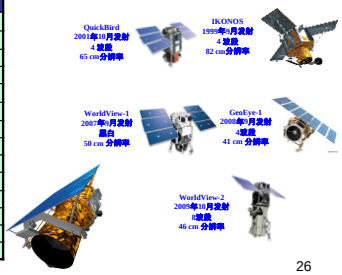
25

国外对地观测系统

国外主要卫星

卫星名称	国家	星下点分辨率 m
IKONOS-2	美国	0.82/3.28
QuickBird-2	美国	0.61/2.44
OrbView-3	美国	1/4
Wordview	美国	2/8
GeoEye-1	美国	0.41/1.64
SPOT-5	法国	2.5
Radarsat-2	加拿大	3
IRS-P6	印度	5.8
ALOS	日本	2.5
KompSat-2	韩国	1/4
Araks	俄罗斯	2
Resurs	俄罗斯	1/2
ALMAZ-1(SAR)	俄罗斯	1
EROS-A1	以色列	1.8

WordView卫星



26

26

多领域专题遥感技术

农业

林业

水利

国土资源

城乡建设

环境保护

减灾

气象

海洋

地震

27

27

地物遥感分类与变化检测技术

城市地物分类技术

遥感变化检测技术

土地覆盖变化提取技术

重大工程用地检测

耕地变化自动检测

作物变化自动检测

28

28

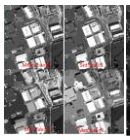
地物遥感分类与变化检测——城市地物分类技术

影像分割

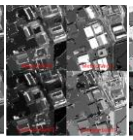
特征提取

分类结果

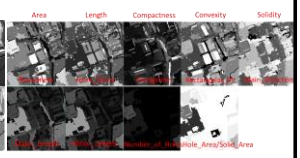
特征提取



光谱特征



纹理特征

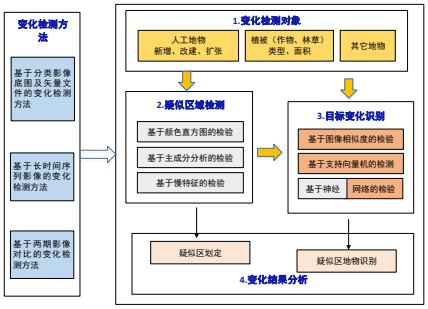


空间特征

29

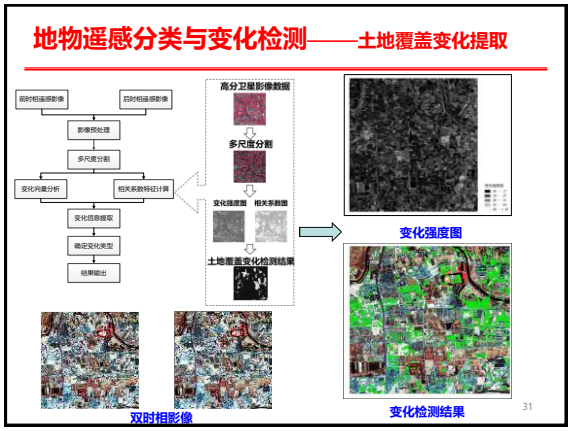
29

地物遥感分类与变化检测——遥感变化检测技术

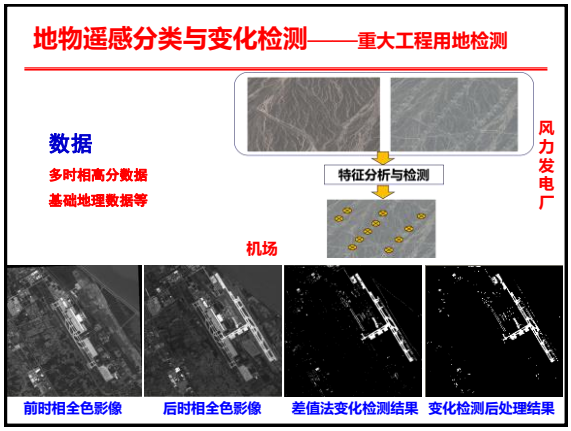


30

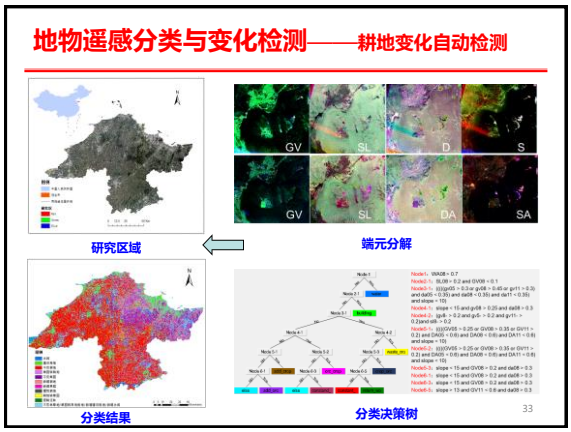
30



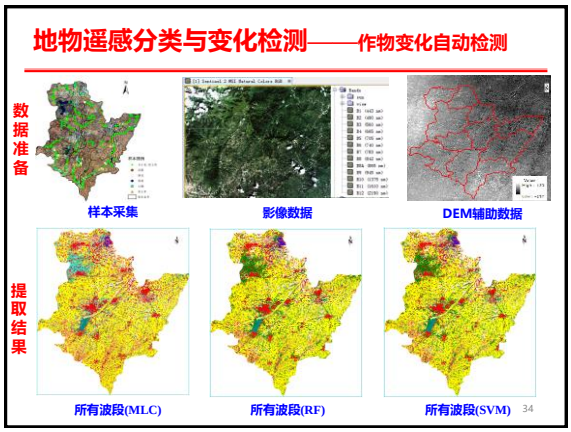
31



32

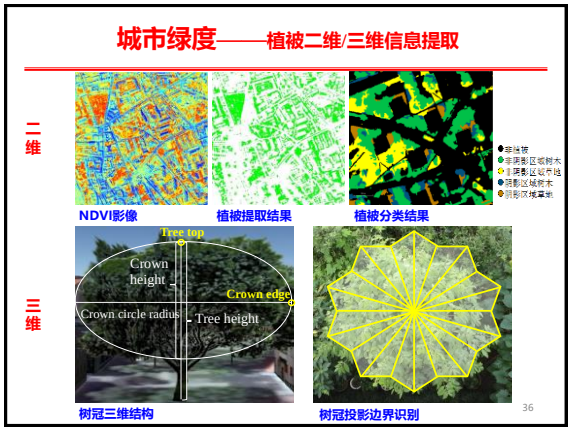


33

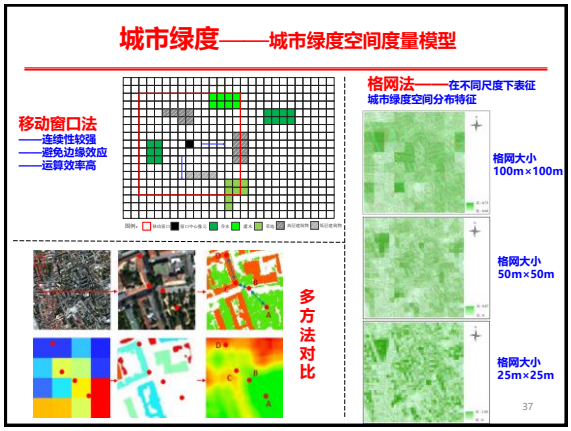


34

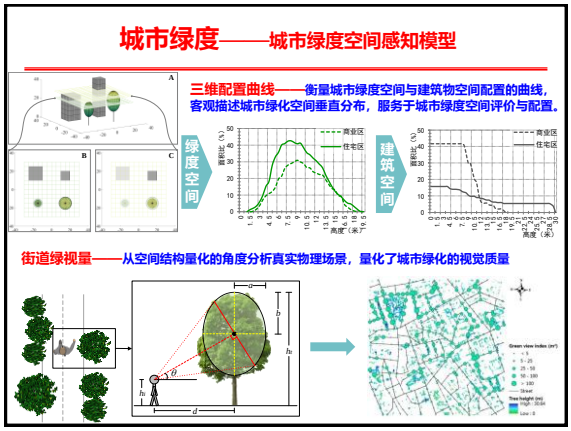
35



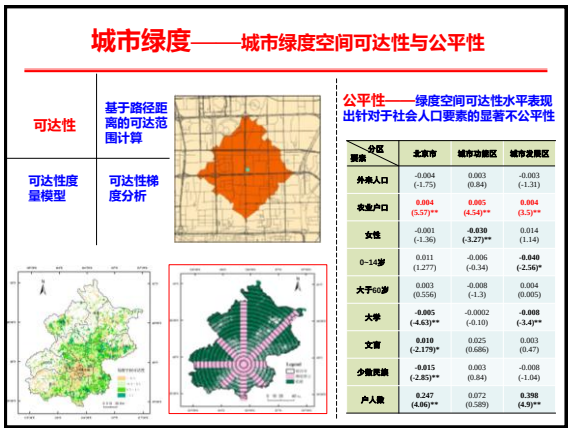
36



37

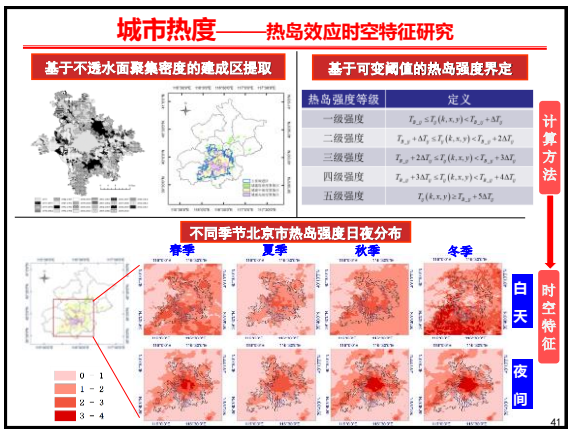


38

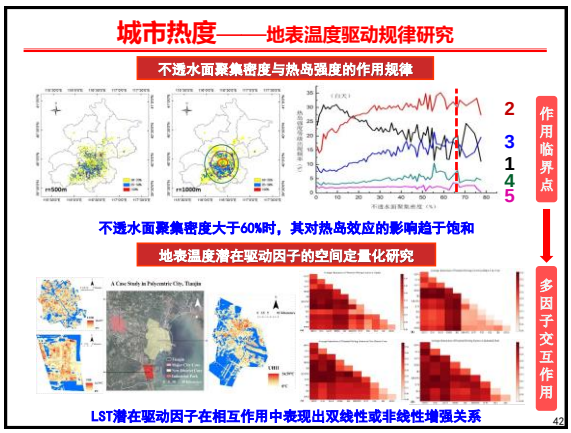


39

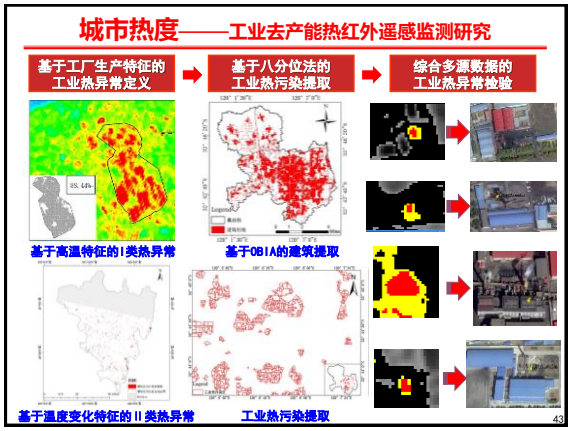
40



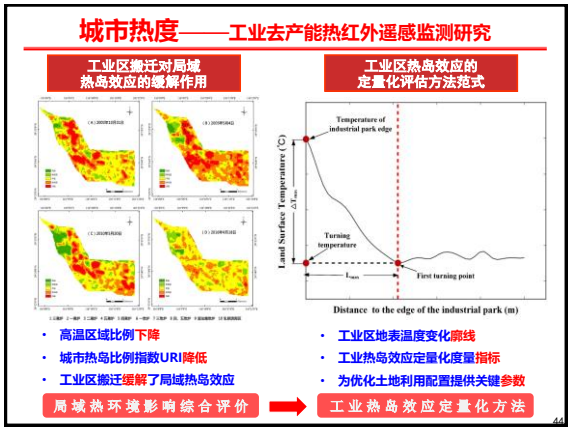
41



42

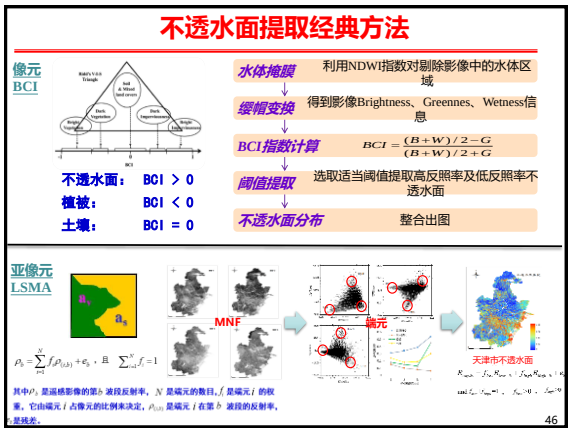


43

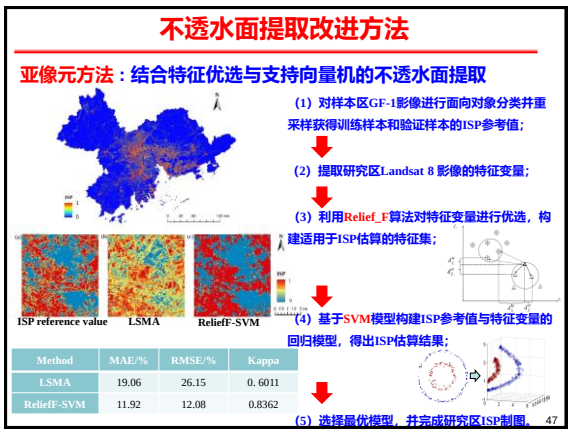


44

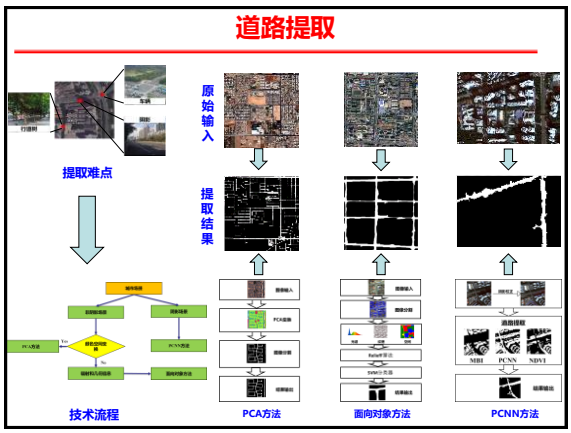
45



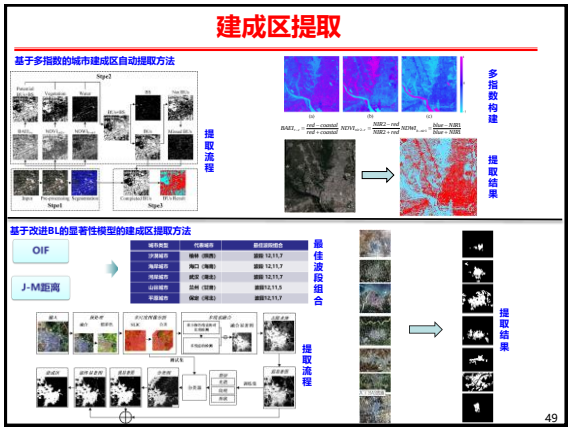
46



47

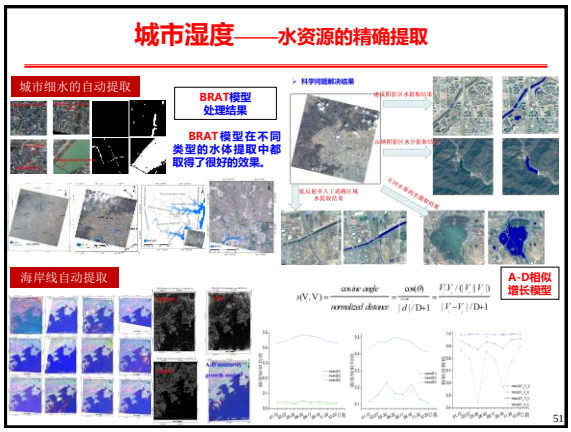


48

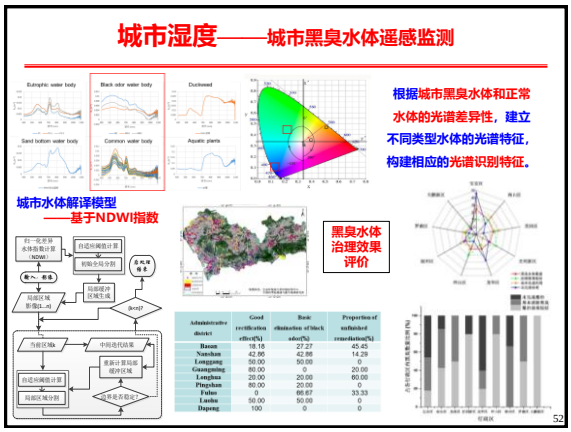


49

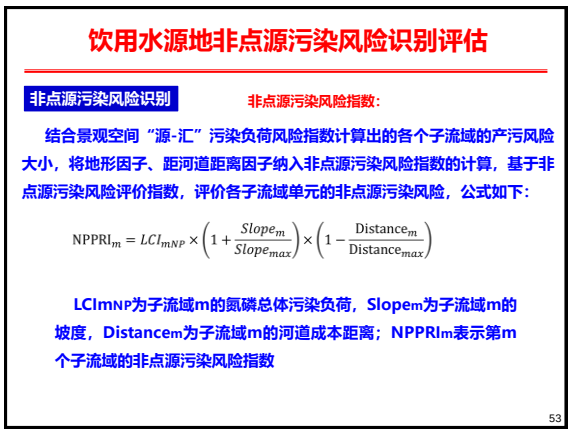
50



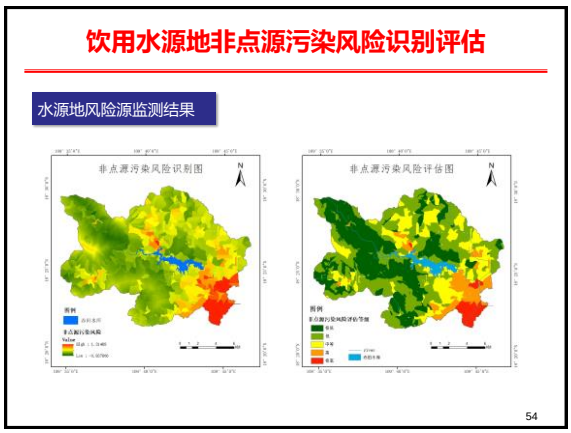
51



52



53



54

城市亮度

住房空置率

中国县域贫困测度

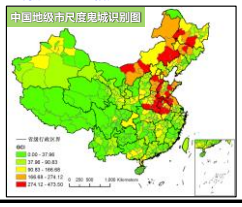
55

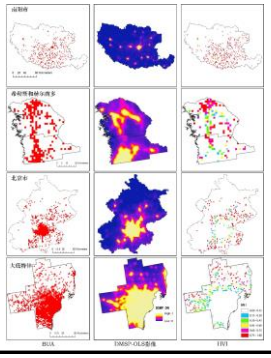
城市亮度——住房空置研究

- 基于空置房屋特点，设计提出房屋空置指数 (House Vacancy Index，HVI)，计算公式如下：

HVI=BUA*(1-OLSnor)

其中，BUA为二值的建成区影像，0 表示非建成区，1 表示建成区； OLSnor 是归一化为0 到1 之间的DMSP-OLS 影像





56

城市亮度——中国县域贫困测度

全局空间自相关

$$I=\frac{n\sum_i\sum_j w_{ij}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\sum_i\sum_j w_{ij}}$$

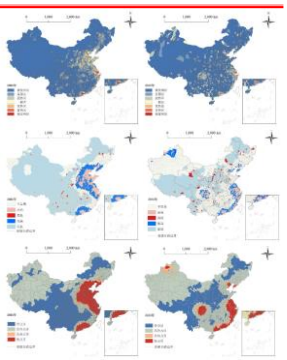
局部空间自相关

$$LISA_i=\frac{(x-\bar{x})}{(x_i-x_i)^2/n}\sum_j w_{ij}(x_i-\bar{x})$$

热点分析

$$G_i=\frac{\sum_j w_{ij}x_j}{\sum_j x_j}$$

我国的贫困富裕分布情况在空间上存在明显的集聚现象,且在胡焕庸线两侧差异明显。



57

城市宜居性

宜居性评价因子

宜居性空间分析

58

城市宜居度——评价因子

Landsat8数据

- 波谱范围：0.450-2.350μm
- 空间分辨率：30m
- 运行周期：16天

MODIS数据

- 波谱范围：10.4-12.5μm
- 空间分辨率：1km
- 运行周期：每天过境4次

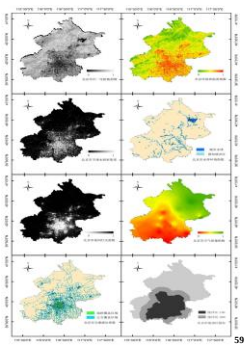
DMPS/OLS数据

- 波谱范围：0.4～1.1μm 10.0～13.4μm
- 空间分辨率：0.5km
- 运行周期：101min

探究北京城市不透水面、植被指数、水体指数空间分布特征

对北京市地区进行城市热环境分布及热岛强度的研究

对北京市地区进行长夜间灯光数据提取，将夜间灯光指数，作为人文方面的评价指标。



59

城市宜居度——人居环境适宜性空间分析

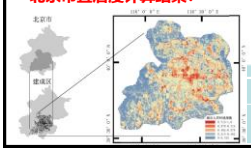
主成分转换

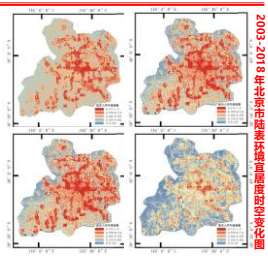
利用 GRID 模块中的 PRINCOMP 函数，对综合图进行主成分转换，求出相关矩阵的特征向量、特征值及主成分的方差贡献率、累积贡献率、因子载荷矩阵等，进行下一步计算。

权重计算

$$H_j=\sum_{j=1}^{m}\lambda_k^j\ (j=1,2,\cdots,17;k=1,2,\cdots m)$$

北京市宜居度计算结果：





2003-2018年北京市陆表环境宜居度时空变化图

北京市人居环境综合指数等级占比

	5级	4级	3级	2级	1级
评价等级指数	0.714-1.0	0.579-0.714	0.462-0.579	0.315-0.462	0-0.315
评价等级数量占比	6.8%	9.4%	20.1%	43.4%	20.3%

60

目　录

1. 课程背景及意义
2. 课程目标及内容
3. 课程教学大纲
4. 课程专题内容
5. 课程总体介绍

61

61

孟庆岩，博士生导师（mengqy@radi.ac.cn）

研究方向：
城市陆表环境遥感
地震红外遥感

- 曾任遥感与数字地球研究所所务助理，研究室主任
- 国家航天局航天遥感论证中心办公室主任
- 国家重大科技专项“高分辨率对地观测系统”应用系统总体论证组成员
- 2020年入选海南省“南海名家”育才计划
- 国家自然灾害空间基础设施专项“共性技术与灾害机理研究系统”论证专家组组长
- 国家生态保护红线监管平台项目专家委员会委员
- 中国城市科学研究会数字城市专业委员会副秘书长
- 中国地震台网中心客座研究员

- 科研项目：主持国家重大专项项目、国家科技支撑课题、欧盟第七框架项目、国家自然科学基金等项目30余项；
- 学术成果：已发表学术论文154篇，授权、实审专利48项，软件著作权16项，出版专著3部，其中《城市环境遥感》获第十届钱学森城市学金奖、国际学术论文专辑2部；
- 科技奖励：获省部级科技进步奖10项、工程金银奖3项；
- 同匈牙利、埃及、泰国、俄罗斯、保加利亚等十余个国家开展国际合作研究；
- 在中国科学院大学、中国地质大学（武汉）讲授课程《城市环境遥感》；

62

62

课 程 介 绍

课程开设在中国科学院大学电子电气与工程学院，课程为专业普及课，51学时，3学分；

适用专业：地图学与地理信息系统、摄影测量与遥感、自然地理学、环境科学、生态学等；

考试形式：课堂表现10%、课堂汇报30%、课堂开卷考试60%。

63

63

课 程 介 绍

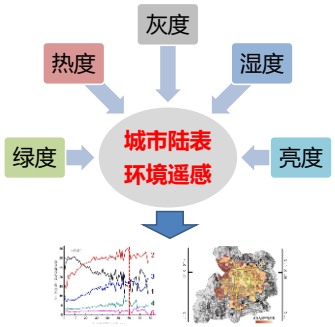
课程特色：

- 结合大量应用案例和卫星载荷特点授课；
- 课程内容将突出：有理论、有技术、有应用、遥感科学+技术+应用的完整链条；
- 强化知识性、实用性、趣味性和启发性；
- 为研究生科研选题提供应用业务需求牵引和技术解决方案；
- 实地参观学习，增加感性认识，了解业务实践流程。

64

64

研　究　体　系



作用机理　　宜居度评价

65

65

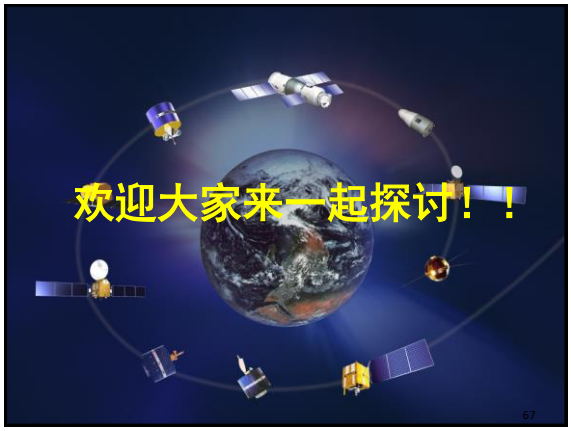
预 期 效 果

- 系统掌握国内外对地观测系统及其特性；
- 了解、掌握多领域遥感应用发展现状、遥感最新技术和业务需求；
- 掌握遥感科学与技术在城市建设各领域中的应用，学习相关应用技术方法；
- 在未来工作学习中可运用城市遥感专业知识、技术，解决实际问题。

希望同学们从中受益!!!

66

66



67