

中国测绘学会

全国十大科技创新人物推荐表

附件材料

姓 名 唐新明

工作单位 自然资源部国土卫星遥感应用中心

推荐单位 自然资源部国土卫星遥感应用中心

日 期 2019 年 7 月 19 日



## 附件目录

一、获奖和专利证明扫描件.....	1
二、主要期刊文章的首页扫描件.....	63
三、社会职务及荣誉称号证明扫描件.....	187
四、其他.....	195





# 一、获奖和专利证明扫描件

## 1. 获奖

序号	年份	题目	获奖人	奖项	级别	颁奖单位	证书号
1	1999	地图扫描数字化中等高线自动赋值的研究	唐新明 (序1)	测绘科技进步奖	三等奖	国家测绘局	国测科 1526 号
2	2005	空间数据自动综合技术及应用工程	唐新明	国家科技进步奖	二等奖	国务院	2005-J-210- 2-03-R05
3	2005	空间数据不确定性理论与方法	唐新明 (序4)	测绘科技进步奖	一等奖	中国测绘学会	2005-01-01- 04
4	2009	国产卫星遥感影像压缩质量评价技术及应用	唐新明	国土资源科学技术奖	二等奖	国土资源部	KJ2009-2-04 -R1
5	2010	时空数据挖掘关键技术与应用	唐新明	国家科技进步奖	二等奖	国务院	2010-J-252- 2-02-R02
6	2010	资源三号卫星数据压缩及验证系统	唐新明 (序1)	测绘科技进步奖	一等奖	中国测绘学会	2010-01-01- 07
7	2010	基础地理信息时空数据库技术	唐新明 (序1)	地理信息科技进步奖	一等奖	中国地理信息系统协会	2010-01-02
8	2011	海岛礁精确测量关键技术	唐新明 (序5)	测绘科技进步奖	二等奖	中国测绘学会	2011-01-02- 03
9	2012	全数字化土地资源评价关键技术与工程应用	唐新明	国家科技进步奖	二等奖	国务院	2012-J-252- 2-11-R03
10	2012	资源三号卫星测绘关键技术	唐新明 (序1)	测绘科技进步奖	特等奖	中国测绘学会	2012-01-02
11	2012	线阵推扫式传感器理论几何精度分析	唐新明 (序1)	高分辨率对地观测学术年会优秀论文		高分辨率对地观测学术年会学术委员会	
12	2013	国产民用高分辨率立体测图卫星测绘和应用关键技术	唐新明 (序1)	国家科技进步奖	一等奖	国务院	2013-J-2520 1-1-01-R01
13	2014	资源三号测绘卫星三线阵成像几何模型与精度初步验证	唐新明 (序1)	《测绘学报》 2014 年度优秀论文		测绘学报	
14	2014	资源三号测绘卫星三线阵成像几何模型与精度初步验证	唐新明 (序1)	2014 年度中国百篇最具影响优秀国内学术论文		中国科学技术信息研究院	
15	2014	国家级 1:5 万遥感影像控制点数据库关键技术及系统建设	唐新明 (序1)	测绘科技进步奖	特等奖	中国测绘地理信息学会	2014-01-00- 04

16	2016	美丽地球新视角	唐新明 (序 2)	优秀地图作品装 秀奖	金奖	中国测绘地 理信息学会	2016-02-01- 04
17	2016	卫星测绘遥感影像深度处理 与应用技术	唐新明 (序 1)	地理信息科技进 步奖	特等奖	中国测绘地 理信息学会	2016-00-01

# 测绘科技进步奖 证书

国测科 1526 号

为表彰在促进测绘科学技术进步工作中做出突出贡献者,特颁发测绘科技进步奖证书,以资鼓励。

获奖项目: 地图扫描数字化中等高线自动赋值的研究

奖励等级: 三等

获奖者: 唐新明(名次1)





# 国家科学技术进步奖 证书

为表彰国家科学技术进步奖获得者，  
特颁发此证书。

项目名称：空间数据自动综合技术及应用工程

奖励等级：二等

获奖者：唐新明



证书号：2005-J-210-2-03-R05











# 国家科学技术进步奖 证书

为表彰国家科学技术进步奖获得者，  
特颁发此证书。

项目名称：时空数据挖掘关键技术与应用

奖励等级：二等

获 奖 者：唐新明



证书号：2010-J-252-2-02-R02







## 地理信息科技进步奖

# 证书

项目名称：基础地理信息时空数据库技术

奖励等级：壹等奖

获 奖 者：唐新明 名次：序(1)



证书号：2010-01-02      2010年10月10日





# 国家科学技术进步奖 证 书

为表彰国家科学技术进步奖获得者，  
特颁发此证书。

项目名称：全数字化土地资源评价关键技术  
与工程应用

奖励等级：二等

获 奖 者：唐新明



证书号：2012-J-252-2-11-R03





# 荣誉证书

唐新明同志：

你的论文《线阵推扫式传感器理论几何精度分析》被评为高分辨率  
对地观测学术年会优秀论文，特颁此奖，以资鼓励。

高分辨率对地观测学术年会学术委员会主席：

王世恒

二〇一二年十二月



# 国家科学技术进步奖 证书

为表彰国家科学技术进步奖获得者，  
特颁发此证书。

项目名称：国产民用高分辨率立体测图卫星测  
绘和应用关键技术

获 奖 者：唐新明

奖励等级：一等



证书号：2013-J-25201-1-01-R01



# 获奖证书

唐新明 等同志：

经《测绘学报》编委会评选，您的论文《资源三号测绘卫星三线阵成像几何模型构建与精度初步验证》（作者：唐新明，张 过，祝小勇，潘红播，蒋永华，周 平，王 霞，郭 莉）被评为“Esri 中国杯”《测绘学报》2014 年度优秀论文。

特颁此证



2014 年 11 月 28 日







# 测绘科技进步奖 证书

为表彰测绘科技进步奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：国家级 1: 5 万遥感影像控制  
点数据库关键技术及系统建设

奖励等级：特等奖

获奖者：唐新明 名次：序(01)

证书号：2014-01-00-04 2014 年 12 月 1 日







## 地理信息科技进步奖

# 证书

项目名称：卫星测绘遥感影像深化处理与应用技术

奖励等级：特等奖

获奖单位：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心 名次：序(1)

证书号：2016-00-01



## 2. 专利

序号	专利名称	类型	申请日	申请号	授权日	专利号
1	一种星载 TDI CCD 相机在轨几何标定内业方法	国防专利	2012/2/7	201210010217.1	2014/7/16	ZL201210010217.1
2	一种星载 TDI CCD 相机在轨几何标定外业方法	国防专利	2012/2/7	201210010216.7		ZL201210010216.7
3	资源三号测绘卫星三线阵影像辐射和几何一体化模拟方法	国防专利	2012/5/25	201218001434.5	2015/4/1	ZL201218001434.5
4	资源三号测绘卫星多光谱影像辐射和几何一体化模拟方法	国防专利	2012/5/25	201218001435.X	2015/4/1	ZL201218001435.X
5	一种基于规则的通用空间数据质量检查的技术方法	发明专利	2009/1/20	200910005909.5	2011/12/28	ZL200910005909.5
6	一种基于规则的空间数据整合方法	发明专利	2009/1/20	200910005908.0	2011/5/11	ZL200910005908.0
7	知识库支持下的空间数据库设计系统和方法	发明专利	2009/1/20	200910005910.8	2011/6/8	ZL200910005910.8
8	延迟积分 CCD 相机在轨成像高精度数值模拟的积分方法	发明专利	2009/2/25	200910120429.3	2012/11/21	ZL200910120429.3
9	一种线阵推扫式光学卫星影像传感器校正方法	国防专利	2012/11/17	201218005472.8		ZL201218005472.8
10	一种光学卫星影像几何精纠正方法	国防专利	2012/11/17	201218005473.2		ZL201218005473.2
11	一种光学卫星影像系统几何校正方法	国防专利	2012/11/13	201218005474.7		ZL201218005474.7
12	一种基于有向环的星图识别方法	发明专利	2013/3/1	201310064949.3	2015/8/12	ZL201310064949.3
13	基于高精度配准控制点的卫星 CCD 阵列影像几何检校方法	发明专利	2013/3/1	201310064958.2	2015/7/8	ZL201310064958.2
14	一种基于由 DNA 算法优化的 UPF 算法的组合定姿方法	发明专利	2013/3/1	201310064940.2	2015/6/24	ZL201310064940.2
15	卫星靶标提取方法	发明专利	2012/11/28	201210492394.8	2015/11/25	ZL201210492394.8

16	基于 SPH 算法的洪水溃坝过程模拟方法与系统	发明专利	2012/4/18	201210113981.1	2015/3/25	ZL201210113981.1
17	低轨卫星影像仿真方法	发明专利	2012/11/28	201210492407.1	2015/04/22	ZL201210492407.1
18	矢量时空数据变化检测方法及其系统	发明专利	2012/6/25	201210208955.7	2015/3/25	ZL201210208955.7
19	高分辨率光学卫星正射纠正影像生成方法	发明专利	2012/11/28	201210492378.9	2015/11/25	ZL201210492378.9
20	一种适用于多核 CPU 的矢量数据并行绘制方法和装置	发明专利	2012/5/8	201210139268.4	2015/4/22	ZL201210139268.4
21	一种遥感影像在线正射纠正方法和系统	发明专利	2009/6/29	200910142524.3	2012/1/11	ZL200910142524.3
22	一种基于物方投影面的星载非共线 TDI CCD 影像拼接方法	发明专利	2013/7/31	201310326379.0	2015/7/8	ZL201310326379.0
23	基于地面控制的卫星长周期姿态误差修正方法	发明专利	2016/4/7	201610208310.1	2018/11/13	ZL201610208310.1
24	一种基于频域分析的卫星姿态模型构建方法	发明专利	2015/11/20	201510798994.0	2018/8/7	ZL201510798994.0
25	面向宽幅遥感影像的自动几何纠正方法	发明专利	2013/4/17	201310134429.5	2016/7/13	ZL201310134429.5
26	基于控制点影像数据库的卫星遥感图像快速几何纠正方法	发明专利	2013/4/17	201310134210.5	2016/5/25	ZL201310134210.5
27	多源异构遥感影像控制点自动采集方法	发明专利	2013/4/23	201310143369.3	2015/8/19	ZL201310143369.3
28	一种三线阵卫星影像区域网平差方法	发明专利	2014/1/20	201410025159.9	2015/12/9	ZL201410025159.9
29	基于星载激光测高数据的卫星影像立体区域网平差方法	发明专利	2015/4/21	201510191096.9	2018/3/16	ZL201510191096.9
30	一种分米级星载 TDI CCD 立体测绘相机成像仿真方法和系统	实用新型	2016/1/19	201610031601.8	2018/10/12	ZL201610031601.8
31	METHOD AND APPARATUS FOR SIMULATING DAM-BREAK, AND A COMPUTER READABLE STORAGE MEDIUM	国际专利	2015/5/14	PCT/CN2015/078988	2016/11/17	WO/2016/179840

32	多源影像控制点数据库构建及更新方法	发明专利	2013/6/5	201310221577.0	2016/8/10	ZL201310221577.0
33	遥感影像控制点数据智能检索方法	发明专利	2013/4/23	201310144047.0	2016/3/2	ZL201310144047.0
34	一种基于靶标点的卫星 CCD 阵列影像几何检校方法	发明专利	2015/4/24	201512002901.3	2017/10/17	ZL201 102002901.3
35	一种光学遥感卫星严密成像几何模型构建方法	发明专利	2015/4/24	201510201716.2	2017/7/18	ZL201510201716.2
36	低轨卫星平面和立体精度预估方法	发明专利	2014/4/4	201410134689.7	2019/4/19	ZL201410134689.7
37	对地观测激光测高卫星高程控制点自动提取方法和数据处理方法	发明专利	2015/12/7	201510888529.6	2019/1/18	ZL201510888529.6
38	一种光学遥感影像质量综合评价方法	发明专利	2013/10/14	201310145880.7	2016/3/11	ZL201310145880.7
39	一种资源三号卫星三线阵影像和多光谱影像的拼接方法	发明专利	2014/3/14	201410095059.3	2016/11/16	ZL 201410095059.3

## 国防专利申请受理通知书

根据国防专利条例第十条和中国专利法实施细则第三十九条规定,申请人提出的国防专利申请国防专利局予以受理。现将确定的申请号和申请日通知如下:

申请号: 201210010217.1

申请日: 2012-2-7

申请人: 国家测绘局卫星测绘应用中心

发明名称: 一种星载 TDI CCD 相机在轨几何定标内业方法

经核实确认国防专利局收到如下文件:

请求书	每份页数: 2 份数: 2	说明书摘要	每份页数: 1 份数: 2
摘要附图	每份页数: 1 份数: 2	权利要求书	每份页数: 3 份数: 2
说明书	每份页数: 11 份数: 2	说明书附图	每份页数: 1 份数: 2
费用减缓请求书	每份页数: 份数:	专利代理委托书	每份页数: 份数:

应缴纳费用: 3400 元

注意事项:

1.根据国防专利条例第十条第三款的规定,申请文件通过机要通信邮寄的,以寄出的邮戳日为申请日,若申请人发现上述申请日与机要通信邮寄申请文件之日不一致的,可在收到本通知书起两个月内向国防专利局受理处提交意见陈述书及机要文件交寄凭据,办理更正申请日手续。

2.申请人收到本通知书后,应当根据国防专利条例第三十四条和专利法实施细则第九十三条的规定,于2012年4月7日之前缴纳上述费用。

3.申请人向国防专利局办理各种手续时,应写明该申请号。

4.根据专利法实施细则第九十一条规定,申请人向国防专利局缴纳各种费用时,应写明该申请号以及缴纳的费用名称,未写明的视为未办理缴费手续。

5.专利申请收费标准:申请审查费3400元;一件专利申请的权利要求(包括独立权利要求和从属权利要求)数量超过十项的,从第十一项权利要求起,每项权利要求增收附加费150元;一件专利申请的说明书页数(包括附图页数)超过三十页的,从第三十一页起,每页增收附加费50元;超过三百页的,从三百零一页起,每页增收附加费100元。

6.缴费方式:以上费用可以直接向国防专利局缴纳,也可以通过邮局或银行汇付。邮局汇付的,请寄北京市海淀区阜成路26号中国人民解放军总装备部国防专利局受理处(100142);银行汇付的,请寄交户名:国防专利审查中心,开户银行:中国工商银行白塔寺支行,账号:0200291509200001338;汇款时应在汇单上注明申请号、费用名称、申请人。

7.寄给审查员个人的文件或汇款不具备法律效力。



审查员: 王庆华

发文日期: 2012-2-7

地址: 北京市海淀区阜成路26号国防专利局受理处

电话: 68354411

邮政编码: 100142



国防专利申请受理通知书

根据国防专利条例第十条和中国专利法实施细则第三十九条规定, 申请人提出的国防专利申请国防专利局予以受理。现将确定的申请号和申请日通知如下:

申请号: 201210010216.7

申请日: 2012-2-7

申请人: 国家测绘局卫星测绘应用中心

发明名称: 一种星载 TDI CCD 相机在轨几何定标外业方法

经核实确认国防专利局收到如下文件:

请求书	每份页数: 2 份数: 2	说明书摘要	每份页数: 1 份数: 2
摘要附图	每份页数: 1 份数: 2	权利要求书	每份页数: 3 份数: 2
说明书	每份页数: 21 份数: 2	说明书附图	每份页数: 2 份数: 2
费用减缓请求书	每份页数: 份数:	专利代理委托书	每份页数: 份数:

应缴纳费用: 3400 元

注意事项:

1.根据国防专利条例第十条第三款的规定, 申请文件通过机要通信邮寄的, 以寄出的邮戳日为申请日, 若申请人发现上述申请日与机要通信邮寄申请文件之日不一致的, 可在收到本通知书起两个月内向国防专利局受理处提交意见陈述书及机要文件交寄凭据, 办理更正申请日手续。

2.申请人收到本通知书后, 应当根据国防专利条例第三十四条和专利法实施细则第九十三条的规定, 于 2012 年 4 月 7 日之前缴纳上述费用。

3.申请人向国防专利局办理各种手续时, 应写明该申请号。

4.根据专利法实施细则第九十一条规定, 申请人向国防专利局缴纳各种费用时, 应写明该申请号以及缴纳的費用名称, 未写明的视为未办理缴费手续。

5.专利申请收费标准: 申请审查费 3400 元; 一件专利申请的权利要求 (包括独立权利要求和从属权利要求) 数量超过十项的, 从第十一项权利要求起, 每项权利要求增收附加费 150 元; 一件专利申请的说明书页数 (包括附图页数) 超过三十页的, 从第三十一页起, 每页增收附加费 50 元; 超过三百页的, 从三百零一页起, 每页增收附加费 100 元。

6.缴费方式: 以上费用可以直接向国防专利局缴纳, 也可以通过邮局或银行汇付。邮局汇付的, 请寄北京市海淀区阜成路 26 号中国人民解放军总装备部国防专利局受理处 (100142); 银行汇付的, 请寄交户名: 国防专利审查中心, 开户银行: 中国工商银行白塔寺支行, 账号: 0200291509200001338; 汇款时应在汇单上注明申请号、費用名称、申请人。

7.寄给审查员个人的文件或汇款不具备法律效力。



审查员: 王庆华

发文日期: 2012-2-7

地址: 北京市海淀区阜成路 26 号国防专利局受理处

电话: 66554411

邮政编码: 100142



## 国防专利申请受理通知书

根据国防专利条例第十条和中国专利法实施细则第三十九条规定,申请人提出的国防专利申请国防专利局予以受理。现将确定的申请号和申请日通知如下:

申请号: 201218001434.5

申请日: 2012-5-25

申请人: 国家测绘局卫星测绘应用中心

发明名称: 资源三号测绘卫星三线阵影像辐射和几何一体化模拟方法

经核实确认国防专利局收到如下文件:

请求书	每份页数: 2 份数: 2	说明书摘要	每份页数: 1 份数: 2
摘要附图	每份页数: 1 份数: 2	权利要求书	每份页数: 7 份数: 2
说明书	每份页数: 25 份数: 2	说明书附图	每份页数: 4 份数: 2
费用减缓请求书	每份页数: 份数:	专利代理委托书	每份页数: 份数:

应缴纳费用: 3400 元

注意事项:

1.根据国防专利条例第十条第三款的规定,申请文件通过机要通信邮寄的,以寄出的邮戳日为申请日,若申请人发现上述申请日与机要通信邮寄申请文件之日不一致的,可在收到本通知书起两个月内向国防专利局受理处提交意见陈述书及机要文件交寄凭据,办理更正申请日手续。

2.申请人收到本通知书后,应当根据国防专利条例第三十四条和专利法实施细则第九十三条的规定,于年7月25日之前缴纳上述费用。

3.申请人向国防专利局办理各种手续时,应写明该申请号。

4.根据专利法实施细则第九十一条规定,申请人向国防专利局缴纳各种费用时,应写明该申请号以及缴纳的费用名称,未写明的视为未办理缴费手续。

5.专利申请收费标准:申请审查费3400元;一件专利申请的权利要求(包括独立权利要求和从属权利要求)数量超过十项的,从第十一项权利要求起,每项权利要求增收附加费150元;一件专利申请的说明书页数(包括附图页数)超过三十页的,从第三十一页起,每页增收附加费50元;超过三百页的,从三百零一页起,每页增收附加费100元。

6.缴费方式:以上费用可以直接向国防专利局缴纳,也可以通过邮局或银行汇付。邮局汇付的,请寄北京市新街口外大街23号院西区办公楼国防专利审查中心(100082);银行汇付的,请寄交户名:国防专利审查中心,开户银行:中国工商银行白塔寺支行,账号:0200291509200001338;汇款时应在汇单上注明申请号、费用名称、申请人。

7.寄给审查员个人的文件或汇款不具备法律效力。

审查员:李九江



发文日期: 2012-5-25

地址:北京市新街口外大街23号院西区办公楼国防专利审查中心 电话:66782411 邮政编码: 100082

国防专利申请受理通知书

根据国防专利条例第十条和中国专利法实施细则第三十九条规定，申请人提出的国防专利申请国防专利局予以受理。现将确定的申请号和申请日通知如下：

申请号： 201218001435.X

申请日： 2012-5-25

申请人： 国家测绘局卫星测绘应用中心

发明名称： 资源三号测绘卫星多光谱影像辐射和几何一体化模拟方法

经核实确认国防专利局收到如下文件：

请求书	每份页数： 2 份数： 2	说明书摘要	每份页数： 1 份数： 2
摘要附图	每份页数： 1 份数： 2	权利要求书	每份页数： 8 份数： 2
说明书	每份页数： 27 份数： 2	说明书附图	每份页数： 3 份数： 2
费用减缓请求书	每份页数： 份数：	专利代理委托书	每份页数： 份数：

应缴纳费用： 3400 元

注意事项：

- 1.根据国防专利条例第十条第三款的规定，申请文件通过机要通信邮寄的，以寄出的邮戳日为申请日，若申请人发现上述申请日与机要通信邮寄申请文件之日不一致的，可在收到本通知书起两个月内向国防专利局受理处提交意见陈述书及机要文件交寄凭据，办理更正申请日手续。
- 2.申请人收到本通知书后，应当根据国防专利条例第三十四条和专利法实施细则第九十三条的规定，于年 7 月 25 日之前缴纳上述费用。
- 3.申请人向国防专利局办理各种手续时，应写明该申请号。
- 4.根据专利法实施细则第九十一条规定，申请人向国防专利局缴纳各种费用时，应写明该申请号以及缴纳的费用名称，未写明的视为未办理缴费手续。
- 5.专利申请收费标准：申请审查费 3400 元；一件专利申请的权利要求（包括独立权利要求和从属权利要求）数量超过十项的，从第十一项权利要求起，每项权利要求增收附加费 150 元；一件专利申请的说明书页数（包括附图页数）超过三十页的，从第三十一页起，每页增收附加费 50 元；超过三百页的，从三百零一页起，每页增收附加费 100 元。
- 6.缴费方式：以上费用可以直接向国防专利局缴纳，也可以通过邮局或银行汇付。邮局汇付的，请寄北京市新街口外大街 23 号院西区办公楼国防专利审查中心（100082）；银行汇付的，请寄交户名：国防专利审查中心，开户银行：中国工商银行白塔寺支行，账号：0200291509200001338；汇款时应在汇单上注明申请号、费用名称、申请人。
- 7.寄给审查员个人的文件或汇款不具备法律效力。

审查员：王路



发文日期：2012-5-25

地址：北京市新街口外大街 23 号院西区办公楼国防专利审查中心 电话：66782411 邮政编码： 100082

证书号第888502号



# 发明专利证书

发明名称：一种基于规则的通用空间数据质量检查的技术方法

发明人：雷兵;张继贤;唐新明;甘宇航;高小明;洪志刚

专利号：ZL 2009 1 0005909.5

专利申请日：2009年01月20日

专利权人：中国测绘科学研究院

授权公告日：2011年12月28日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年01月20日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长



第1页 (共1页)



证书号第 777341 号



# 发 明 专 利 证 书

发 明 名 称：一种基于规则的空间数据整合方法

发 明 人：雷兵;张继贤;唐新明;甘宇航;高小明;洪志刚

专 利 号：ZL 2009 1 0005908.0

专利申请日：2009 年 01 月 20 日

专 利 权 人：中国测绘科学研究院

授权公告日：2011 年 05 月 11 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 01 月 20 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长 田力普



证书号第 788845 号



# 发 明 专 利 证 书

发 明 名 称：知识库支持下的空间数据库设计系统和方法

发 明 人：雷兵;张继贤;唐新明;甘宇航;高小明;洪志刚

专 利 号：ZL 2009 1 0005910.8

专利申请日：2009 年 01 月 20 日

专 利 权 人：中国测绘科学研究院

授权公告日：2011 年 06 月 08 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 01 月 20 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

田力普



2011 年 06 月 08 日

国密第 13056 号



# 发明专利证书

发明名称：延迟积分 CCD 相机在轨成像高精度数值模拟的积分方法

发明人：甘甫平 尤淑撑 邱振戈 唐新明 范大昭 岳庆兴

张春玲 雷蓉 周强 于海洋

专利号：ZL 200910120429.3

专利申请日：2009 年 2 月 25 日

国防专利权人：中国国土资源航空物探遥感中心

授权公告日：2012 年 11 月 21 日

本发明经过国防专利局依照《中华人民共和国专利法》和《国防专利条例》进行审查，本局决定授予国防专利权，颁发本国防专利证书，同时在本局出版的专利公报上公告该国防专利的申请日、授权日和专利号。国防专利局在国防专利登记簿上予以登记。国防专利权自授权公告之日起生效。

本国防专利的保护期限为二十年，自申请日起算。国防专利权人应当依照《国防专利条例》规定缴纳年费。缴纳本国防专利年费的期限是每年 2 月 25 日前一个月内，未按规定缴纳年费的，国防专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

国防专利证书记载国防专利权登记时的法律状况。国防专利权的转让、继承、无效、终止和国防专利权人的姓名、地址变更等事项记载在国防专利登记簿上。本国防专利在保护期内解密后，由国防专利局报送本局转为普通专利。



局长 田力普



2012 年 11 月 21 日



国防专利申请受理通知书

根据国防专利条例第十条和中国专利法实施细则第三十九条规定, 申请人提出的国防专利申请国防专利局予以受理。现将确定的申请号和申请日通知如下:

申请号: 201218005472.8

申请日: 2012-11-13

申请人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

发明名称: 一种线阵推扫式光学卫星影像传感器校正方法

经核实确认国防专利局收到如下文件:

请求书	每份页数: 2 份数: 2	说明书摘要	每份页数: 1 份数: 2
摘要附图	每份页数: 1 份数: 2	权利要求书	每份页数: 2 份数: 2
说明书	每份页数: 17 份数: 2	说明书附图	每份页数: 2 份数: 2
费用减缓请求书	每份页数: 份数:	专利代理委托书	每份页数: 份数:

应缴纳费用: 3 400 元

注意事项:

- 1.根据国防专利条例第十条第三款的规定, 申请文件通过机要通信邮寄的, 以寄出的邮戳日为申请日, 若申请人发现上述申请日与机要通信邮寄申请文件之日不一致的, 可在收到本通知书起两个月内向国防专利局受理处提交意见陈述书及机要文件交寄凭据, 办理更正申请日手续。
- 2.申请人收到本通知书后, 应当根据国防专利条例第三十四条和专利法实施细则第九十三条的规定, 于 2013 年 1 月 13 日之前缴纳上述费用。
- 3.申请人向国防专利局办理各种手续时, 应写明该申请号。
- 4.根据专利法实施细则第九十一条规定, 申请人向国防专利局缴纳各种费用时, 应写明该申请号以及缴纳的费用名称, 未写明的视为未办理缴费手续。
- 5.专利申请收费标准: 申请审查费 3400 元; 一件专利申请的权利要求 (包括独立权利要求和从属权利要求) 数量超过十项的, 从第十一项权利要求起, 每项权利要求增收附加费 150 元; 一件专利申请的说明书页数 (包括附图页数) 超过三十页的, 从第三十一页起, 每页增收附加费 50 元; 超过三百页的, 从三百零一页起, 每页增收附加费 100 元。
- 6.缴费方式: 以上费用可以直接向国防专利局缴纳, 也可以通过邮局或银行汇付。邮局汇付的, 请寄北京市新街口外大街 23 号院西区办公楼国防专利审查中心 (100082); 银行汇付的, 请寄交户名: 国防专利审查中心, 开户银行: 中国工商银行白塔寺支行, 账号: 0200291509200001338; 汇款时应在汇单上注明申请号、费用名称、申请人。
- 7.寄给审查员个人的文件或汇款不具备法律效力。



审查员: 白宏培

发文日期: 2012-11-13

地址: 北京市新街口外大街 23 号院西区办公楼国防专利审查中心 电话: 66782411 邮政编码: 100082

国防专利申请受理通知书

根据国防专利条例第十条和中国专利法实施细则第三十九条规定，申请人提出的国防专利申请国防专利局予以受理。现将确定的申请号和申请日通知如下：

申请号： 201218005473.2  
申请日： 2012-11-13  
申请人： 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心  
发明名称： 一种光学卫星影像几何精纠正方法

经核实确认国防专利局收到如下文件：

请求书	每份页数：2 份数：2	说明书摘要	每份页数：1 份数：2
摘要附图	每份页数：1 份数：2	权利要求书	每份页数：7 份数：2
说明书	每份页数：24 份数：2	说明书附图	每份页数：4 份数：2
费用减缓请求书	每份页数： 份数：	专利代理委托书	每份页数： 份数：

应缴纳费用： 3 400 元

注意事项：

1.根据国防专利条例第十条第三款的规定，申请文件通过机要通信邮寄的，以寄出的邮戳日为申请日，若申请人发现上述申请日与机要通信邮寄申请文件之日不一致的，可在收到本通知书起两个月内向国防专利局受理处提交意见陈述书及机要文件交寄凭据，办理更正申请日手续。

2.申请人收到本通知书后，应当根据国防专利条例第三十四条和专利法实施细则第九十三条的规定，于 2013 年 1 月 13 日之前缴纳上述费用。

3.申请人向国防专利局办理各种手续时，应写明该申请号。

4.根据专利法实施细则第九十一条规定，申请人向国防专利局缴纳各种费用时，应写明该申请号以及缴纳的费用名称，未写明的视为未办理缴费手续。

5.专利申请收费标准：申请审查费 3400 元；一件专利申请的权利要求（包括独立权利要求和从属权利要求）数量超过十项的，从第十一项权利要求起，每项权利要求增收附加费 150 元；一件专利申请的说明书页数（包括附图页数）超过三十页的，从第三十一页起，每页增收附加费 50 元；超过三百页的，从三百零一页起，每页增收附加费 100 元。

6.缴费方式：以上费用可以直接向国防专利局缴纳，也可以通过邮局或银行汇付。邮局汇付的，请寄北京市新街口外大街 23 号院西区办公楼国防专利审查中心（100082）；银行汇付的，请寄交户名：国防专利审查中心，开户银行：中国工商银行白塔寺支行，账号：0200291509200001338；汇款时应在汇单上注明申请号、费用名称、申请人。

7.寄给审查员个人的文件或汇款不具备法律效力。



审查员：白宏培

发文日期：2012-11-13

地址：北京市新街口外大街 23 号院西区办公楼国防专利审查中心 电话：66782411 邮政编码： 100082



## 国防专利申请受理通知书

根据国防专利条例第十条和中国专利法实施细则第三十九条规定,申请人提出的国防专利申请国防专利局予以受理。现将确定的申请号和申请日通知如下:

申请号: 201218005474.7

申请日: 2012-11-13

申请人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

发明名称: 一种光学卫星影像系统几何校正方法

经核实确认国防专利局收到如下文件:

请求书	每份页数: 2 份数: 2	说明书摘要	每份页数: 1 份数: 2
摘要附图	每份页数: 1 份数: 2	权利要求书	每份页数: 2 份数: 2
说明书	每份页数: 14 份数: 2	说明书附图	每份页数: 2 份数: 2
费用减缓请求书	每份页数: 份数:	专利代理委托书	每份页数: 份数:

应缴纳费用: 3400 元

注意事项:

1.根据国防专利条例第十条第三款的规定,申请文件通过机要通信邮寄的,以寄出的邮戳日为申请日,若申请人发现上述申请日与机要通信邮寄申请文件之日不一致的,可在收到本通知书起两个月内向国防专利局受理处提交意见陈述书及机要文件交寄凭据,办理更正申请日手续。

2.申请人收到本通知书后,应当根据国防专利条例第三十四条和专利法实施细则第九十三条的规定,于2013年1月13日之前缴纳上述费用。

3.申请人向国防专利局办理各种手续时,应写明该申请号。

4.根据专利法实施细则第九十一条规定,申请人向国防专利局缴纳各种费用时,应写明该申请号以及缴纳的费用名称,未写明的视为未办理缴费手续。

5.专利申请收费标准:申请审查费3400元;一件专利申请的权利要求(包括独立权利要求和从属权利要求)数量超过十项的,从第十一项权利要求起,每项权利要求增收附加费150元;一件专利申请的说明书页数(包括附图页数)超过三十页的,从第三十一页起,每页增收附加费50元;超过三百页的,从三百零一页起,每页增收附加费100元。

6.缴费方式:以上费用可以直接向国防专利局缴纳,也可以通过邮局或银行汇付。邮局汇付的,请寄北京市新街口外大街23号院西区办公楼国防专利审查中心(100082);银行汇付的,请寄交户名:国防专利审查中心,开户银行:中国工商银行白塔寺支行,账号:0200291509200001338;汇款时应在汇单上注明申请号、费用名称、申请人。

7.寄给审查员个人的文件或汇款不具备法律效力。



审查员: 白宏培

发文日期: 2012-11-13

地址: 北京市新街口外大街23号院西区办公楼国防专利审查中心

电话: 66782411

邮政编码: 100082



# 中华人民共和国国家知识产权局

100088

北京市海淀区花园路 13 号美廉美西楼 3 层 301 室  
罗盛

发文日:

2013 年 03 月 01 日



申请号: 201310064949.3

发文序号: 2013030100623470

## 专 利 申 请 受 理 通 知 书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 201310064949.3

申请日: 2013 年 03 月 01 日

申请人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

发明创造名称: 一种基于有向环的星图识别方法

经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

发明专利请求书 1 份 2 页; 说明书摘要 1 份 1 页;

摘要附图 1 份 1 页; 权利要求书 1 份 6 页 8 项;

说明书 1 份 25 页; 说明书附图 1 份 3 页;

实质审查请求书 1 份 1 页;

### 提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审 查 员: 陈芳芳

审查部门: 专利局初审及流程管理部

联系电话: 62088875

代理机构卷宗号:



200101  
2010.2

纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收  
电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



# 中华人民共和国国家知识产权局

序号 13

100088

北京市海淀区花园路 13 号美康美西楼 3 层 301 室  
罗盛

发文日:

2013 年 03 月 01 日



申请号: 201310064958.2

发文序号: 2013030100636830

## 专 利 申 请 受 理 通 知 书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 201310064958.2

申请日: 2013 年 03 月 01 日

申请人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

发明创造名称: 基于高精度配准控制点的卫星 CCD 阵列影像几何检校方法

经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

发明专利请求书 1 份 2 页; 说明书摘要 1 份 1 页;

摘要附图 1 份 1 页; 权利要求书 1 份 7 页 2 项;

说明书 1 份 19 页; 说明书附图 1 份 2 页;

实质审查请求书 1 份 1 页;

### 提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审 查 员: 陈芳芳

审查部门: 专利局初审及流程管理部

联系电话: 62088875

代理机构卷宗号:



200101  
2010.2

纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收  
电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件, 除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



中华人民共和国国家知识产权局

100088

北京市海淀区花园路 13 号美廉美西楼 3 层 301 室  
罗盛

发文日:

2013 年 03 月 01 日



申请号: 201310064940.2

发文序号: 2013030100614970

专 利 申 请 受 理 通 知 书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 201310064940.2  
申请日: 2013 年 03 月 01 日  
申请人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心  
发明创造名称: 一种基于由 DNA 算法优化的 UPF 算法的组合定姿方法  
经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:  
发明专利请求书 1 份 2 页; 说明书摘要 1 份 1 页;  
摘要附图 1 份 1 页; 权利要求书 1 份 6 页 5 项;  
说明书 1 份 14 页; 说明书附图 1 份 1 页;  
实质审查请求书 1 份 1 页;

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审 查 员: 陈芳芳

审查部门: 专利局初审及流程管理部

联系电话: 62088875

代理机构卷宗号:



200101 纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收  
2010.2 电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件, 除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



# 中华人民共和国国家知识产权局

100088

北京市海淀区花园路 13 号美康美西楼 3 层 301 室  
罗盛

发文日:

2012 年 11 月 28 日



申请号: 201210492394.8

发文序号: 2012112800632520

## 专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 201210492394.8

申请日: 2012 年 11 月 28 日

申请人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

发明创造名称: 卫星靶标提取方法

经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

发明专利请求书 1 份 2 页; 说明书摘要 1 份 1 页;

摘要附图 1 份 1 页; 权利要求书 1 份 3 页 6 项;

说明书 1 份 8 页; 说明书附图 1 份 3 页;

实质审查请求书 1 份 1 页;

### 提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。

2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 章洁桦

审查部门: 专利局初审及流程管理部

联系电话: 010-62088874

代理机构卷宗号:



200101  
2010.2

纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收  
电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



证书号第 1611043 号



# 发明专利证书

发 明 名 称: 基于 SPH 算法的洪水溃坝过程仿真方法与仿真系统

发 明 人: 唐新明;汪汇兵;欧阳斯达;李忠;叶芳宏

专 利 号: ZL 2012 1 0113981.1

专利申请日: 2012 年 04 月 18 日

专 利 权 人: 国家测绘局卫星测绘应用中心

授权公告日: 2015 年 03 月 25 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查,决定授予专利权,颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年,自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 18 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的,专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移,质押,无效,终止,恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)

证书号第 1642054 号



# 发明专利证书

发明名称: 低轨卫星影像仿真方法

发明人: 唐新明; 张过; 黄文超; 方辰; 邱振戈; 高小明; 邱双双  
岳庆兴

专利号: ZL 2012 1 0492407.1

专利申请日: 2012 年 11 月 28 日

专利权人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日: 2015 年 04 月 22 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查, 决定授予专利权, 颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年, 自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 11 月 28 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的, 专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。

局长  
申长雨

第 1 页 (共 1 页)

证书号第 1610318 号



# 发 明 专 利 证 书

发 明 名 称: 矢量时空数据变化检测方法及其系统

发 明 人: 唐新明;史绍雨;汪汇兵;甄涛;欧阳斯达

专 利 号: ZL 2012 1 0208955.7

专利申请日: 2012 年 06 月 25 日

专 利 权 人: 国家测绘局卫星测绘应用中心

授权公告日: 2015 年 03 月 25 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查,决定授予专利权,颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年,自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 06 月 25 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的,专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨







100088

北京市海淀区花园路 13 号美康美西楼 3 层 301 室  
罗盛

发文日:

2012 年 11 月 28 日



申请号: 201210492378.9

发文序号: 2012112800632020

### 专 利 申 请 受 理 通 知 书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 201210492378.9

申请日: 2012 年 11 月 28 日

申请人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

发明创造名称: 高分辨率光学卫星正射纠正影像生成方法

经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

发明专利请求书 1 份 2 页; 说明书摘要 1 份 1 页;

摘要附图 1 份 1 页; 权利要求书 1 份 2 页 5 项;

说明书 1 份 14 页; 说明书附图 1 份 1 页;

实质审查请求书 1 份 1 页;

#### 提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审 查 员: 章洁桦

审查部门: 专利局初审及流程管理部

联系电话: 010-62088874

代理机构卷宗号:



200101  
2010. 2

纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收  
电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



证书号第 1642422 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：一种适用于多核 CPU 的矢量数据并行绘制方法和装置

发 明 人：唐新明;汪汇兵;王怀;何昭宁;信晟

专 利 号：ZL 2012 1 0139268.4

专利申请日：2012 年 05 月 08 日

专 利 权 人：国家测绘局卫星测绘应用中心

授权公告日：2015 年 04 月 22 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 05 月 08 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



证书号第 893724 号



# 发 明 专 利 证 书

发 明 名 称：一种遥感影像在线正射纠正方法和系统

发 明 人：唐新明;王华斌;李参海;吴岚;田娇娇;王光辉

专 利 号：ZL 2009 1 0142524.3

专利申请日：2009 年 06 月 29 日

专 利 权 人：中国测绘科学研究院

授权公告日：2012 年 01 月 11 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 06 月 29 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

田力普



2012 年 01 月 11 日

第 1 页 (共 1 页)

证书号第 1722129 号



# 发 明 专 利 证 书

发 明 名 称：一种基于物方投影面的星载非共线 TDI CCD 影像拼接方法

发 明 人：唐新明;胡芬;高小明;王密;张过;金淑英;薛玉彩

专 利 号：ZL 2013 1 0326379.0

专利申请日：2013 年 07 月 31 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2015 年 07 月 08 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 07 月 31 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨





证书号第 3145680 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：基于地面控制的卫星长周期姿态误差修正方法

发 明 人：唐新明；谢俊峰；江万寿；丁一帆；艾海滨；莫凡

专 利 号：ZL 2016 1 0208310.1

专利申请日：2016 年 04 月 07 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

地 址：101300 北京市海淀区莲花池西路 28 号

授权公告日：2018 年 11 月 13 日

授权公告号：CN 105910607 B

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 07 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)



证书号第 3023674 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：一种基于频域分析的卫星姿态模型构建方法

发 明 人：谢俊峰;唐新明;莫凡;付兴科;范大昭;高小明;唐洪钊  
祝小勇;窦显辉;申二华

专 利 号：ZL 2015 1 0798994.0

专利申请日：2015 年 11 月 20 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

地 址：100048 北京市海淀区百胜村一号院

授权公告日：2018 年 08 月 07 日

授权公告号：CN 105371851 B

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 11 月 20 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



证书号第 2146466 号



# 发 明 专 利 证 书

发 明 名 称：面向宽幅遥感影像的自动几何纠正方法

发 明 人：王华斌;李国元;唐新明;张本奎;王雪锋;祝小勇

专 利 号：ZL 2013 1 0134429.5

专利申请日：2013 年 04 月 17 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2016 年 07 月 13 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 17 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)

证书号第2082872号



# 发明专利证书

发明名称：基于控制点影像数据库的卫星遥感图像快速几何纠正方法

发明人：唐新明;李国元;王华斌;王雪峰;王伶俐;张过

专利号：ZL 2013 1 0134210.5

专利申请日：2013年04月17日

专利权人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2016年05月25日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年04月17日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况，专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨





证书号第 1759943 号



# 发 明 专 利 证 书

发 明 名 称：多源异构遥感影像控制点自动采集方法

发 明 人：唐新明;王光辉;王伶俐;王华斌;李参海;樊文峰

专 利 号：ZL 2013 1 0143369.3

专利申请日：2013 年 04 月 23 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2015 年 08 月 19 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 23 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)



证书号第 1874216 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：一种三线阵卫星影像区域网平差方法

发 明 人：张过;唐新明;汪韬阳;高小明;潘红播;王霞;胡芬

专 利 号：ZL 2014 1 0025159.9

专利申请日：2014 年 01 月 20 日

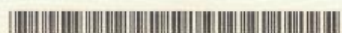
专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2015 年 12 月 09 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 01 月 20 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



C14P6983

证书号第 2848503 号



# 发明专利证书

发明名称：基于星载激光测高数据的卫星影像立体区域网平差方法

发明人：唐新明;李国元;王华斌;张重阳;高小明;崔成玲

专利号：ZL 2015 1 0191096.9

专利申请日：2015 年 04 月 21 日

专利权人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2018 年 03 月 16 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 21 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



证书号第 3106227 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：一种分米级星载 TDI CCD 立体测绘相机成像仿真方法和系统

发 明 人：高小明;岳庆兴;唐新明;李国元;王怀;李涛;陈乾福  
陈继溢;薛玉彩;胡芬;谢金华

专 利 号：ZL 2016 1 0031601.8

专利申请日：2016 年 01 月 19 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

地 址：101300 北京市海淀区莲花池西路 28 号

授权公告日：2018 年 10 月 12 日

授权公告号：CN 105528500 B

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 01 月 19 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)

## (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局(43) 国际公布日  
2016 年 11 月 17 日 (17.11.2016) WIPO | PCT(10) 国际公布号  
WO 2016/179840 A1

- (51) 国际专利分类号:  
G06F 17/50 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/078988
- (22) 国际申请日: 2015 年 5 月 14 日 (14.05.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心 (SATELLITE SURVEYING AND MAPPING APPLICATION CENTER(SASMAG), NATIONAL ADMINISTRATION OF SURVEYING, MAPPING AND GEOINFORMATION OF CHINA(NASG)) [CN/CN]; 中国北京市顺义区机场东路国家地理信息科技产业园, Beijing 101300 (CN)。 澳大利亚联邦科学与工业研究组织 (COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION (CSIRO)) [AU/AU]; 澳大利亚维多利亚州墨尔本克莱顿区诺曼比路 5 号门, Victoria 3169 (AU)。
- (72) 发明人: 唐新明 (TANG, Xinming); 中国北京市顺义区机场东路国家地理信息科技产业园, Beijing 101300 (CN)。 汪汇兵 (WANG, Huibing); 中国北京市顺义区机场东路国家地理信息科技产业园, Beijing 101300 (CN)。 欧阳斯达 (OUYANG, Sida); 中国北京市顺义区机场东路国家地理信息科技产业园, Beijing 101300 (CN)。 叶芳宏 (YE, Fanghong); 中国北京市顺义区机场东路国家地理信息科技产业园, Beijing 101300 (CN)。 克利·保罗 (CLEARY, Paul); 中国北京市顺义区机场东路国家地理信息科技产业园, Beijing 101300 (CN)。 普拉卡什·马哈斯 (PRAKASH, Mahesh); 中国北京市顺义区机场东路国家地理信息科技产业园, Beijing 101300 (CN)。
- (74) 代理人: 北京安信方达知识产权代理有限公司 (AFD CHINA INTELLECTUAL PROPERTY LAW OFFICE); 中国北京市海淀区学清路 8 号 B 座 1601A, Beijing 100192 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

[见续页]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR SIMULATING DAM-BREAK, AND A COMPUTER READABLE STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 一种模拟溃坝的方法和装置以及计算机可读存储介质

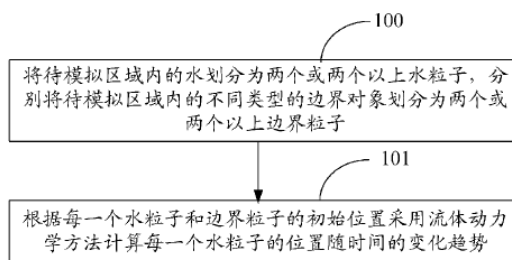


图 1

100 Dividing water in an area to be simulated into two or more water particles, and respectively dividing different types of boundary objects in the area to be simulated into two or more boundary particles

101 Using a fluid dynamics method to calculate a trend of a position of each water particle changing with time according to an initial position of each water particle and boundary particle

(57) Abstract: A method and apparatus for simulating dam-break, and a computer readable storage medium. The method comprises: dividing water in an area to be simulated into two or more water particles, and respectively dividing different types of boundary objects in the area to be simulated into two or more boundary particles (100); and using a fluid dynamics method to calculate a trend of a position of each water particle changing with time according to an initial position of each water particle and boundary particle (101).

(57) 摘要: 一种模拟溃坝的方法和装置以及计算机可读存储介质, 包括: 将待模拟区域内的水划分为两个或两个以上水粒子, 分别将待模拟区域内的不同类型的边界对象划分为两个或两个以上边界粒子 (100); 根据每一个水粒子和边界粒子的初始位置采用流体动力学方法计算每一个水粒子的位置随时间的变化趋势 (101)。

WO 2016/179840 A1



- NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO,
- 根据细则 4.17 的声明:  
— 发明人资格 (细则 4.17(iv))
- 本国际公布:  
— 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。



证书号第2162511号



# 发明专利证书

发明名称：多源控制点影像数据库构建及更新方法

发明人：唐新明;李参海;王华斌;王伶俐;王光辉;王鸿燕

专利号：ZL 2013 1 0221577.0

专利申请日：2013年06月05日

专利权人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2016年08月10日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年06月05日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第1页(共1页)

证书号第 1974768 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：遥感影像控制点数据智能检索方法

发 明 人：王华斌;王光辉;唐新明;李参海;李国元;高小明

专 利 号：ZL 2013 1 0144047.0

专利申请日：2013 年 04 月 23 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2016 年 03 月 02 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 23 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)

证书号第2657552号



# 发明专利证书

发明名称：一种基于靶标控制点的卫星 CCD 阵列影像几何检校方法

发明人：唐新明;祝小勇;付兴科;高小明;唐洪钊;周平

专利号：ZL 2015 1 0202901.3

专利申请日：2015 年 04 月 24 日

专利权人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2017 年 10 月 17 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 24 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)



证书号第 2557101 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：一种光学遥感卫星严密成像几何模型构建方法

发 明 人：唐新明;祝小勇;付兴科;高小明;谢俊峰;周平

专 利 号：ZL 2015 1 0201716.2

专利申请日：2015 年 04 月 24 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2017 年 07 月 18 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 24 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)



证书号第3342734号



# 发明专利证书

发明名称：低轨卫星平面和立体精度预估方法

发明人：唐新明;张过;黄文超;江万寿;吴晓良;胡芬;谢金华;方辰  
邱双双

专利号：ZL 2014 1 0134689.7

专利申请日：2014年04月04日

专利权人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

地址：101300 北京市顺义区机场东路国家地理信息科技产业园1  
区3号楼

授权公告日：2019年04月19日

授权公告号：CN 103868531 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第1页(共2页)

其他事项参见背面

C14P6P84

证书号第 3223471 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：对地观测激光测高卫星高程控制点自动提取方法和数据处理方法

发 明 人：唐新明;李国元;高小明;常晓涛;黄朝围;张重阳;陈继溢  
崔成玲;胡芬

专 利 号：ZL 2015 1 0888529.6

专利申请日：2015 年 12 月 07 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

地 址：100830 北京市海淀区莲花池西路 28 号中国测绘大厦

授权公告日：2019 年 01 月 18 日

授权公告号：CN 105550639 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见背面

证书号第 2011429 号



# 发明专利证书

发 明 名 称：一种光学遥感影像质量综合评价方法

发 明 人：唐新明;赵世湖;付兴科;王霞;窦显辉

专 利 号：ZL 2013 1 0145880.7

专利申请日：2013 年 04 月 24 日

专 利 权 人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2016 年 04 月 06 日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年 04 月 24 日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 1 页)



证书号第2364528号



## 发明专利证书

发明名称：一种资源三号卫星三线阵影像和多光谱影像的拼接方法

发明人：张过；唐新明；蒋永华；高小明；祝小勇；胡芬；方辰；邓明军

专利号：ZL 2014 1 0095059.3

专利申请日：2014年03月14日

专利权人：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心

授权公告日：2017年02月01日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年03月14日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长  
申长雨

申长雨



第1页(共1页)





## 二、主要期刊文章的首页扫描件

序号	作者	论文名称	期刊名称	检索类型	备注
2019					
1	唐新明, 谢俊峰, 高小明	The In-Orbit Calibration Method Based on Terrain Matching With Pyramid-Search for the Spaceborne Laser Altimeter	IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing	SCI	
2	林瑶瑶, 唐新明, 薛玉彩等	JPEG 2000 编码参数对遥感影像压缩质量的影响	地理信息世界		
3	权学烽, 唐新明, 李国元等	卫星激光测高数据土地覆盖分类应用研究进展	遥感信息		
4	翟浩然, 唐新明, 王光辉等	中国超大城市不透水面扩张对对流层 NO2 柱浓度的影响	环境科学学报		
5	唐新明, 李国元	陆海激光卫星高程测量的思考	上海航天		
2018					
1	谢俊峰, 唐新明, 王潇等	In-orbit Geometric Calibration and Experimental Verification of the ZY3-02 Laser Altimeter	Photogrammetric Record	SCI	
2	唐新明, 胡芬	卫星测绘发展现状与趋势	航天返回与遥感		
3	周平, 唐新明, 郭莉	DEM generation using ZiYuan-3 mapping satellite imagery without ground control points	International Journal of Remote Sensing	SCI	
4	邢丽玮, 牛振国, 王华斌, 唐新明 (通讯)	基于优选特征及月合成 Landsat 数据湿地提取研究	地理与地理信息科学		
5	翟浩然, 唐新明, 王光辉	Characteristic analyses, simulations and predictions of land use in poor mountainous cities: a case study in the central area of Chengde County, China	Environmental Earth Sciences	SCI	
6	周平, 唐新明, 王甄铭等	SRTM Assisted Block Adjustment for Stereo Push-broom Imagery	Photogrammetric Record	SCI	
7	周平, 唐新明, 王霞等	国产推扫式测图卫星影像几何精度评估模型	武汉大学学报. 信息科学版	EI	

8	吕冠南, 唐新明, 艾波等	稀少控制的多平台星载 SAR 联合几何定标方法	测绘学报	EI	
9	张祥, 唐新明, 高小明	Multitemporal Soil Moisture Retrieval over Bare Agricultural Areas by Means of Alpha Model with Multisensor SAR Data	Advances in Meteorology	SCI	
10	李国元, 唐新明	资源三号 02 星激光测高精度分析与验证	测绘学报	EI	
11	李国元, 唐新明, 高小明等	Integration of ZY3-02 Satellite Laser Altimetry Data and Stereo Images for High-Accuracy Mapping	Photogrammetric Engineering and Remote Sensing	SCI	
12	李国元, 唐新明, 赵严铭	距离门宽度对单光子激光测高卫星探测概率及测距精度的影响	测绘学报	EI	
13	朱红, 唐新明, 谢俊峰	Spatio-Temporal Super-Resolution Reconstruction of Remote-Sensing Images Based on Adaptive Multi-Scale Detail Enhancement	Sensors	SCI	
14	唐新明, 陈继溢, 李国元等	资源三号 0 2 星激光测高误差分析与指向角粗标定	武汉大学学报·信息科学版	EI	
15	唐新明, 李涛, 高小明等	雷达卫星自动成图的精密干涉测量关键技术	测绘学报	EI	
16	王之栋, 唐新明, 李涛	InSAR 时空基线对 DEM 精度的影响分析	测绘通报		
2017					
1	谢俊峰, 唐新明, 莫凡	ZY3-02 Laser Altimeter Footprint Geolocation Prediction Method	Sensors	SCI	
2	周平, 唐新明, 王甄铭	Vertical Accuracy Effect Verification for Satellite Imagery With Different GCPs	IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters	SCI	
3	李国元, 唐新明, 樊文锋	基于地面探测器的星载激光测高仪在轨几何定标	红外与激光工程	EI	
4	谢俊峰, 唐新明, 莫凡	资源三号国产星敏感器事后定姿方案设计 with 系统实现	武汉大学学报 (信息科学版)	EI	
5	唐新明, 谢俊峰, 付兴科	资源三号 02 星激光测高仪在轨几何检校与试验验证	测绘学报	EI	
6	唐新明, 谢俊峰, 莫凡	资源三号 02 星激光测高仪足印位置预报方法	测绘学报	EI	
7	唐新明, 王鸿燕, 祝小勇	资源三号卫星测绘技术与应用	测绘学报	EI	
8	李涛, 唐新明, 高小明等	星载 InSAR 在地形测绘中的误差来源分析	测绘通报		
9	唐新明, 李国元	激光测高卫星的发展与展望	国际太空		

10	李国元,唐新明,高小明等	多准则约束的 ICESat_GLAS 高程控制点筛选	遥感学报	EI	
11	李国元,唐新明,樊文锋等	基于地面探测器的星载激光测高仪在轨几何定标	红外与激光工程	EI	
12	李国元,唐新明,周平等	Pointing Angle Calibration of ZY3-02 Satellite Laser Altimeter Using Terrain Matching	ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	EI	
13	李国元,唐新明,高小明等	Vertical Accuracy Assessment Of ZY-3 Digital Surface Model Using ICESat Laser Altimeter Data	ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	EI	
14	徐德政,唐新明,祝小勇等	基于 HSI 色彩空间的资源三号影像阴影检测	测绘与空间地理信息		
15	吕冠南,唐新明,高腾飞等	双轨 D-InSAR 在济宁矿区地面沉降监测中的应用	测绘与空间地理信息		
2016					
1	李国元,唐新明,高小明等	Improve the ZY-3 height accuracy using ICESat/GLAS laser altimeter data	International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing	EI	
2	李国元,唐新明,高小明	ZY-3 Block Adjustment Supported by GLAS Laser Altimetry Data	The Photogrammetric Record	SCI	
3	周平,唐新明,曹宁	SRTM 约束的无地面控制立体影像区域网平差	测绘学报	EI	
4	唐新明,李国元,高小明	卫星激光测高严密几何模型构建及精度初步验证	测绘学报	EI	
5	汪汇兵,唐新明,叶芳宏	光学卫星测区有效成像覆盖周期预估方法研究	测绘与空间地理信息		
6	唐新明,王鸿燕	资源三号卫星应用分析与展望	航天器工程		
7	唐新明,李国元	激光测高卫星的发展与展望	国际太空		
8	胡芬,唐新明,高小明	ZY-3 卫星异轨立体影像几何定位精度分析	航天返回与遥感		
9	李忠,唐新明,汪汇兵等	溃坝洪水演进的光滑粒子流体动力学分析	测绘科学		
10	李腾腾,唐新明,高小明	资源三号影像朵云识别中云雪分离研究	测绘通报		
2015					



1	唐新明, 周平, 张过	Geometric Accuracy Analysis Model of the Ziyuan-3 Satellite without GCPs	Photogrammetric Engineering and Remote Sensing	SCI	
2	唐新明, 周平, 张过	Verification of ZY-3 Satellite Imagery Geometric Accuracy Without Ground Control Points	IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters	SCI	
3	李卓然, 唐新明, 索静霞	Transgenic Eimeria mitis expressing chicken interleukin 2 stimulated higher cellular immune response in chickens compared with the wild-type parasites	Frontiers in Microbiology	SCI	
4	唐新明, 谢俊峰, 王潇	High-Precision Attitude Post-Processing and Initial Verification for the ZY-3 Satellite	Remote Sensing	SCI	
5	岳庆兴, 唐新明, 高小明	亚 m 级卫星 TDI CCD 立体测绘相机成 像仿真	武汉大学学报(信息科 学版).	EI	
6	刘克, 唐新明, 赵文吉等	水体总氮浓度与湿地芦苇叶片高光谱 特征关系研究	地理与地理信息科学		
7	唐新明, 刘浩, 李京	北京地区霾/颗粒物污染与土地利用/ 覆盖的时空关联分析	中国环境科学	EI	
2014					
1	王文杰, 唐新明, 史绍雨	利用网格索引与 R 树的弧段求交并行 算法	测绘科学		
2	唐新明, 周平, 张过	资源三号测绘卫星传感器校正产品生 产方法研究	武汉大学学报(信息科 学版)	EI	
3	桑鹏, 唐新明, 艾波	RSS 新闻事件的多维描述与时空可视 化方法	地球信息科学学报		
4	唐新明, 常晓涛, 李国元	实现“一星多用”, 保障地理信息安全 ——资源三号测绘卫星影像应用综述	卫星应用		
5	赵世湖, 唐新明, 尹丹	基于连续空间频率的遥感成像辐射响 应模型及其几何相关性研究	北京大学学报(自然科 学版)	EI	
6	张过, 汪韬阳, 李德仁等	轨道约束的资源三号标准景影像区域 网平差	测绘学报	EI	
7	唐新明, 胡芬, 王密	Inner FoV Stitching of Spaceborne TDI CCD Images Based on Sensor Geometry and Projection Plane in Object Space	Remote Sensing	SCI	
2013					
1	赵春梅, 唐新明	基于星载 GPS 的资源三号卫星精密 定轨	宇航学报	EI	

2	姚春雨,唐新明, 史绍雨等	时空数据的动态关联技术研究	测绘科学		
3	岳庆兴,唐新明, 高小明	星载 TDI CCD 相机 MTF 和 SNR 综合响 应模拟方法	国土资源遥感		
4	汪汇兵,唐新明, 邱博等	运用多算子加权的面要素几何匹配方 法	武汉大学学报·信息科 学版	EI	
5	唐新明,谢俊峰	资源三号卫星在轨测试与应用分析	地理信息世界		
2012					
1	李东颖,唐新明, 闫浩文	基于分离式金字塔模型的测绘立体影 像数据检索系统设计与实现	测绘工程		
2	唐新明,张过, 祝小勇	资源三号测绘卫星三线阵成像几何模 型构建与精度初步验证	测绘学报	EI	百 篇 优 秀 论 文
3	唐新明	Overview of the key technologies for high-resolution satellite mapping	International Journal of Digital Earth	SCI	
4	申传庆,唐新明	多边形自动生成的一种改进算法	测绘科学		
5	艾波,唐新明	利用透明度进行时空信息可视化	武汉大学学报:信息科 学版	EI	
6	唐新明	测绘卫星技术总体发展和现状	航天返回与遥感		
7	唐新明	我国测绘卫星和卫星测绘“十二五” 发展战略研究	测绘通报		
8	周平,唐新明	多时相统计数据空间动态可视化模型 研究	武汉大学学报:信息科 学版	EI	
2011					
1	唐新明	我国测绘卫星现状与发展思考	地理信息世界		
2	李久刚,唐新明	基于行程距离最优及容量受限的避难 所分配算法研究	测绘学报	EI	
3	文敏,唐新明	一种改进型曲线光滑算法	测绘科学		
4	文敏,唐新明	针对海陆图融合的数字海图自动预处 理及实现	地理空间信息		
5	李久刚,唐新明	REST 架构的 WebGIS 技术研究与实现	测绘科学		
2010					
1	唐新明	Topological relations between fuzzy regions in a fuzzy topological space	International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	SCI	
2	苏文博,唐新明	线阵 CCD 卫星影像外方位元素求解的	测绘科学		

	等	研究			
3	陈利奇, 唐新明	高分辨率遥感卫星无控制定位改进模型及应用	测绘科学		
2009					
1	翟亮, 唐新明	遥感影像压缩质量评价的研究及应用	武汉大学学报 (信息科学版)	EI	
2	孙承志, 唐新明	我国测绘卫星的发展思路和应用展望	测绘科学		
3	汪汇兵, 唐新明	一种基于时态树结构的时空数据的动态可视化方法	测绘科学		
4	岳庆兴, 唐新明	一种 ALOS 影像的定向及正射纠正方法	遥感信息		
5	孙承志, 唐新明	我国第一颗民用立体测绘卫星—资源三号及其应用	中国航天		
2008					
1	张继贤, 唐新明	关于我国信息化测绘技术体系建设的思考	测绘通报		
2	王华斌, 唐新明	海量遥感影像数据存储管理技术与实现	测绘科学		
3	饶艳伟, 唐新明	SPOT HRG 影像无控制正射纠正实验与精度分析	测绘科学		
4	张辉, 唐新明	基于 9-Intersection 模型的模糊空间对象间的拓扑关系研究	测绘科学		
5	翟亮, 唐新明	面向测图的遥感影像压缩几何质量评价	地理与地理信息科学		
6	杨平, 唐新明	Potential application of particle based simulations in reservoir security management	Journal of Southeast University (English Edition)	EI	
2007					
1	翟亮, 唐新明	一种新型的遥感影像压缩质量评价指标	武汉大学学报 (信息科学版)	EI	
2	高小明, 唐新明	动态分段技术及其在 GIS 中的应用	测绘通报		
3	张辉, 唐新明	基于地理坐标框架下的地物与地形匹配解决方案研究	测绘科学		
4	翟亮, 唐新明	基于模糊综合评判方法的遥感影像压缩的主观质量评价	地理与地理信息科学		
5	王盛校, 唐新明	基于 Java 技术的 LBS 系统的构建	微计算机信息		
6	柳林, 唐新明	移动终端位置服务系统的实现	计算机工程与设计		
2006					
1	唐新明	Fuzzy Topological Relations between Fuzzy Spatial Objects.	测绘科学		

2	杨平, 唐新明	基于时空数据库的动态可视化研究	测绘科学		
3	史绍雨, 唐新明	多级格网时空索引	测绘科学		
4	俞松, 唐新明	时态 GIS 的空间实体关联技术应用研究	测绘科学		
5	汪汇兵, 唐新明	版本增量式时空数据模型研究	测绘科学		
6	翟亮, 唐新明	国家基础地理信息数据库内容的完善	测绘通报		
7	柳林, 唐新明	PPGIS 在城市规划决策中的应用	测绘科学		
8	翟亮, 唐新明	遥感影像压缩的构像质量评价	测绘与空间地理信息		
9	田娇娇, 唐新明	动态数据库模型的研究与应用	测绘科学		
2005					
1	翟亮, 唐新明	国家基础地理信息 1:5 万数据库内容完善的需求调查	测绘科学		
2	唐新明	Reasoning about changes of land covers with fuzzy settings	International Journal of Remote Sensing	SCI	
3	翟亮, 唐新明	1:5 万数据库内容需求调查结果的分析	武汉大学学报 (信息科学版)	EI	
4	何建华, 刘耀林, 唐新明	离散空间的拓扑关系模型	测绘学报	EI	
5	王中元, 唐新明	关于我国国家基础地理信息系统数据库按内容分级的探讨	测绘科学		
6	张继贤, 唐新明	地学影像一大陆间的纽带——记第二十届 ISPRS 大会	遥感信息		
7	翟亮, 唐新明	空间信息网格的若干问题分析	测绘与空间地理信息		
2004 及以前					
1	唐新明	全国七大江河流域重点防范区 1: 1 万数字高程模型 (DEM) 数据库的建立	测绘通报		
2	唐新明	GIS 支持下的福建省宁化县土地资源现状样查	遥感信息		
3	唐新明	ARC/INFO 数据文件内部格式初探	遥感信息		
4	唐新明	时空数据库模型和时间地理信息系统框架	遥感信息		
5	唐新明	时空数据库模型和时间地理信息系统框架 (续)	遥感信息		
6	唐新明	基于等高线和高程点建立 DEM 的精度评价方法	遥感信息		
7	唐新明	模糊区域拓扑关系模型研究	地理与地理信息科学		
8	唐新明	模糊拓扑空间中空间对象模型的建立及其在土地覆盖变化中的应用	测绘文摘		



# The In-orbit Calibration Method Based on Terrain Matching with Pyramid-search for the Spaceborne Laser Altimeter

Xinming Tang, Junfeng Xie, Xiaoming Gao, Fan Mo, Wanwan Feng and Ren Liu

**Abstract**—The ZiYuan 3-02 (ZY3-02) satellite represents the first satellite equipped with a laser altimeter for earth observation in China. This laser altimeter serves as an experimental payload for land elevation measurement. The ranging and pointing bias of the laser altimeter would change due to the launch vibration, variations in the space environment, or other factors, which is one of the most important factors affecting the geometric accuracy of a laser altimeter. This paper proposed an in-orbit calibration method based on terrain matching with pyramid-search for this spaceborne laser altimeter. First, we used published digital terrain data as a reference to match with stripes of a point cloud obtained by the geometric location model of the laser altimeter; then, the optimal matching terrain could be determined by a pyramid search. Finally, the pointing bias of the laser altimeter was calibrated. Using Advanced Land Observation Satellite Digital Surface Model (AW3D30) with a 30-m grid size as a reference for calibration and validation. After calibration, the systematic error was effectively eliminated. The elevation accuracy of the laser altimeter was improved from more than 100 m to 3 m approximately, and the algorithm efficiency with pyramid search was improved by 10 times at least. The experimental result demonstrates the proposed method is an effective means to calibrate the current spaceborne laser altimeters.

**Index Terms**—ZY3-02 laser altimeter, pyramid-search, terrain matching, pointing bias

## I. INTRODUCTION

The ZY3-02 spaceborne laser altimeter can be used for high resolution optical stereoscopic mapping [1]–[3], and provides a significant technological method to improve the geometric accuracy of satellite image data, especially in elevational direction [4]–[7]. The ranging and pointing bias of the laser altimeter would change due to launch vibrations, variations in the space environment or other factors, so the elevation

This paper was substantially supported by the National Natural Science Foundation of China (Project Nos. 41301525 and 41571440, No. 41771360), the High Resolution Remote Sensing, surveying and mapping Application Program (No.1), the Authenticity Validation Technology of Elevation Accuracy of GF-7 Laser Altimeter (No. 42-Y20A11-9001-17/18), and active and passive composite mapping and application technology with visible, infrared and laser sensors (No. D040106). The authors would like to thank the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) for providing ALOS data, as well the anonymous reviews for their constructive comments and suggestions.  
Corresponding author: Junfeng Xie.

accuracy of laser footprint will decline [8]–[10]. Thus, in-orbit geometric calibration is necessary for this laser altimeter.

Many researchers had studied calibration methods in depth, including the ground detector method [8], [10], [11], the airborne infrared camera method [12], the terrain matching method [13], [14], and the satellite maneuver method [15]. Chinese high resolution satellites generally have employed a large platform with a three-axis attitude stabilization mode, which only swing the platform in the roll direction, so the satellite attitude maneuver method cannot be applied. An airborne infrared camera has difficulties synchronously capturing the laser spot, and the success rate is low. The calibration method with ground detectors has high cost because this method requires a large number of infrared detectors and much manpower for field work. The in-orbit calibration method based on terrain matching with pyramid-search for satellite laser altimeter is proposed in this paper. The proposed method uses published Digital Surface Model (DSM) product as the reference terrain data and optimal pointing can be obtained by matching terrain with pyramid-search.

## II. SPACEBORNE LASER ALTIMETER CALIBRATION BASED ON PYRAMID SEARCH TERRAIN MATCHING

### A. The Geometric Calibration Model of Spaceborne Laser Altimeters

The laser altimeter geometric model is [16]:

$$\begin{pmatrix} X_{spot} \\ Y_{spot} \\ Z_{spot} \end{pmatrix}_{ITRF} = \begin{pmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{pmatrix}_{ITRF} + R_{Y_{ICRF}^{ICRF}}^{ITRF} R_{BOD}^{ICRF} \begin{pmatrix} \Delta X_{ref} \\ \Delta Y_{ref} \\ \Delta Z_{ref} \end{pmatrix}_{BOD} + \rho_0(t) \begin{pmatrix} \cos \beta \cos \alpha \\ \cos \beta \sin \alpha \\ \sin \beta \end{pmatrix}_{BOD} \quad (1)$$

where,  $\begin{pmatrix} X_{spot} \\ Y_{spot} \\ Z_{spot} \end{pmatrix}_{ITRF}$  is the location of the laser footprint in the International Terrestrial Reference Frame (ITRF);

$\begin{pmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{pmatrix}_{ITRF}$  is the position of the satellite mass center in ITRF;  $R_{BOD}^{ICRF}$  is the rotation matrix of the satellite body coordinate system to the International Celestial Reference Frame (ICRF);

引文格式: 林瑶瑶, 唐新明, 薛玉彩, 等. JPEG 2000编码参数对遥感影像压缩质量的影响[J]. 地理信息世界, 2019, 26(2): 30-36.

## JPEG 2000编码参数对遥感影像压缩质量的影响

林瑶瑶<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 薛玉彩<sup>2</sup>, 艾波<sup>1</sup>

(1. 山东科技大学 测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 国家测绘地理信息局 卫星测绘应用中心, 北京 100048)

### 基金项目:

战略性国际科技创新合作重点专项项目(2016YFE0205300); 国家国际科技合作专项项目(2014DFA21620); 基础测绘科技项目(2017KJ0302)资助

### 作者简介:

林瑶瑶(1992-), 女, 山东济南人, 测绘工程专业硕士研究生, 主要研究方向为遥感影像处理。

E-mail:

1069625276@qq.com

收稿日期: 2018-05-17

**【摘要】**离散小波变换和EBCOT编码是JPEG 2000标准的核心技术, 调整其编码参数对图像压缩性能有重要影响。将压缩后影像与原始影像做对比, 通过大量实验重点分析小波变换级数和码块大小对不同压缩倍率下重建图像质量的影响, 并给出不同压缩比下编码参数的适宜取值范围。实验结果表明, 影像进行中、低倍率压缩时, 可以设置较低的小波变换级数(2级或3级)和较小的码块大小(如8×8或16×16)对图像进行编码; 影像进行较高倍率压缩时, 需要设置较高的变换级数(4级或5级)和较大的码块大小(如32×32)使图像获得较高的重建质量。相关结论为影像压缩实际参数的选择提供依据。

**【关键词】**JPEG 2000; 小波变换级数; 编码块大小; 遥感影像压缩质量

**【中图分类号】**P227

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1672-1586(2019)02-0030-07

### The Influence of JPEG 2000 Coding Parameters on Remote Sensing Image Compression Quality

LIN Yaoyao<sup>1,2</sup>, TANG Xinming<sup>2</sup>, XUE Yucui<sup>2</sup>, AI Bo<sup>1</sup>

(1. College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China;

2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Discrete Wavelet Transform (DWT) and EBCOT coding are the core technology of JPEG 2000 standard. Adjusting their coding parameters has an important impact on image compression performance. In this paper, the compressed image is compared with the original remote sensing image. The influence of the different coding parameters on the quality of the reconstructed images is analyzed by a large number of experiments, and the suitable range of the coding parameters under different compression ratios is given. The experimental results show that, when the image is compressed at medium and low ratio, a lower number of wavelet transform level(2 or 3) and a smaller code-block size(8×8 or 16×16) can be used to encode the image; when the image is subjected to higher compressed ratio, it is necessary to set a higher number of wavelet transform level(4 or 5) and a bigger code-block size(32×32) to obtain a higher reconstruction quality of the image. The relevant conclusions provide a technical basis for parameters selection of the image compression practice.

**Key words:** JPEG 2000; wavelet transform levels; coding block size; remote sensing image compression quality

## 0 引言

随着信息技术的发展, 人们对图像压缩性能、应用范畴等方面的要求越来越高, 传统的JPEG标准已不能满足人们的需要。为弥补JPEG标准的不足, 新一代静态图像压缩标准——JPEG 2000标准应运而生。JPEG 2000是由国际标准化组织(International Organization Standardization, ISO)、国际电信联盟(International Telecommunications Union, ITU)和国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)

联合颁布的新一代图像压缩标准, 主要应用于音频、图像、视频的传输和存储<sup>[1]</sup>。JPEG 2000标准摒弃了JPEG标准采用的离散余弦变换(Discrete Cosine Transform, DCT), 而采用离散小波变换(Discrete Wavelet Transform, DWT), 这是与JPEG标准最大的区别。相比较JPEG标准, JPEG 2000标准具有良好的低码率压缩性能, 同时支持有损、无损压缩, 渐进传输, 支持感兴趣区域压缩等优点<sup>[2]</sup>。

目前对于JPEG 2000压缩算法的研究工作主要集中在改善编码器的结构性能、提高图像压缩质量等方面。

理论研究

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

## 卫星激光测高数据土地覆盖分类应用研究进展

权学烽<sup>1,2,3</sup>, 唐新明<sup>1,2</sup>, 李国元<sup>2</sup>, 刘诏<sup>2</sup>, 薛玉彩<sup>2</sup>

(1. 兰州交通大学 测绘与地理信息学院, 兰州 730070;

2. 自然资源部国土卫星遥感应用中心, 北京 100048;

3. 甘肃省地理国情监测工程实验室, 兰州 730070)

**摘要:** 该研究系统分析了卫星激光测高数据、卫星激光测高数据与其他数据源联合进行土地覆盖分类的研究进展, 对比总结了波形处理和土地覆盖分类方法的优缺点, 分析了不同方法在不同区域的应用前景, 并总结了目前研究中存在的不足。研究发现, 当分类数较多时, 波形特征参数法和曲线匹配法的分类准确率较低; 当地物分类数较少时, 波形匹配法和支持向量机联合使用后表现出较高的准确率, 且该方法在城区的应用效果较为优秀。通过对星载激光测高数据土地覆盖分类方法的总结和梳理, 以期能为国产高分七号卫星激光测高数据在土地覆盖分类应用提供参考。

**关键词:** 卫星激光测高; 全波形数据; 土地覆盖分类; 多源遥感分类; 精度评价

doi:10.3969/j.issn.1000-3177.2019.02.001

中图分类号: TP79 文献标志码: 文章编号: 1000-3177(2019)162-0001-07

## Research Progress on Land Cover Classification Application of Satellite Laser Altimetry Data

QUAN Xuefeng<sup>1,2,3</sup>, TANG Xinming<sup>1,2</sup>, LI Guoyuan<sup>2</sup>, LIU Zhao<sup>2</sup>, XUE Yucui<sup>2</sup>

(1. Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

2. Land Satellite Remote Sensing Application Center, MNR, Beijing 100048, China;

3. Gansu Provincial Engineering Laboratory for National Geographic State Monitoring, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** This paper analyzes the progress of land cover classification by satellite laser altimetry data and satellite laser altimetry data with other data sources, and summarizes the advantages and disadvantages of waveform treatment and land cover classification method. The application prospects of various methods in different areas are analyzed, and the deficiencies in the present study are summarized. The researches show that the waveform characteristic parameter method and curve matching method have lower classification accuracy when there are more categories, the combination of waveform matching method and support vector machine method has higher classification accuracy, when there are few categories, and the method is more accurate in urban classification. In this paper, the land cover classification methods of the satellite laser altimetry data are also summarized, in order to provide a reference for the application of the domestic Gaofen-7 satellite laser altimetry data in the land cover classification.

**Key words:** satellite laser altimetry; full waveform data; land cover classification; multisource remote sensing classification; accuracy evaluation

收稿日期: 2017-12-25 修订日期: 2018-03-18

基金项目: 国家重点研发计划战略性国际科技创新合作重点专项项目(2016YFE0205300); 高分辨率对地观测系统重大专项应用共性关键技术项目(11-Y20A11-9001-17/18)。

作者简介: 权学烽(1994—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为卫星激光测高数据应用。

E-mail: 10539644@qq.com

通信作者: 李国元(1984—), 男, 博士, 副研究员, 注册测绘师, 主要研究方向为卫星激光测高数据处理与应用。

E-mail: lgy\_lasac@foxmail.com

— 1 —

DOI:10.13671/j.hjkxxb.2018.0434

翟浩然,唐新明,王光辉,等.2019.中国超大城市不透水面扩张对对流层 NO<sub>2</sub> 柱浓度的影响[J].环境科学学报,39(3):797-808

Zhai H R, Tang X M, Wang G H, et al. 2019. Impact of impervious surface expansion on tropospheric NO<sub>2</sub> column density in Chinese megacities[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 39(3):797-808

## 中国超大城市不透水面扩张对对流层 NO<sub>2</sub> 柱浓度的影响

翟浩然<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>1,2,\*</sup>, 王光辉<sup>2</sup>, 李佳雨<sup>2</sup>, 邢丽玮<sup>2,3</sup>

1. 山东科技大学测绘科学与工程学院, 青岛 266590

2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048

3. 中国农业科学院农业信息研究所, 北京 100081

**摘要:**基于 Aura 卫星的臭氧检测仪 (OMI) 数据及 Landsat 卫星影像, 分别分析了中国 7 座超大城市 2005—2017 年的对流层 NO<sub>2</sub> 柱浓度 (TroNO<sub>2</sub> 浓度) 时空变化规律和不透水面扩张模式, 并探讨了二者之间的联系, 结果表明: ① 7 座城市总体表现为 TroNO<sub>2</sub> 浓度先升高后降低, 高值区域先扩大后收缩甚至消失的趋势, 变化存在显著的周期性, 冬季浓度远高于夏季; ② 各城市不透水面面积分别扩张至 120%~200%, 扩张模式多表现为由中心向四周辐射式扩张, 不透水面的空间分布和扩张趋势与 TroNO<sub>2</sub> 浓度高度相关; ③ 各城市市辖区 TroNO<sub>2</sub> 浓度与不透水面覆盖率 (ISC) 呈高度正相关, 二者冷热点空间分布规律一致, 松散型、紧凑型、密集型、高度密集型市辖区的 TroNO<sub>2</sub> 浓度均值依次增加, 发生不透水面扩张的区域标准化 TroNO<sub>2</sub> 指数呈上升趋势; ④ 自然条件、经济产业结构、机动车尾气排放、重大赛事的举办及相关政策等因素均与 TroNO<sub>2</sub> 浓度密切相关。

**关键词:**超大城市; 对流层 NO<sub>2</sub> 柱浓度; 不透水面; 相关性; 扩张

文章编号: 0253-2468 (2019) 03-797-12

中图分类号: X87, X51

文献标识码: A

## Impact of impervious surface expansion on tropospheric NO<sub>2</sub> column density in Chinese megacities

ZHAI Haoran<sup>1,2</sup>, TANG Xinming<sup>1,2,\*</sup>, WANG Guanghui<sup>2</sup>, LI Jiayu<sup>2</sup>, XING Liwei<sup>2,3</sup>

1. Geomatics College, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590

2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100048

3. Institute of Agricultural Information, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081

**Abstract:** We used Ozone monitoring instrument (OMI) data to generate the tropospheric NO<sub>2</sub> column density (TroNO<sub>2</sub>) of 7 Chinese megacities from 2015 to 2007 and analyzed the characteristics of spatial and temporal distribution of TroNO<sub>2</sub>. We also explored the correlation between TroNO<sub>2</sub> and the impervious surface of megacities. The results showed that: ① Tropospheric NO<sub>2</sub> column density of all 7 megacities increased first and then decreased, whose region with high value expanded firstly and then contracted or disappeared. There are significant cyclical changes in the concentration of each city during the year. And density of TroNO<sub>2</sub> in winter is always higher than that in summer. ② Comparing with 2005, Impervious surface area of each megacity in 2017 expanded 1.2~2 times, and the expansion appeared from city center to the periphery. While the spatial distribution and expansion trend of impervious surface are highly correlated with the density of TroNO<sub>2</sub>. ③ Tropospheric NO<sub>2</sub> column density were highly positively correlated with the impervious surface coverage (ISC), and the distribution of cold and hot spots were consistent. The tropospheric NO<sub>2</sub> column density of unstressed, stressed, impacted and degraded municipality increased in turn. The normalized TroNO<sub>2</sub> index showed an upward trend on the region where impervious surface expansion happened. ④ Natural conditions, economic industrial structure, exhaust emission, major games and related policies were closely related to the tropospheric NO<sub>2</sub> column density.

**Keywords:** megacity; tropospheric NO<sub>2</sub> column density; impervious surface; correlation; expansion

收稿日期: 2018-09-01

修回日期: 2018-12-03

录用日期: 2018-12-03

基金项目: 国家重点研发计划课题 (No.2016YFB0501403); 高分辨率对地观测系统重大专项项目 (No.AH1601)

作者简介: 翟浩然 (1990—), 男, E-mail: j7o@by2studio.cn; \* 责任作者, E-mail: txm@sasmac.cn



# 陆海激光卫星高程测量的思考

唐新明<sup>1</sup>, 李国元<sup>1,2,3</sup>

(1. 自然资源部 国土卫星遥感应用中心, 北京 100048; 2. 中国科学院空间主动光电技术重点实验室, 上海 200083;  
3. 山东师范大学 地理与环境学院, 山东 济南 250014)

**摘要:**为满足新形势下陆海激光卫星高程测量的需求, 分析了高精度高程控制点数据获取、森林生物量估算、浅海及海岛礁地形测绘、“三极”区域高程变化监测等方面的需求, 提出了发展多波束激光卫星测高的初步设想, 并就高精度激光指向测量技术、距离门宽度动态适应调整技术等关键技术问题进行了探讨。

**关键词:**卫星激光测高; 精确指向测量; 高程测量; 陆海测绘; 生物量估算; “三极”区域

**中图分类号:**P 237

**文献标志码:**A

**DOI:**10.19328/j.cnki.1006-1630.2019.03.002

## Thoughts about Land and Sea Satellite Laser Altimetry

TANG Xinming<sup>1</sup>, LI Guoyuan<sup>1,2,3</sup>

(1. Land Satellite Remote Sensing Application Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100048, China;  
2. Key Laboratory of Space Active Opto-electronics Technology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China; 3. College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, Shandong, China)

**Abstract:** The development of land-sea satellite laser altimetry is an important choice to adapt to the new situation and meet the new needs. The demands in various aspects are analyzed, including the data acquisition of high precision elevation control points, the estimation of forest biomass, the surveying and mapping of shallow water topography and island reef topography, the monitoring of tripolar regional elevation and so on. A preliminary idea of developing a new multi-beam laser altimetry technology is put forward, and the several key technical issues, including highly precise pointing determination, dynamic adjustment of range gate width and so on, are discussed.

**Keywords:** satellite laser altimetry; precise pointing determination; elevation surveying; land and sea surveying and mapping; biomass estimation; tripolar region

## 0 引言

激光雷达是一种集激光、全球定位系统和惯性导航系统于一体的主动式观测系统, 用于快速获取地面及地面目标的三维信息, 与成像光谱、合成孔径雷达一起被列为获取对地观测系统信息的核心技术<sup>[1-3]</sup>。随着科技发展, 激光雷达得到了快速发展。新型激光雷达具有微脉冲、高重复频率、多波束、小光斑、高效率、轻量化等显著优势, 已成为主动对地观测卫星激光测高的发展趋势。美国于2018年9月成功发射了名为ICESat-2的多波束单光子激

光测高卫星, 并于2018年12月成功发射了全球生态系统动力学调查(GEDI)激光测高载荷, 搭载了多波束天基激光测高系统<sup>[4]</sup>。目前千波束的高精度表面地形激光测量(LIST)卫星仍在论证阶段, 主要用于获取全球5 m网格大小和10 cm高程精度的地形信息, 以及森林植被、湖泊水系、极地冰盖等的高程变化量等, 预计在2020年之后发射<sup>[1,5]</sup>。

多波束新型激光测高卫星在全球测图、海洋测绘、极地测绘等方面具有重要的应用价值, 是测绘行业转型升级的重要技术支撑, 还能在全球森林生物

收稿日期: 2019-01-30; 修回日期: 2019-04-16

基金项目: 国家自然科学基金(41871382); 中国科学院空间主动光电技术重点实验室开放课题(2018-ZDKF-1)

作者简介: 唐新明(1966—), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为自然资源卫星总体设计与应用。

通信作者: 李国元(1984—), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为卫星激光测高数据处理与应用。

## IN-ORBIT GEOMETRIC CALIBRATION AND EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE ZY3-02 LASER ALTIMETER

JUNFENG XIE (xiejf@sasmac.cn)

XINMING TANG (txm@sasmac.cn)

FAN MO (mof@sasmac.cn)

HONGZHAO TANG (tanghz@sasmac.cn)

ZHENMING WANG (wangzm@sasmac.cn)

*Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing, China*

XIAO WANG\* (wangxiao@radi.ac.cn)

*Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China*

YUXUAN LIU (liuyx@whu.edu.cn)

*School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, China*

SHIQIANG TIAN (tianshiqiang@qq.com)

*Changguang Satellite Technology Co. Ltd, Changchun, China*

REN LIU (surveyliuren@163.com)

XUEFEI XIA (zlq346301546@163.com)

*School of Geodesy, LiaoNing Technical University, Fuxin, China*

\*Corresponding author

### Abstract

*ZY3-02 is the first Chinese earth-observation satellite equipped with a laser altimeter, designed to assist stereo-image mapping elevations. Launch vibrations, the space environment and other factors, both expected and unexpected, cause bias in the designed ranging and pointing of the laser altimeter, influencing its height measurement accuracy. This paper proposes an in-orbit geometric calibration model which considers this bias as unknown systematic errors. The unknown parameters were calibrated by the minimum ranging error principle using laser spot geolocation data captured by a ground-based laser detector array. Based on precise orbit and attitude data, the precise geolocation information of the laser footprints could be obtained. Validation experiments show that the elevation precision of the laser altimeter can reach 1 m.*

# 卫星测绘发展现状与趋势

唐新明 胡芬  
(国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048)

**摘 要** 卫星测绘是基于各类测绘卫星获取地理信息和提供地理信息服务的重要手段, 卫星测绘能力和应用水平是国家对地观测能力的直接反映。文章在分析国内外卫星测绘发展现状、总结“资源三号”卫星测绘技术攻关及应用情况的基础上, 立足于实际应用需求, 瞄准发展短板和空白, 展望了中国测绘卫星后续发展思路与技术难点。

**关键词** 测绘卫星 卫星测绘 技术现状 应用 发展趋势

中图分类号: P223

文献标志码: A

文章编号: 1009-8518(2018)04-0026-10

DOI: 10.3969/j.issn.1009-8518.2018.04.004

## Development Status and Trend of Satellite Mapping

TANG Xinming HU Fen

(Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100048, China)

**Abstract** Satellite mapping is an important approach to obtain geographic information and provide geographic information services based on various kinds of surveying and mapping satellites. The capability and application level of satellite mapping are direct reflection of the earth observation ability of a country. On the basis of analyzing the development status of satellite mapping both at home and abroad, this paper summarizes the technical breakthrough and applications of ZY-3 mapping satellite. And then the paper gives an outlook of the follow-up development and technological difficulties of China's surveying and mapping satellites, based on the practical application requirements and focusing on the developing areas of weakness and blank.

**Key words** mapping satellites; satellite mapping; technology status; application; developing trend

## 0 引言

卫星测绘遥感是测绘地理信息行业的“重器”, 是基于各类测绘卫星获取地理信息和提供地理信息服务的重要手段, 是保障测绘地理信息发展数据源的重要支撑。为满足国民经济、社会发展和国家安全对地理信息资源覆盖面、现势性和产品种类的要求, 打破自主卫星数据源匮乏和过分依赖国外卫星数据的局面, 自20世纪末以来, 国家高度重视测绘遥感卫星建设工作, 牵头组织开展了自主测绘卫星的一系列技术论证, 科学规划、推进自主测绘卫星的立项、研制和发射, 力争建设一套长期、稳定、连续的自主民用测绘卫星体系。经过多年持续不断的技术攻关, 已成功突破国产立体测图卫星测绘和应用的关键技术, 构建了卫星测绘从理论研究、技术创新到工程应用的创新体系, 成为国际上少数几个掌握成套卫星测绘技术的国家。“资源三号”系列卫星的成功发射, 填补了我国民用自主高分辨率卫星测绘的空白, 打破了国外的技术封锁和数据垄断, 影像品质和精度达到国际同类领先水平<sup>[1-3]</sup>。国产卫星测绘实现了从无

收稿日期: 2018-06-03

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

## DEM generation using Ziyuan-3 mapping satellite imagery without ground control points

Ping Zhou<sup>a\*</sup>, Xinming Tang<sup>a</sup>, Li Guo<sup>a</sup>, Xia Wang<sup>a</sup> and Wenfeng Fan<sup>a</sup>

*<sup>a</sup>The Satellite Surveying and Mapping Application Centre, National Administration of Surveying, Mapping, and Geoinformation, Beijing 100048, China*

\*Corresponding author. Email: [zhoup@sasmac.cn](mailto:zhoup@sasmac.cn); Tel.: +86-010-6841-1231; Fax: (086)01068412678; address: 1 Baishengcun Road, Beijing 100048, P. R. China.

**Acknowledgments:** This work was supported by the Key Application Generic Technology of China High-resolution Earth Observation System under Grant 11-Y20A13-9001-17/18; and the Special Fund for High Resolution Images Surveying and Mapping Application System under Grant AH1601.



## 基于优选特征及月合成 Landsat 数据湿地提取研究

邢丽玮<sup>1,2</sup>, 牛振国<sup>3</sup>, 王华斌<sup>1</sup>, 唐新明<sup>1\*</sup>, 王光辉<sup>1</sup>

(1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048; 2. 首都师范大学/城市环境过程与数字模拟国家重点实验室  
培育基地, 北京 100048; 3. 中国科学院遥感与数字地球研究所/遥感科学国家重点实验室, 北京 100101)

**摘要:**针对 Landsat 卫星完整时间序列数据难以获取导致的湿地提取准确性较低和湿地提取最优特征不明确的问题, 该文提出一种基于优选特征和月合成时间序列 Landsat 数据提取湿地的方法。通过月合成方法, 利用 Landsat 7 ETM+ 和 Landsat 8 OLI 数据构建 Landsat 30 m 地表反射率、NDVI、NDWI 和缨帽变换湿度分量的时间序列; 利用随机森林算法和扩展的 Jeffries-Matusita 距离 ( $J_{RM}$ ) 优选对湿地提取贡献较大的特征, 并基于优选特征提取湿地。结果显示: 1) 月合成方法有效地改善了条带和云覆盖造成的 Landsat 单景影像数据缺失问题; 2) 5 月 NDVI 和 6、8 月 NDWI 以及 5 月 TC-Wetness 是区分永久性草本沼泽、水稻田、草地和旱地的最优特征; 3) 基于优选特征的湿地分类结果总体精度达到 0.91, Kappa 系数为 0.89。特征优选减少了数据冗余, 提高了运算效率, 为提高湿地分类精度提供了理论基础。

**关键词:** 优选特征; Landsat 时间序列数据; 随机森林;  $JM$  距离; 湿地分类

**中图分类号:** TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-0504(2018)03-0080-07

### 0 引言

随着全球生态环境恶化以及人类社会活动的加剧, 湿地退化问题日渐突出<sup>[1]</sup>, 而快速准确地提取湿地类型和分布等现状信息是保护和恢复湿地生态系统的基础。湿地在年内会发生较大的季节性消长。时间序列遥感数据不仅可以提取季节性湿地, 还可以准确地获得湿地的年际变化趋势, 广泛应用于湿地的提取和监测研究中。MODIS 数据的时间分辨率高, 是基于时间序列数据提取湿地的主流数据来源<sup>[2,3]</sup>; 但该数据空间分辨率较低, 难以提取面积较小的湿地。美国陆地资源卫星 Landsat 数据空间分辨率 (30 m) 较高, 当前基于 Landsat 数据的湿地提取和监测研究也取得了很大进展<sup>[4-7]</sup>; 但 Landsat 卫星的重访周期 (16 d) 较长, 且受大气条件和云等因素的影响, 年内完整时间序列数据获取困难。已有研究使用单时相或某几期间隔不等的 Landsat 数据代表一年或一个年代, 很少研究季节性湿地的提取, 致使不同年份湿地分类结果不具备可比性。

湿地遥感提取的基础是分析湿地的光谱反射率特征。华润葵等<sup>[8]</sup>建立了芦苇湿地的 Landsat MSS 光谱特征解译标识。还可以对多光谱数据进行光谱维扩展<sup>[9]</sup>, 例如, 通过多光谱运算获得植被指数和水体指数等特征, 以及通过图像变换 (如主成分变换、

缨帽变换) 获得新特征分量等。另外, Lunetta 等<sup>[10]</sup>指出多时相的遥感数据能反映湿地的季相差异, 有利于提高湿地分类精度。应用上述特征提取湿地已有大量研究, 但对湿地识别贡献最大的分类特征尚不明确。因此, 本研究的目的是: 1) 使用月合成的方法构建 Landsat 时间序列数据 (地表反射率、NDVI、NDWI 和 TC-Wetness); 2) 利用随机森林算法 (Random Forest, RF) 和扩展的 Jeffries-Matusita 距离 ( $J_{RM}$ ) 对月合成时间序列数据进行筛选, 获得湿地提取的优选特征; 3) 基于优选特征提取研究区湿地, 并评价提取结果的精度。

### 1 研究区和数据

#### 1.1 研究区及分类体系

研究区 (122°30'~124°30'E, 46°~47°N) 位于内蒙古、吉林和黑龙江交界处 (图 1, 彩图见附录 2), 属温带大陆性季风性气候, 年均气温 3.2~5.2℃, 年降水量 400~450 mm, 年日照时数 2 600~3 100 h。

基于研究区土地覆盖类型实际分布情况, 并结合 30 m 分辨率 Landsat 遥感数据对不同土地覆盖类型的可分性, 将分类体系划分为两级: 一级包括湿地和非湿地; 二级中, 湿地包括永久性水体、永久性草本沼泽、洪泛湿地、季节性草本沼泽和水稻田, 非湿地包括草地、旱地、森林、建设用地和盐碱地 (表

收稿日期: 2017-07-21; 修回日期: 2017-09-22

基金项目: 国家重点研发计划课题 (2016YFB0501403); 高分辨率对地观测系统重大专项项目 (AH1601)

作者简介: 邢丽玮 (1987-), 女, 博士后, 主要从事湿地遥感研究。\* 通讯作者 E-mail: tangxinming99@qq.com

*Characteristic analyses, simulations  
and predictions of land use in poor  
mountainous cities: a case study in the  
central area of Chengde County, China*

**Haoran Zhai, Xinming Tang, Guanghui  
Wang, Jiayu Li & Keming Liu**

**Environmental Earth Sciences**

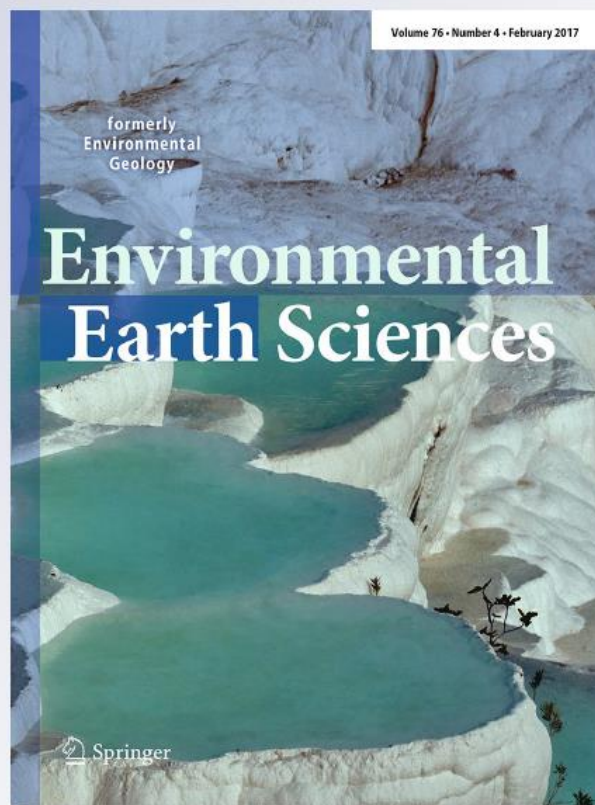
ISSN 1866-6280

Volume 77

Number 16

Environ Earth Sci (2018) 77:1-17

DOI 10.1007/s12665-018-7768-9



 Springer

## SRTM-ASSISTED BLOCK ADJUSTMENT FOR STEREO PUSHBROOM IMAGERY

PING ZHOU\* (zhou@sassmac.cn)

XINMING TANG (txm@sassmac.cn)

ZHENMING WANG (wangzm@sassmac.cn)

NING CAO (caon@sassmac.cn)

XIA WANG (wangx@sassmac.cn)

*Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying,  
Mapping and Geo-information, Beijing, China*

*\*Corresponding author*

### *Abstract*

*This paper proposes a stereo-image block-adjustment algorithm without ground control points (GCPs) by adopting a Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) digital elevation model (DEM) as a height assistant. Using dense, evenly distributed tie points on images used in the block adjustment, the initial height values of tie points are derived directly from the SRTM DEM. In the subsequent block-adjustment iterative computation, the height correction value for tie points is rigorously restricted by the SRTM DEM elevation. A total of 509 ZY-3 satellite stereo-images across 190 000 km<sup>2</sup> of China's Hubei Province were used for this block-adjustment experiment. The results show that the vertical root mean square errors (RMSEs) are improved from 7.2 to 2.3 m without GCPs, while the RMSEs in flat and mountainous terrain are improved to 1.5 and 2.8 m, respectively, fulfilling the vertical accuracy requirement of China's 1:25 000 scale mapping.*

**KEYWORDS:** block adjustment, rational function model (RFM), Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), stereo-imagery, without ground control points

### INTRODUCTION

CURRENTLY, remote sensing and mapping satellites are moving toward higher geometric precision and spatial resolution, stronger data acquisition and faster data processing abilities (Navulur et al., 2013). Satellite imagery from, for example, the French SPOT-5/-6/-7, Chinese ZY-3, Japanese ALOS and Indian Cartosat-1 has become the primary data source for the production of 1:50 000 and 1:25 000 scale geographic information products in relevant countries. To reduce the use of ground control points (GCPs), minimise mapping costs, improve mapping efficiency and, especially, perform high-accuracy mapping in areas where GCPs are difficult to obtain, carrying out 1:50 000 and 1:25 000 scale mapping applications without GCPs has been the ideal goal for many satellite image users.



## 国产推扫式测图卫星影像几何精度评估模型

周平<sup>1</sup> 唐新明<sup>1</sup> 王霞<sup>1</sup> 刘昌儒<sup>1</sup> 王甄铭<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京,100048

**摘要:**系统全面地分析并论证了国产推扫式测图卫星影像的几何精度,对卫星测图应用以及后续测绘卫星设计等都具有积极意义。从测图卫星几何成像机理出发,较为系统地分析了卫星成像过程中的轨道误差、姿态误差、时间误差、相机内部误差和星载设备安装误差等对卫星影像平面和高程几何定位误差的影响状况,定量分析并推导了各类误差源对影像几何精度的影响程度,设计并提出了国产推扫式测图卫星影像几何精度评估模型和方法。采用资源三号卫星立体影像开展实验,结果表明,所提出的影像几何精度评估模型获取的理论精度与实验精度符合度较好,模型具有合理性和科学性。

**关键词:**测图卫星;几何精度;测图应用;精度评估模型;成像误差

中图分类号:P236

文献标志码:A

近年来,国产测图卫星(如资源三号(ZY-3)、天绘一号)的成功发射和广泛应用为中国乃至全球1:50 000比例尺的测图应用提供了可靠的影像源保障。不同尺度的测图应用对影像数据源的几何精度、空间分辨率、光谱分辨率、时间分辨率以及立体形式等都有相应的指标要求,其中几何精度是决定卫星影像质量及其测图应用能力最关键的指标。开展卫星影像几何精度理论分析,既是开展卫星应用的基础保障性工作,也可以为测图卫星研制过程中技术指标的设计和制定提供参考依据。

国内外众多机构和学者对当前主流的高分辨率遥感卫星影像开展了大量的几何精度研究和验证工作<sup>[1-9]</sup>。如Tang等对资源三号卫星影像开展了不同程度的精度研究工作,分析和验证了在轨几何检校、不同区域网平差方式或不同几何成像模型等对卫星影像几何精度的影响<sup>[7]</sup>;王任享等提出了无控制条件下的卫星影像高程误差估算模型,研究了姿态和轨道误差对前方交会高程精度的影响<sup>[8]</sup>;胡莘等主要考虑了姿态、轨道误差的影响,初步研究了三线阵立体测绘卫星影像无控精度估算方法<sup>[9]</sup>。

本文针对推扫式光学卫星的几何成像特性,较为全面地分析了影响影像几何精度的主要误差源及误差传播模型,开展了立体测图卫星影像几

何精度的定量分析和推导,设计并提出了不同控制条件下的推扫式立体卫星影像平面和高程精度估算模型和方法。

### 1 内外方位元素误差影响分析

文献[10-11]的研究表明,影响推扫式卫星影像几何定位精度的主要因素包括时间误差、姿态测量误差、轨道测量误差和相机内部误差等4个方面。这些误差的系统误差中,部分是由相关星上设备(如相机、姿轨测量设备等)的安装误差所导致,为了后续误差分析的便利,本文将单独考虑,即星上设备安装误差。

#### 1.1 轨道误差影响定量分析

卫星轨道的沿轨向误差 $\Delta X$ 和垂轨向误差 $\Delta Y$ 将分别造成地面沿轨向等效平移误差 $\Delta p_{\text{沿轨}}//$ 和垂轨向等效平移误差 $\Delta p_{\text{沿轨}}\perp$ :

$$\Delta p_{\text{沿轨}}// = \Delta X, \Delta p_{\text{沿轨}}\perp = \Delta Y \quad (1)$$

在高空轨道上,各种摄动力量级较小且连续作用于卫星上,因此同轨前后视立体影像上各自的轨道误差在量级和方向上可认为基本一致,将不会改变立体影像的交会角度,因此垂轨向和沿轨向轨道误差引起的立体像对高程误差可以忽略。

轨道径向误差 $\Delta Z$ 将导致地面垂轨向产生平

收稿日期:2017-09-05

项目资助:国防科工局高分专项(AH1601);国家基础测绘科技项目(2017KJ0304)。

第一作者:周平,博士,副研究员,主要从事航天遥感数据处理理论与方法研究。zhoup@sasmac.cn



引文格式:吕冠南,唐新明,艾波,等.稀少控制的多平台星载 SAR 联合几何定标方法[J].测绘学报,2018,47(7):986-995. DOI:10.11947/j. AGCS.2018.20170283.

LÜ Guannan, TANG Xinming, AI Bo, et al. Hybrid Geometric Calibration Method for Multi-platform Spaceborne SAR Image with Sparse GCPs[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2018, 47(7): 986-995. DOI: 10.11947/j. AGCS.2018.20170283.

## 稀少控制的多平台星载 SAR 联合几何定标方法

吕冠南<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 艾波<sup>1</sup>, 李涛<sup>2</sup>, 陈乾福<sup>2</sup>

1. 山东科技大学测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048

## Hybrid Geometric Calibration Method for Multi-platform Spaceborne SAR Image with Sparse GCPs

LÜ Guannan<sup>1,2</sup>, TANG Xinming<sup>2</sup>, AI Bo<sup>1</sup>, LI Tao<sup>2</sup>, CHEN Qianfu<sup>2</sup>

1. College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China; 2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100048, China

**Abstract:** Geometric calibration is able to provide high-accuracy geometric coordinates of spaceborne SAR image through accurate geometric parameters in the Range-Doppler model by ground control points (GCPs). However, it is very difficult to obtain GCPs that covering large-scale areas, especially in the mountainous regions. In addition, the traditional calibration method is only used for single platform SAR images and can't support the hybrid geometric calibration for multi-platform images. To solve the above problems, a hybrid geometric calibration method for multi-platform spaceborne SAR images with sparse GCPs is proposed in this paper. First, we calibrate the master image that contains GCPs. Secondly, the point tracking algorithm is used to obtain the tie points (TPs) between the master and slave images. Finally, we calibrate the slave images using TPs as the control points. We take the Beijing-Tianjin-Hebei region as an example to study SAR image hybrid geometric calibration method using 3 TerraSAR-X images, 3 TanDEM-X images and 5 GF-3 images covering more than 235 kilometers in the north-south direction. Geometric calibration of all images is completed using only 5 GCPs. The GPS data extracted from GNSS receiver are used to assess the plane accuracy after calibration. The results after geometric calibration with sparse GCPs show that the geometric positioning accuracy is 3 m for TSX/TDX images and 7.5 m for GF-3 images.

**Key words:** SAR image; geometric calibration; R-D model; multi-platform; GF-3

**Foundation support:** The National Key Research and Development Programme of China (No. 2017YFB0502700); The National Natural Science Foundation of China (No. 41401529); Civilian Space Programme of China (No. D010102); The National Basic Surveying and Mapping Science and Technology Project (Nos. 2018KJ0204; 2018KJ0304)

**摘 要:** 几何定标采用地面控制点获取距离-多普勒模型中的精确几何参数,用于完成星载 SAR 影像高精度几何定位。但在广域范围内,特别是高山地区,控制点极难获取。此外,传统定标方法仅面向单一平台 SAR 影像,尚不能实现多平台影像的联合几何定标。针对上述问题,本文提出一种基于稀少控制的多平台星载 SAR 联合几何定标方法。该方法从包含实测控制点的主影像出发,使用点位追踪算法获取主影像与从影像之间的连接点,并以连接点为桥梁逐级完成从影像的几何定标。本文采用京津冀地区南北向分布共计 235 km 的 3 景 TerraSAR-X、3 景 TanDEM-X、5 景高分三号影像进行联合几何定标试验,仅使用 5 个控制点即完成了所有影像的几何定标,并利用 SF-3050 星站差分 GNSS 接收机采集实测 GPS 点进行精度评价。结果表明使用稀少控制点定标后的 TSX/TDX 影像的几何定位精度优于 3 m,GF-3 影像的几何定位精度优于 7.5 m,验证了该方法的有效性和正确性。

## Research Article

# Multitemporal Soil Moisture Retrieval over Bare Agricultural Areas by Means of Alpha Model with Multisensor SAR Data

Xiang Zhang<sup>1</sup>,<sup>1</sup> Xinming Tang,<sup>1</sup> Xiaoming Gao,<sup>1</sup> and Hui Zhao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, Beijing 100048, China

<sup>2</sup>National Geomatics Center of China, Beijing 100080, China

Correspondence should be addressed to Xiang Zhang; zhangxiangcunt@126.com

Received 25 January 2018; Revised 6 April 2018; Accepted 30 April 2018; Published 23 May 2018

Academic Editor: Qingyan Meng

Copyright © 2018 Xiang Zhang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The objective of this research is to optimize the Alpha approximation model for soil moisture retrieval using multitemporal SAR data. The Alpha model requires prior knowledge of soil moisture range to constrain soil moisture estimation. The solution of the Alpha model is an undetermined problem due to the fact that the number of observation equations is less than the number of unknown parameters. This research primarily focused on the optimization of Alpha model by employing multisensor and multitemporal SAR data. The disadvantage of the Alpha model can be eliminated by the combination of multisensor SAR data. The optimized Alpha model was evaluated on the basis of a comprehensive campaign for soil moisture retrieval, which acquired multisensor time series SAR data and coincident field measurements. The agreement between the estimated and measured soil moisture was within a root mean square error of  $0.08 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$  for both methods. The optimized Alpha model shows an obvious improvement for soil moisture retrieval. The results demonstrated that multisensor and multitemporal SAR data are favorable for time series soil moisture retrieval over bare agricultural areas.

## 1. Introduction

Soil moisture is an essential parameter controlling many biophysical processes that impact water, energy, and carbon exchanges at the land-atmosphere interface. Synthetic aperture radar (SAR) is one of the most promising techniques for measuring surface soil moisture at moderate-to-high spatial resolution required by hydrological, meteorological, ecological, and agricultural applications [1–3]. However, accurate soil moisture retrieval from SAR data is still a challenging task due to the fact that the radar backscatter is influenced by multiple parameters such as soil dielectric constant (related to soil moisture), surface roughness, and vegetation conditions [4–10]. Therefore, soil moisture retrieval from SAR data is an ill-posed problem, and thus, it requires either prior knowledge of vegetation and soil surface parameters or multiple configuration SAR data. The multitemporal [11, 12], multi-incidence angle [13–15], multipolarization [16–19], and multifrequency [20] SAR

data are increasingly applied for soil moisture retrieval to avoid using less observations than the number of unknown parameters [21, 22].

The availability of SAR data characterized by short repeating cycles such as Radarsat-2, Sentinel-1, ALOS-2, Cosmo-SkyMed, and TerraSAR-X/TanDEM-X provides possible alternatives for monitoring soil moisture change at fine spatial scales through change detection methods [23]. The rationale of such approach is that temporal changes of surface roughness and vegetation take place at longer temporal scales than soil moisture changes [24–27]. Therefore, time series SAR data acquired with short repeat cycles are expected to obtain the soil moisture change. A change detection method referred to as the Alpha approximation model was initially developed under a simplified theoretical assumption [28], being that the ratio of two consecutive backscatter measurements could be approximately represented as the squared ratio of corresponding Alpha coefficients. The Alpha approximation model has

引文格式:李国元,唐新明.资源三号 02 星激光测高精度分析与验证[J].测绘学报,2017,46(12):1939-1949. DOI:10.11947/j. AGCS. 2017.20170174.

Li Guoyuan, Tang Xinming. Analysis and Validation of ZY-3 02 Satellite Laser Altimetry Data [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017, 46(12): 1939-1949. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2017.20170174.

## 资源三号 02 星激光测高精度分析与验证

李国元<sup>1,2,3</sup>, 唐新明<sup>1,2,3</sup>

1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023

## Analysis and Validation of ZY-3 02 Satellite Laser Altimetry Data

LI Guoyuan<sup>1,2,3</sup>, TANG Xinming<sup>1,2,3</sup>

1. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100048, China; 2. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China

**Abstract:** ZY-3 02 satellite loaded with Chinese first earth observing satellite laser altimeter, and has been launched successfully on 30th May, 2016. In this paper, the theoretical accuracy of the laser altimeter is analyzed, and several experimental areas are used to verify the actual accuracy. At the same time, the application of the laser altimetry data in the field of space-borne photogrammetry is tested. The laser altimetry theoretical accuracy of ZY-3 02 satellite in the flat area (slope less than 2 degrees) is about 0.85 m and 14.2 m in the elevation and planimetry direction, respectively. The effective laser altimetry data account for about 23.89%, and near the calibration field the elevation accuracy is 0.89 m, and planimetry accuracy is about 14.76 m. Moreover, the verified elevation accuracy is 1.09 m in the North China by high precision DSM terrain data, and laser footprint points accuracy on the surface of the Bohai inland sea is about 0.47 m. When the laser foot print point is used as elevation control point, the elevation accuracy of the ZY-3 02 satellite stereo images in Shaanxi Weinan can be increased from 11.54 m to 1.90 m without GCPs. Although ZY3-02 satellite laser altimeter is just a test, the results proved that the domestic satellite laser altimetry data can effectively improve the stereo images without GCPs, which will be valuable in the global mapping project. It is suggest that operational laser altimeter equip on the next satellite of ZY-3 serials.

**Key words:** ZY-3 02 satellite; satellite laser altimetry; accuracy analysis; global mapping

**Foundation support:** The National Natural Science Foundation of China (No. 41601505); The Special Fund for High Resolution Images Surveying and Mapping Application System of China (No. AH1601-8); The Surveying and Mapping Basic Research Program of National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information (Nos. 2017KJ0204; 2018KJ0204)

**摘 要:** 资源三号 02 星搭载了我国首台对地观测的卫星激光测高试验性载荷, 对该载荷的精度进行了理论分析, 并采用多个区域进行了实际精度验证, 同时对其在航天测绘中的应用进行了试验。资源三号 02 星激光测高仪在平坦地区(坡度 $\leq 2^\circ$ )的理论高程精度为 0.85 m、平面精度 14.2 m。试验表明, 资源三号 02 星激光测高仪获得的有效测高数据约占 23.89%, 检校场区域其高程精度为 0.89 m, 平面精度为 14.76 m; 华北地区高精度 DSM 地形数据验证其高程精度为 1.09 m, 内陆渤海海面上的激光高程精度为 0.47 m。将激光足印点作为高程控制点时, 在陕西渭南试验区能将资源三号 02 星立体影像无地面控制的高程精度从 11.54 m 提高到 1.90 m。虽然资源三号 02 星激光测高仪为试验性载荷, 但试验结果证实国产卫星激光测高数据能有效提高立体影像无地面控制的高程精度, 在全球测图工程中具有推广应用价值, 建议后续立体测图卫星搭载业务化应用的激光测高仪。

# Integration of ZY3-02 Satellite Laser Altimetry Data and Stereo Images for High-Accuracy Mapping

Guoyuan Li, Xinming Tang, Xiaoming Gao, Xia Wang, Wenfeng Fan, Jiyi Chen, and Fan Mo

## Abstract

*Integration of satellite laser altimetry data and stereo images without ground control points (GCPs) is an attractive method for global mapping. In this paper, we propose a new strategy of integrating Ziyuan3-02 (ZY3-02) satellite stereo images and laser altimetry data using a rigorous sensor model (RSM) with laser ranging constraint under the synchronized and rational function model (RFM) with laser elevation constraint under the non-synchronized capture for high-accuracy mapping without GCPs. Four experimental regions in China are selected to validate the method. The results show that the ZY3-02 satellite laser altimetry data can be used to improve the elevation accuracy of stereo images to better than 3.0 m without GCPs. All of the conclusions are valuable for the development of China's next generation of surveying and mapping satellites.*

## Introduction

High-accuracy geo-location without ground control points (GCPs) is the key aim of satellite remote sensing, which is very important for global mapping and resource monitoring. The ZY3-02 satellite was launched on 30 May 2016 with China's first experimental satellite laser altimeter to validate the elevation control point collection and accuracy improvement of stereo images without GCPs. Satellite stereo images and laser altimetry data comprise two different types of mapping sources. The former, namely high-resolution satellite images (HRISIs), have been widely used and researched with a few GCPs (Grodecki and Dial, 2003; Tong *et al.*, 2010; Teo, 2011; Pablo, 2013; Pan, 2016); the latter, has rarely been implemented for Earth observation, except for the Ice Cloud and Land Elevation Satellite (ICESat), which carried the first laser altimeter, the Geo-science Laser Altimeter System (GLAS), for monitoring ice sheets, estimating biomass, and obtaining land elevation control points (Abshire *et al.*, 2005; Schutz *et al.*, 2005; Carbajal *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2011). However, ICESat was just loaded with a laser altimeter but not stereo cameras.

Guoyuan Li is with the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, 1 Baishengcun Road, Beijing 100048, P. R. China, with the Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, 1 Wenyuan Road, Nanjing 210023, P.R. China, and also with the School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, P.R. China.

Xinming Tang is with the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, 1 Baishengcun Road, Beijing 100048, P. R. China.

Xiaoming Gao, Xia Wang, Wenfeng Fan, Jiyi Chen, and Fan Mo are with the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, 1 Baishengcun Road, Beijing 100048, P. R. China.

What's more, although many satellite-based laser altimeters have been launched, including the Lunar Orbiter Laser Altimeter (LOLA) on the Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO), the Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA) on the Mars Global Surveyor (MGS), all of them just observe other planets rather than the Earth. Therefore, the ZY3-02 satellite maybe the first to be able to observe the Earth using a laser altimeter and stereo cameras synchronously.

For Earth observation, some researchers have focused on the ICESat laser data to improve the accuracy of InSAR or stereo images. In order to measure the surface changes on Byrd Glacier, Schenk *et al.* (2005) proposed a method of matching the terrain features extracted from ICESat laser altimetry data and aerial or satellite images that depended on the terrain characteristics and the density of laser points. DongChen *et al.* (2009) combined the GLAS altimetry data and Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) stereo images in the Antarctic region to generate maps. The method used the GLAS data as an elevation reference only for medium-resolution satellite images (MRSIs). Wendleder *et al.* (2016) eliminated the long-wave height error of the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) DSM using the ICESat laser altimeter points on flat and non-vegetated areas as a control source, which has been applied for global mapping. High-resolution global DSMs from ALOS PRISM named AW3D30 (denoting ALOS World 3D, 30 m) were generated by viewing the ICESat laser points as an elevation control (Takaku *et al.*, 2014). While the above papers considered GLAS data that were not obtained at the same time as the InSAR or stereo images as an elevation control, the ZY3-02 satellite can capture laser and stereo images synchronously. Moreover, the aim of the ZY3 series satellites is 1:50 000 scale mapping without GCPs, so it is valuable to research and validate whether the laser altimetry data from ZY3-02 can improve the mapping accuracy of stereo images without ground control data. Using GLAS data of ICESat as an elevation control to improve the elevation accuracy of the ZY3-01 satellite stereo images by the rational function model (RFM) was validated in our preceding papers (Li *et al.*, 2016a, 2016b). In this paper, the combined adjustment using RFM with laser elevation constraint or RSM with laser ranging constraint is comprehensively implemented for ZY3-02 satellite stereo images and laser altimetry data to improve the elevation accuracy of stereo images without GCPs.

The organization of the rest of this paper is as follows. In the next Section, the methodology of combining the ZY3-02 satellite laser altimetry data and stereo images is proposed, followed by the experimental data and material; next, the results are described. The experimental results are discussed,

Photogrammetric Engineering & Remote Sensing  
Vol. 84, No. 9, September 2018, pp. 569–578.  
0099-1112/18/569–578

© 2018 American Society for Photogrammetry  
and Remote Sensing  
doi: 10.14358/PERS.84.9.569



## Article

# Spatio-Temporal Super-Resolution Reconstruction of Remote-Sensing Images Based on Adaptive Multi-Scale Detail Enhancement

Hong Zhu <sup>1,2</sup>, Xinming Tang <sup>1,3,4</sup>, Junfeng Xie <sup>1,3,5,\*</sup>, Weidong Song <sup>5</sup>, Fan Mo <sup>1</sup> and Xiaoming Gao <sup>1,3,5</sup>

- <sup>1</sup> Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100048, China; zhuhong@sasmac.cn (H.Z.); bxm@sasmac.cn (X.T.); mof@sasmac.cn (F.M.); gaoxm@sasmac.cn (X.G.)
- <sup>2</sup> College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China
- <sup>3</sup> Key Laboratory of Satellite Surveying and Mapping Technology and Application, NASG, Beijing 10048, China
- <sup>4</sup> School of Earth Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 211100, China
- <sup>5</sup> School of Surveying and Geographical Science, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; lntu\_sw\_d@163.com
- \* Correspondence: xiejf@sasmac.cn; Tel.: +86-10-6841-2292

Received: 14 December 2017; Accepted: 2 February 2018; Published: 7 February 2018

**Abstract:** There are many problems in existing reconstruction-based super-resolution algorithms, such as the lack of texture-feature representation and of high-frequency details. Multi-scale detail enhancement can produce more texture information and high-frequency information. Therefore, super-resolution reconstruction of remote-sensing images based on adaptive multi-scale detail enhancement (AMDE-SR) is proposed in this paper. First, the information entropy of each remote-sensing image is calculated, and the image with the maximum entropy value is regarded as the reference image. Subsequently, spatio-temporal remote-sensing images are processed using phase normalization, which is to reduce the time phase difference of image data and enhance the complementarity of information. The multi-scale image information is then decomposed using the  $L_0$  gradient minimization model, and the non-redundant information is processed by difference calculation and expanding non-redundant layers and the redundant layer by the iterative back-projection (IBP) technique. The different-scale non-redundant information is adaptive-weighted and fused using cross-entropy. Finally, a nonlinear texture-detail-enhancement function is built to improve the scope of small details, and the peak signal-to-noise ratio (PSNR) is used as an iterative constraint. Ultimately, high-resolution remote-sensing images with abundant texture information are obtained by iterative optimization. Real results show an average gain in entropy of up to 0.42 dB for an up-scaling of 2 and a significant promotion gain in enhancement measure evaluation for an up-scaling of 2. The experimental results show that the performance of the AMED-SR method is better than existing super-resolution reconstruction methods in terms of visual and accuracy improvements.

**Keywords:** remote-sensing image; super-resolution reconstruction; multi-scale deposed; adaptive detail enhancement

## 1. Introduction

We address the problem of generating a high-resolution (HR) image given multiple low-resolution (LR) images [1,2]. At present, this is a research hotspot in the remote-sensing image processing field. In the super-resolution reconstruction technology applied in optical satellite remote-sensing image processing, homologous or heterogeneous sequences of remote-sensing images with the same area are used for super-resolution (SR) reconstruction to improve image spatial



## 资源三号 02 星激光测高误差分析与指向角粗标定

唐新明<sup>1,2</sup> 陈继溢<sup>1,2</sup> 李国元<sup>1,2</sup> 高小明<sup>1,2</sup> 张文君<sup>3</sup>

1 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京,100048

2 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心,江苏 南京,210023

3 北京国测星绘信息技术有限公司,北京,100048

**摘要:**2016 年 5 月 30 日,中国成功发射了民用三线阵立体测图卫星资源三号 02 星,该卫星搭载了我国第一个用于对地观测的激光测高试验性载荷。资源三号 02 星在轨运行以来获取了多轨测高数据,为保证其测高数据的有效应用,需分析影响测高精度的各项误差来源,并通过一定的方法予以消除或减弱。首先根据卫星激光测高严密几何模型分析资源三号 02 星激光测高的各项误差来源,分析表明激光指向角对激光测高精度的影响相对较大;构建通过已有大范围地形数据进行激光指向角粗标定的数学模型,并利用已有公开地形数据(AW3D30 DSM)对激光指向角进行粗标定,从而提高激光足印定位精度。实验结果表明,利用已有地形数据对指向角进行粗标定后,能将激光测高精度从几十米提高到 3 m 以内,验证了卫星激光测高误差分析的合理性和利用已有地形数据修正激光指向角的数学模型的有效性,为消除卫星激光测高粗差提供了参考,能为星载激光测高外场在轨检校工作提供支撑。

**关键词:**星载激光测高;误差分析;指向角粗标定;精度验证

**中图分类号:**P237

**文献标志码:**A

激光雷达作为一种主动遥感探测方式,具有方向性好、测距精度高特点,在深空探测和地球科学领域展现了巨大的应用潜力。美国于 2003 年发射的 ICESat 卫星(Ice, Cloud and Land Elevation Satellite)搭载了地球科学激光测高系统(Geoscience Laser Altimetry System, GLAS),提供了一种精确测量地表高程分布的新方法,在极地冰盖监测、全球森林生物量估算、陆地高程测量等方面得到了非常广泛的应用<sup>[1-2]</sup>。

将星载激光测高技术应用于高分辨率光学立体测图卫星,辅助航天摄影测量以提高卫星几何定位精度(特别是高程方向的精度)已成为一种重要的技术手段。文献[3-4]对星载激光测高数据辅助卫星摄影测量进行了分析与仿真实验,证明了采用该方法提高高程精度的可行性;文献[5-7]对 ICESat/GLAS 数据进行筛选,并与资源三号影像联合平差,将资源三号影像的无控定位精度从 5 m 提高到了 3 m。由此可见,研究卫星激光测高技术对提高中国卫星测图精度具有重要意义。

然而,消除或减弱卫星激光测高误差是其应用的前提。文献[8-10]对星载激光测高误差进行了分析,但不够全面,且没有针对性。文献[11]构建了卫星激光测高的严密几何模型,并对测高精度进行了初步分析,但没有深入分析影响测高精度的误差源。文献[12]利用实测地形数据通过模拟激光回波波形的办法,对 ICESat/GLAS 激光指向角和测距进行了检校与验证。文献[13]建立了基于自然地形的激光测高精检校模型,分析并验证了利用小范围自然地形进行激光测高精检校的有效性。文献[14]利用平坦盐湖区域地形信息,验证了 ICESat/GLAS 搭载的激光器在不同阶段的测高精度。但是,资源三号 02 星激光测高试验性载荷与 ICESat/GLAS 的各项性能、指标都不尽相同,无法采用 ICESat/GLAS 的方法直接处理。在激光指向角误差变化未知的情况下,先期进行粗标定非常必要。

本文根据星载激光测高严密几何模型,系统地分析了资源三号 02 星激光测高的误差来源。

收稿日期:2017-09-12

项目资助:国家重点研发计划(2016YFE0205300);国家自然科学基金青年科学基金(41601505);高分辨率对地观测系统重大专项应用共性关键技术项目(11-Y20A11-9001-17/18,11-Y20A13-9001-17/18)。

第一作者:唐新明,博士,研究员,主要从事航天摄影测量研究。tangxinming99@qq.com

通讯作者:陈继溢,硕士。chenjy@sasmac.cn

引文格式:唐新明,李涛,高小明,等.雷达卫星自动成图的精密干涉测量关键技术[J].测绘学报,2018,47(6):730-740. DOI:10.11947/j. AGCS.2018.20170621.  
TANG Xinming, LI Tao, GAO Xiaoming, et al. Research on Key Technologies of Precise InSAR Surveying and Mapping Application Using Automatic SAR Imaging[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2018, 47(6): 730-740. DOI:10.11947/j. AGCS.2018.20170621.

## 雷达卫星自动成图的精密干涉测量关键技术

唐新明, 李 涛, 高小明, 陈乾福, 张 祥

国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048

### Research on Key Technologies of Precise InSAR Surveying and Mapping Application Using Automatic SAR Imaging

TANG Xinming, LI Tao, GAO Xiaoming, CHEN Qianfu, ZHANG Xiang

Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying Mapping and Geoinformation, Beijing 100048, China

**Abstract:** Precise InSAR is a new intelligent photogrammetric technology using the automatic imaging and processing means. It becomes the most efficient satellite-surveying-and-mapping (SASM) way that uses interferometric phase to create global digital elevation model (DEM) with high-precision. In this paper, we proposed the systematic InSAR technologies applied in SASM. Three key technologies are proposed. They are calibration technology, data processing technology and the post-processing technologies. Firstly, we need to calibrate the geometric and interferometric parameters including azimuth time delay, range time delay, atmospheric delay as well as baseline errors. Secondly, we have to use the calibrated parameters to create precise DEM. One of the important procedures in data processing is the phase constant determination. Finally, we improve the quality of DEM by jointly using block-adjustment method, long-and-short baseline combination method as well as descending-and-ascending data merge method. We use 6 TanDEM-X data that covers Shanxi to carry out the experiment. The root-mean-square error of final DEM is 5.07 m in the mountainous regions. And the area with low coherence is 0.8 km<sup>2</sup>. The accuracy meets the accuracy of China domestic SASM standard at 1 : 50 000 and even the 1 : 25 000 measurement scales.

**Key words:** InSAR; global mapping; calibration; post-processing; DEM

**Foundation support:** The National Key R&D Programme of China (No. 2017YFB0502700); The Civilian Space Programme of China (No. D010102); The National Basic Surveying and Mapping Science and Technology Plan (No. 2016KJ0204/2017KJ0204); The Non Profit Industry Research Subject (No. 201512022); The Independent Investment Projects of State Power Economic Research Institute "Research on SAR and Optical Image Fusion and Application in Power Engineering"

**摘 要:** 本文介绍用于未来自动成图的数字摄影测量智能化新方法之一:精密干涉测量新方法。它采用合成孔径雷达干涉(interferometric SAR, InSAR)技术获取极高精度的地形信息,现已成为最有效的全球测图手段之一。本文提出了面向全球测图的精密干涉测量系统技术,其中包含测量检校技术、数据处理技术及数据后处理技术。首先,需采用定标设备对几何及干涉参数进行测量检校,主要包括方位向时间延迟、距离向时间延迟、大气延迟及基线误差等。其次,需采用检校参数进行干涉数据处理,获取高精度 DEM 数据,干涉数据处理的关键技术包括相位初值确定方法等。最后,采用区域网平差、长短基线组合及升降轨融合等后处理技术完成全球 DEM 数据的生产和精度的逐步提升。本文采用 6 景覆盖陕西地区的 TanDEM-X 数据进行了数据处理及后处理试验,并获取了山地区域高程精度为 5.07 m,低相干面积为 0.8 km<sup>2</sup> 的 DEM 数据,这为我国 1 : 50 000 乃至 1 : 25 000 比例尺全球测图提供了技术参考。

引文格式:王之栋,唐新明,李涛.InSAR 时空基线对 DEM 精度的影响分析[J].测绘通报,2018(2):61-66. DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2018.0045.

## InSAR 时空基线对 DEM 精度的影响分析

王之栋<sup>1,2,3</sup>,唐新明<sup>3</sup>,李涛<sup>3</sup>

(1. 兰州交通大学,甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省地理国情监测工程实验室,甘肃 兰州 730070;

3. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京 100048)

**摘要:**InSAR 是获取全球 DEM 的重要手段。然而 InSAR 地形测绘过程中极易受各类干涉要素的影响,其中基线是重要的干涉要素之一。本文采用天津地区 40 景 TerraSAR-X 影像构成的 780 个干涉对,定量分析了时空基线对 InSAR 地形测绘的影响,试验结果表明,空间基线越大,高程精度越高,两者呈幂函数关系;时间基线越大,高程精度越低,两者呈线性函数关系。因此在地形测绘过程中,应在确保相干性的前提下采用尽量长的空间基线,同时确保足够短的时间基线,消除时间失相干的影响。本文为国产 SAR 卫星的构型设计提供了技术参考。

**关键词:**InSAR;空间基线;时间基线;DEM 精度

中图分类号:P237

文献标识码:A

文章编号:0494-0911(2018)02-0061-06

## Impact Analysis of InSAR Spatio-temporal Baseline on DEM Accuracy

WANG Zhidong<sup>1,2,3</sup>,TANG Xinming<sup>3</sup>,LI Tao<sup>3</sup>

(1. Faculty of Geomatics,Lanzhou Jiaotong University,Lanzhou 730070,China;

2. Geography national condition detection Engineering Laboratory of Gansu province,Lanzhou 730070,China;

3. Satellite Surveying and Mapping Application Center,National Administration of Surveying Mapping and Geo-information,Beijing 100048,China)

**Abstract:** InSAR is an important method of acquiring global DEM. However, the InSAR topographic mapping processing is affected by various interferometric factors, in which baseline is one of the most important elements. We quantitatively analyzed the effect of spatio-temporal baseline in InSAR topographic mapping, and analyzed 40 TerraSAR-X images of Tianjin which composed 780 interferograms after image processing. The experimental results show that the larger spatial baseline is, the higher the accuracy of elevation is, and there is a power function relationship. There is a linear function relationship between temporal baseline and accuracy of elevation, and great temporal baseline comes low accuracy of elevation. Therefore, in the process of topographic mapping, it is necessary to use the longest spatial baseline as long as the coherence is ensured, while ensuring a short temporal baseline in order to eliminate time decorrelation. This paper provides technical reference for the configuration design of homemade SAR satellite.

**Key words:** InSAR; spatial baseline; time baseline; DEM accuracy

合成孔径雷达干涉(synthetic aperture radar interferometry, InSAR)技术利用同一地区的两景干涉 SAR 影像得到地表高程信息和形变信息。近年来,InSAR 地形测绘技术因其高精度、大范围、全天候、强时效的特点,在地形测绘中得到广泛的关注和研究<sup>[1]</sup>。影响 InSAR 地形测绘精度的主要因素有卫星斜距、卫星位置、卫星速度、干涉相位及干涉基线等,其中干涉基线是干涉过程中极为重要的参数<sup>[2]</sup>。

基线要素包括空间基线、时间基线和多普勒基线,其中空间基线(垂直基线)和时间基线是影响 DEM 精度较为重要的因素<sup>[3]</sup>。德国宇航中心的

Gerherd Krieger 研究表明通过全球定位系统(global positioning system, GPS)载波相位测量并结合高精度轨道模型,空间基线在星上测量精度可以达到 1~2 mm<sup>[4]</sup>。J.H González 研究发现,对空间基线的测量进行参数校正后,DEM 的测高精度可以达到 0.5 m 以内<sup>[5]</sup>。Hanssen 通过实验仿真,研究了空间基线对相干性的影响,建立了空间基线去相干与极限基线和垂直基线的关系<sup>[6]</sup>。Fiedler 通过建立空间基线去相干和干涉相位误差的关系模型,分析了空间基线去相关对测高精度的影响<sup>[7]</sup>。Zebker 和 Villasenor 在假设时间基线去相干仅与散射体的移动有关的前提下,建立了时间基线对相干性影响的

收稿日期:2017-09-19;修回日期:2017-12-13

基金项目:国家重点研发计划(2017YFB0502700);国家民用航天计划(D010102);国家基础测绘科技计划(2017KJ0204;2017KJ0304)

作者简介:王之栋(1993—),男,硕士生,主要研究方向为合成孔径雷达干涉测量。E-mail:zdwang\_gis@foxmail.com





## Article

# ZY3-02 Laser Altimeter Footprint Geolocation Prediction

Junfeng Xie <sup>1,2,3</sup>, Xinming Tang <sup>1,2,4</sup>, Fan Mo <sup>1,\*</sup>, Guoyuan Li <sup>1</sup>, Guangbin Zhu <sup>1,2</sup>, Zhenming Wang <sup>1</sup>, Xingke Fu <sup>1,2</sup>, Xiaoming Gao <sup>1,2</sup> and Xianhui Dou <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100048, China; xiejf@sasmac.cn (J.X.); txm@sasmac.cn (X.T.); ligy@sasmac.cn (G.L.); zhugb@sasmac.cn (G.Z.); wangzm@sasmac.cn (Z.W.); fck@sasmac.cn (X.F.); gaoxm@sasmac.cn (X.G.); douch@sasmac.cn (X.D.)

<sup>2</sup> Key Laboratory of Satellite Surveying and Mapping Technology and Application, NASG, Beijing 100048, China

<sup>3</sup> School of Surveying and Geographical Science, Liaoning Technology University, Fuxin 123000, China

<sup>4</sup> School of Earth Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 211100, China

\* Correspondence: mof@sasmac.cn; Tel.: +86-10-6841-2489

Received: 17 July 2017; Accepted: 19 September 2017; Published: 21 September 2017

**Abstract:** Successfully launched on 30 May 2016, ZY3-02 is the first Chinese surveying and mapping satellite equipped with a lightweight laser altimeter. Calibration is necessary before the laser altimeter becomes operational. Laser footprint location prediction is the first step in calibration that is based on ground infrared detectors, and it is difficult because the sample frequency of the ZY3-02 laser altimeter is 2 Hz, and the distance between two adjacent laser footprints is about 3.5 km. In this paper, we build an on-orbit rigorous geometric prediction model referenced to the rigorous geometric model of optical remote sensing satellites. The model includes three kinds of data that must be predicted: pointing angle, orbit parameters, and attitude angles. The proposed method is verified by a ZY3-02 laser altimeter on-orbit geometric calibration test. Five laser footprint prediction experiments are conducted based on the model, and the laser footprint prediction accuracy is better than 150 m on the ground. The effectiveness and accuracy of the on-orbit rigorous geometric prediction model are confirmed by the test results. The geolocation is predicted precisely by the proposed method, and this will give a reference to the geolocation prediction of future land laser detectors in other laser altimeter calibration test.

**Keywords:** ZY3-02 laser altimeter; geometric calibration; footprint location prediction; rigorous geometric prediction model; pointing angle prediction; orbit prediction; attitude prediction

## 1. Introduction

Elevation measurement accuracy is a major evaluation element of surveying and mapping satellites, and elevation accuracy is a very important factor in surveying and mapping products, such as a digital orthographic model (DOM), digital elevation model (DEM), digital surface model (DSM), etc., [1–3]. A high-resolution remote sensing, surveying, and mapping satellite system can deliver high precise image products with precise auxiliary data, such as satellite attitude and orbit data. Surveying and mapping satellite always has a small base-to-height ratio less than 1, so elevation measuring accuracy will be a bottleneck in satellite photogrammetry [4,5]. In the past, we could apply ground control points (GCPs) or ground elevation control points to reduce elevation error of satellite image products when the covered area was small, but now we cannot apply this method to global surveying and mapping [6,7]. Thus, we should take some actions to improve elevation accuracy of satellite image products, and meet the demands of highly-precise global surveying and mapping.

# Vertical Accuracy Effect Verification for Satellite Imagery With Different GCPs

Ping Zhou, Xinming Tang, Zhenming Wang, Ning Cao, and Xia Wang

**Abstract**—This letter expands the block adjustment method by, respectively, adopting high-precision global positioning system (GPS) points, geoscience laser altimeter system (GLAS) data, and Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)-digital elevation model (DEM) as vertical control data. Block adjustment experiments were conducted with these control data, with 388 ZY-3 satellite stereo image pairs across over 18 600 km<sup>2</sup> of land in Hubei province of China utilized as experimental images and 180 GPS points as checkpoints. The experimental results obtained show that, with the adoption of 23 GPS points as control points, the horizontal root-mean-square error (RMSE) and vertical RMSE of the ZY-3 image improved from 10.97 to 5.72 m and from 7.12 to 1.65 m, respectively. Furthermore, with the adoption of 326 GLAS data points as vertical control points, the vertical RMSE of the ZY-3 images of the flat terrain areas and mountain terrain areas improved to 1.69 and 3.62 m, respectively. Through block adjustment constrained by SRTM-DEM, the vertical RMSE of the ZY-3 images was 1.44 m for flat terrain areas and 3.05 m for mountain terrain areas, respectively. The vertical accuracy of the satellite images was significantly enhanced, especially on the flat terrain area, when GLAS and SRTM-DEM were used for vertical control block adjustment, which is similar to the vertical accuracy of block adjustments adopting GPS points as control.

**Index Terms**—Block adjustment, geoscience laser altimeter system (GLAS), ground control points (GCPs), Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), vertical accuracy.

## I. INTRODUCTION

CURRENTLY, satellite images have become one of the main data sources for production and updating of various scale geographic information products. However, owing to various factors, various errors are introduced during the satellite imaging procedure, which leads to inaccurate direct positioning of the ground target. Block adjustment of satellite images is the main method used to improve the geometric precision of images. Block adjustment of satellite images is primarily conducted using either of two approaches: block adjustment based on the rigorous imaging geometric model [1] or block adjustment based on the rational function model (RFM) [2].

Manuscript received January 3, 2017; revised April 24, 2017; accepted May 12, 2017. Date of publication June 6, 2017; date of current version July 20, 2017. This work was supported in part by the Key Application Generic Technology of China High-resolution Earth Observation System under Grant GF7-5, in part by the Special Fund for High Resolution Images Surveying and Mapping Application System under Grant AH1601, and in part by the Fundamental Surveying and Mapping Science and Technology Project under Grant 2016KJ0304. (Corresponding author: Ping Zhou.)

The authors are with the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100044, China (e-mail: zhoup@sasmac.cn; txm@sasmac.cn; wangzm@sasmac.cn; caon@sasmac.cn; wangx@sasmac.cn).

Color versions of one or more of the figures in this letter are available online at <http://ieeexplore.ieee.org>.

Digital Object Identifier 10.1109/LGRS.2017.2705339

High-precision ground control points (GCPs), such as global positioning system (GPS) points acquired by field measurement, are the most common horizontal and vertical control data for block adjustment, and can significantly improve the geometric accuracy of satellite images [3], [4]. However, because of the large imaging range of satellite imagery, the cost and time of acquiring high-precision GCPs is relatively high and long, while GCPs can scarcely be obtained in some poor natural condition areas. Therefore, the available public geographic information data are good alternatives to high-precision GCPs for vertical assistance of block adjustment. In 2003, the ICESat satellite equipped with the geoscience laser altimeter system (GLAS) was launched by the United States to obtain high-precision laser altimetry data. Two billion laser points were collected before it ceased operation in October of 2009. GLAS data can be divided into 15 categories of standard data products (GLA01–GLA15) [5], among which GLAS14 is the land elevation data records of the average elevation value of the ground footprint, which is 70 m in diameter, corresponding to each laser pulse. The horizontal accuracy and vertical accuracy of the GLAS data are 10 m and 15 cm, respectively, for flat terrain [6]. The GLAS data were used as vertical control for ZY-3 satellite block adjustment by Li *et al.* [7], which enhanced the vertical accuracy to about 3 m. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) program, spearheaded by the United States in 2000, flew the Space Shuttle Endeavor onboard, equipped with C-band spaceborne imaging radar and X-band synthetic aperture radar, to acquire the regular grid of digital elevation model (DEM) products between 56 °S and 60 °N. The SRTM-DEM has two resolutions: 3'' (approximately 90 m) and 1'' (approximately 30 m). The nominal absolute vertical accuracy is 16 m (LE90) and the absolute horizontal accuracy is 20 m (CE90) [8]. According to the research on the global range SRTM-DEM data accuracy by worldwide scholars, the vertical root-mean-square error (RMSE) can reach 2–5 m on flat terrain [9], [10]. D'Angelo and Reinartz [11] proposed a method to obtain a 3-D point cloud through the forward intersection of satellite stereo image pairs and matching the 3-D point cloud with SRTM-DEM, which is used as the control data, to obtain the affine RFM correction parameters of the stereo image. Their proposed method significantly improved the horizontal accuracy and vertical accuracy of CARTOSAT-1 images.

This letter first proposed and designed a block adjustment method that adopts GLAS and SRTM-DEM data as vertical control. Then, employing 388 ZY-3 satellite stereo image pairs across 19 000 km<sup>2</sup> of Hubei province in China, we conducted

## 基于地面红外探测器的星载激光测高仪在轨几何定标

李国元<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>1,2</sup>, 樊文锋<sup>1</sup>, 窦显辉<sup>1</sup>, 马 跃<sup>3</sup>

- (1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048;  
2. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023;  
3. 武汉大学 电子信息学院, 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 高精度在轨几何定标是星载激光测高仪有效应用的基础, 在参考国外冰、云和陆地高程卫星 (Ice, cloud and land Elevation Satellite, ICESat) 卫星搭载的地球科学激光测高系统 (Geo-science Laser Altimeter System, GLAS) 几何定标的基础上, 提出了一种基于地面红外探测器的星载激光测高仪几何定标方法。采用资源三号 02 星上搭载的国内首台试验性地观测激光测高仪的真实数据开展了实验验证。实验结果表明: 地面红外探测器能有效捕捉到激光测高仪对地发射的激光信号, 几何定标方法能有效消除指向角的系统误差项, 标定后平面绝对精度可提高到 15.0 m 左右, 而华北某地高精度地形数据验证表明其绝对高程精度可提高到 1.09 m, 少量点高程误差小于 0.5 m。虽然精度水平离国外 GLAS 还有一定差距, 但相关结论能为后续国产激光测高卫星的优化设计、数据处理与应用提供参考。

**关键词:** 几何定标; 红外探测器; 星载激光测高仪; 激光指向

**中图分类号:** TN958.98 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3788/IRLA201746.1117004

## On-orbit geometric calibration of satellite laser altimeter using ground-based IR detectors

Li Guoyuan<sup>1,2</sup>, Tang Xinming<sup>1,2</sup>, Fan Wenfeng<sup>1</sup>, Dou Xianhui<sup>1</sup>, Ma Yue<sup>3</sup>

- (1. Satellite Surveying and Mapping Application Centre, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100048, China; 2. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China; 3. School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** High precision on-orbit geometric calibration is an indispensable step for space-borne laser altimeter, and which is the foundation for effective application. Considering the geometric calibration method of foreign Geo-science Laser Altimeter System (GLAS) loaded on Ice cloud and land Elevation Satellite (ICESat), an algorithm of satellite laser altimeter geometric calibration was proposed, which used the ground infrared detectors to capture the laser signal transmitted from the satellite. Experiment was carried out using ZY3-02 satellite, which was equipped with domestic first laser altimeter for earth observation. The result shows that the ground infrared detectors can effectively capture the laser signal

收稿日期: 2017-03-10; 修订日期: 2017-04-20

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金(41601505); 国家高分专项高分遥感测绘应用示范系统项目(AH1601-8); 国家测绘地理信息局 2017 年基础测绘科技项目(2017KJ0204)

作者简介: 李国元(1984-), 男, 注册测绘师, 博士, 主要从事卫星激光测高方面的研究。Email: ligy@sasmac.cn



# 资源三号国产星敏感器事后定姿方案 设计与系统实现

谢俊峰<sup>1,2</sup> 唐新明<sup>1</sup> 莫凡<sup>1</sup> 刘志龙<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京, 101300

<sup>2</sup> 辽宁工程技术大学测绘与地理信息学院, 辽宁 阜新, 123000

<sup>3</sup> 信息工程大学地理空间信息学院, 河南 郑州, 450000

**摘要:** 作为绝对姿态测量精度最高的仪器, 星敏感器已广泛应用在当前大多遥感卫星上, 其定姿精度直接影响光学测绘遥感卫星的几何定位能力。针对资源三号卫星首次下传的国产 APS 原始星图数据, 设计并实现了一套基于国产星图的地面事后定姿方案。该方案充分利用地面事后定姿时间充足、计算资源丰富的特点, 重点对星图预处理、星表重构、星图识别、恒星相机在轨检校等关键技术进行优化和改进, 实现了一套资源三号国产星敏感器事后定姿系统, 并将其应用于基于国产星图的绝对姿态确定中。利用资源三号卫星下传原始星图对该系统进行全面试验验证, 结果分析表明, 事后定姿系统不仅可靠性高, 而且定姿精度达到 1.82 角秒 ( $1\sigma$ , 光轴指向精度), 优于星上处理 2.18 角秒 ( $1\sigma$ ), 为资源三号卫星原始星图业务化处理提供了技术保障。

**关键词:** 资源三号卫星; 事后定姿方案; 星图预处理; 星表重构; 星图识别; 在轨检校; 定姿精度

**中图分类号:** P231

**文献标志码:** A

2012 年 1 月 9 日, 我国首颗民用自主高分辨率立体测绘卫星资源三号在太原卫星发射基地成功升空。卫星轨道高度 505 km, 装载有三线阵(前、正、后视)全色和多光谱(红、绿、蓝、近红外共 4 个波段)相机, 主要用于生产全国基础地理信息 1:5 万测绘产品, 开展 1:2.5 万或更大比例尺地图的修测和更新, 以及其他国土资源调查和监测等<sup>[1-3]</sup>。

卫星姿态是影响测绘遥感卫星几何定位精度的重要参数之一<sup>[4,5]</sup>。如果不考虑其他误差因素, 对于 500 km 轨道高度的卫星, 1 角秒姿态误差会引起地面大约 2.5 m 平面几何精度损失。为确保满足卫星 1:5 万立体测图精度的工程要求, 资源三号卫星除了携带两个德国 ASTRO-10 星敏感器外, 还加载了一个国产 APS 星敏感器。一方面, 该星敏感器可以与 ASTRO-10 互为备份, 提高姿控系统的稳健性; 另一方面, 首次下传 2 Hz 输出的原始星图, 通过在轨运行, 分析和验证国产星敏感器的性能和精度, 为后续实际在轨应用奠定基础。

为了进一步提高国产星敏感器的姿态测量精度, 并将其应用于资源三号卫星应用系统中, 本文

在卫星发射前基于地面模拟数据突破的星表重构、星图识别、相机在轨检校等关键技术的基础上, 设计并实现了一套从星图预处理到精度评估的事后定姿系统, 该系统结合国产星敏感器在轨工作特点, 新增“死像元检测”、“均匀性校正”等预处理方法。最后利用资源三号下传国产星敏原始星图数据进行试验验证。

## 1 基于星图的事后定姿

### 1.1 基于星图事后定姿方案设计

星敏感器定姿利用星相机对太空中的恒星进行拍摄并提取影像上星像点坐标, 通过与星上预存的已知导航星表进行对比, 利用识别的恒星位置来计算星敏的姿态信息<sup>[6]</sup>。其主要步骤包括质心提取、星图识别、姿态解算等。卫星在轨期间, 为了确保平台飞行安全, 要求星上实时定姿方法实时可靠。特别是星上实时定姿处理器性能受到限制的情况下, 往往选择较为简单的模型算法作为处理方法, 以确保星上定姿的可靠性。而基于

收稿日期: 2015-08-23

项目资助: 国家青年自然科学基金(41301525, 41571440); 测绘地理信息公益性行业科研专项(201512012), 基础测绘青年科技项目(1461501900202); 国家测绘地理信息局青年学术带头人基金(201607)。

第一作者: 谢俊峰, 博士, 副研究员, 主要从事精密定姿、卫星影像几何处理以及星载激光雷达几何检校等研究。xiejf@sasmac.cn



引文格式:唐新明,谢俊峰,付兴科,等.资源三号02星激光测高仪在轨几何检校与试验验证[J].测绘学报,2017,46(6):714-723. DOI:10.11947/j.AGCS.2017.20160597.

TANG Xinming, XIE Junfeng, FU Xinke, et al. ZY3-02 Laser Altimeter On-orbit Geometrical Calibration and Test[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017, 46(6): 714-723. DOI: 10.11947/j.AGCS.2017.20160597.

## 资源三号02星激光测高仪在轨几何检校与试验验证

唐新明<sup>1</sup>, 谢俊峰<sup>1,2</sup>, 付兴科<sup>1</sup>, 莫凡<sup>1</sup>, 李少宁<sup>3</sup>, 窦显辉<sup>1</sup>

1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048; 2. 辽宁工程技术大学测绘与地理科学学院, 辽宁 阜新 123000; 3. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079

### ZY3-02 Laser Altimeter On-orbit Geometrical Calibration and Test

TANG Xinming<sup>1</sup>, XIE Junfeng<sup>1,2</sup>, FU Xingke<sup>1</sup>, MO Fan<sup>1</sup>, LI Shaoning<sup>3</sup>, DOU Xianhui<sup>1</sup>

1. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100048, China; 2. School of Surveying, Mapping and Geoinformation Science, Liaoning Technology University, Fuxin 123000, China; 3. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

**Abstract:** ZY3-02 is the first satellite equipped with a laser altimeter for earth observation in China. This laser altimeter is an experimental payload for land elevation measurement experiment. The ranging and pointing bias of the laser altimeter would change due to the launch vibration, the space environment difference or other factors, and that could bring plane and elevation errors of laser altimeter. In this paper, we propose an on-orbit geometric calibration method using a ground-based electro-optical detection system based on the analysis of ZY3-02 laser altimeter characteristic, and this method constructs the rigorous geometric calibration model, which consider the pointing and ranging bias as unknown systematic errors, and the unknown parameters are calibrated with laser spot's location captured by laser detectors and the minimum ranging error principle. With the ALOS-DSM data as reference, the elevation accuracy of the laser altimeter can be improved from 100 ~ 150 meters before calibration to 2 ~ 3 meters after calibration when the terrain slope is less than 2 degree. With several ground control points obtained with RTK in laser footprint for validation, the absolute elevation precision of laser altimeter in the flat area can reach about 1 meter after the calibration. The test results demonstrated the effectiveness and feasibility of the proposed method.

**Key words:** ZY3-02 satellite; laser altimeter; elevation precision; geometric calibration; ground-based laser detection

**Foundation support:** The Project of High Resolution Images Surveying and Mapping Application System (No. AH1601-9); The National Fund for Basic Surveying and Mapping (No. 2016KJ0204); The National Science Foundation for Young Scientists of China (No. 41301525); The National Natural Science Foundation (No. 41571440); The Young academic leaders Fund of National geographic information bureau of surveying and mapping (No. D1501)

**摘要:**我国在资源三号02星上首次搭载了一台用于对地观测的试验性载荷——激光测高仪。开展对地观测的激光测高试验。由于卫星发射时的振动以及入轨后空间环境变化等因素影响,激光测高仪的指向、测距等系统参数相对于发射前地面测量值可能发生变化,从而引起激光的平面和高程误差。本文根据资源三号02星激光测高仪特点,提出了一种基于地面探测器的在轨几何检校方法,该方法构建了以指向、测距为系统误差的严密几何检校模型,以激光测距值残差最小为原则,利用地面探测器捕获的激光光斑位置作为参考,实现系统误差参数高精度在轨几何检校。利用卫星在轨测试期间多个试验场

引文格式:唐新明,谢俊峰,莫凡,等.资源三号02星激光测高仪足印位置预报方法[J].测绘学报,2017,46(7):866-873. DOI:10.11947/j. AGCS.2017.20160639.  
TANG Xinming, XIE Junfeng, MO Fan, et al. Footprint Location Prediction Method of ZY3-02 Altimeter[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017, 46(7): 866-873. DOI:10.11947/j. AGCS.2017.20160639.

## 资源三号02星激光测高仪足印位置预报方法

唐新明<sup>1</sup>, 谢俊峰<sup>1,2</sup>, 莫凡<sup>1</sup>, 朱广彬<sup>1</sup>, 窦显辉<sup>1</sup>, 张强<sup>3</sup>, 李国元<sup>1</sup>, 欧阳斯达<sup>1</sup>

1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 海淀 100048; 2. 辽宁工程技术大学测绘与地理科学学院, 辽宁 阜新 123000; 3. 武汉大学卫星导航定位技术研究中心, 湖北 武汉 430079

### Footprint Location Prediction Method of ZY3-02 Altimeter

TANG Xinming<sup>1</sup>, XIE Junfeng<sup>1,2</sup>, MO Fan<sup>1</sup>, ZHU Guangbin<sup>1</sup>, DOU Xianhui<sup>1</sup>, ZHANG Qiang<sup>3</sup>, LI Guoyuan<sup>1</sup>, OUYANG Sida<sup>1</sup>

1. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100048, China; 2. School of Surveying, Mapping and Geoinformation Science, Liaoning Technology University, Fuxin 123000, China; 3. GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan 430079, China

**Abstract:** On-orbit geometric calibration is an essential way to improve plane and elevation accuracy of laser altimeter data, and the laser footprint location prediction is a prerequisite for calibration based on land infrared detector. This paper builds a laser footprint location prediction model for China's first space-borne laser altimeter carried by ZY3-02, which refers to the satellite optical camera rigorous geometry imaging model. The model takes full account of the law of platform movement, and correlates laser emission center with ground footprint point. We get the precise predicted laser pointing by Pyramid terrain matching, ephemeris by acceleration prediction, and attitude by frequency analysis. The laser footprint location can be predicted. This laser footprint location prediction model were successfully applied in the calibration test of the laser altimeter on ZY3-02 satellite, and the maximum error between the predicted location and real footprint location obtained by triggered detectors is less than 150 m, which proves the validity of the proposed model. The proposed method provides the precise point-to-point prediction from satellite to ground for Chinese remote sensing satellite, and offers a technological support for the space-borne laser altimeter calibration in future.

**Key words:** laser altimeter; laser footprint; rigorous geometric positioning prediction model; pointing prediction; orbit prediction; attitude prediction

**Foundation support:** The Project of High Resolution Images Surveying and Mapping Application System (No. AH1603-9); The National Fund for Basic Surveying and Mapping (No. 2016KJ0204); The National Science Foundation for Young Scientists of China (No. 41301525); The National Natural Science Foundation (No. 41571440); The Young academic leaders Fund of National Geographic Information Bureau of Surveying and Mapping (No. D1501)

**摘 要:** 激光测高仪在轨几何检校是提高激光点平面和高程精度的必要途径,而激光足印地准确捕获是成功开展激光测高仪在轨几何检校的前提。本文针对资源三号02星搭载的我国首台激光测高仪的在轨几何检校试验需要,在参考光学遥感卫星成像几何模型的基础上,提出并构建了一套严密的激光足印位置预报模型。该模型充分顾及卫星平台在轨运行规律及激光与卫星相对几何关系,建立了激光发射点到地面足印的严密几何定位预报模型,通过金字塔地形匹配、基于加速度轨道预测以及频率域姿态分析分别获取预估的激光指向、轨道位置和姿态信息,实现地面激光足印的位置预报。该模型已应用于资源三号02星激光测高仪在轨几何检校试验中,预报的激光足印位置与探测器捕获到的实际位置的最大

引文格式:唐新明,王鸿燕,祝小勇.资源三号卫星测绘技术与应用[J].测绘学报,2017,46(10):1482-1491. DOI:10.11947/j.ags.2017.20170251.

TANG Xinming, WANG Hongyan, ZHU Xiaoyong. Technology and Applications of Surveying and Mapping for ZY-3 Satellites [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017, 46(10): 1482-1491. DOI: 10.11947/j.ags.2017.20170251.

## 资源三号卫星测绘技术与应用

唐新明,王鸿燕,祝小勇

国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京 100048

## Technology and Applications of Surveying and Mapping for ZY-3 Satellites

TANG Xinming, WANG Hongyan, ZHU Xiaoyong

Satellite Surveying and Mapping Application Center (SASMAC), National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100048, China

**Abstract:** This paper systematically summarizes the research and development of technology and product since the launch of the ZY-3 surveying and mapping satellite, as well as the data application. Based on the introduction about satellite system technical parameters, this paper describes the processing methods about radiation correction, attitude post-processing, geometric calibration and imaging geometric model, and introduces the project realization in the past 5 years. The application of the data is summarized and analyzed, and the development prospect of the mapping satellite is briefly expected.

**Key words:** the satellite ZY-3; processing method; data application

**Foundation support:** The National Natural Science Foundation of China (No. 41571440); The National Key Research and Development Program of China (No. 2016YFB0501402)

**摘要:**系统总结了资源三号测绘卫星发射以来的技术、产品研发及数据应用情况。在介绍卫星总体技术参数的基础上,阐述了影像的辐射校正、姿态处理、几何检校、成像模型建立的方法,以及5年来的工程实现情况,对数据的应用情况进行了概括和总结,并简单展望了测绘卫星的发展前景。

**关键词:**资源三号;处理方法;数据应用

中图分类号:P237

文献标识码:A

文章编号:1001-1595(2017)10-1482-10

基金项目:国家自然科学基金(41571440);国家重点研发计划(2016YFB0501402)

### 1 资源三号卫星总体情况

资源三号卫星是我国高分辨率光学传输型立体测图卫星,卫星采用三线阵测绘方式,由具有良好交会角的前视、正视和后视相机通过对同一地面点不同视角的观测,形成立体影像,同时配以精确的内外方位元素参数,准确获取影像的三维地面坐标。文献[1—3]指出,资源三号卫星影像可用于生产1:5万测绘产品,以及开展1:2.5万及更大比例尺地形图的修测与地理信息更新,并应用于国土资源调查和监测等诸多行业。

国家测绘地理信息局和中国航天科技集团,从2003年年底开始联合成立论证组,在测绘遥感和地理信息多位院士和专家的大力支持下,对我

国1:5万立体测图卫星需求的必要性和可行性进行了分析和论证。2008年3月,国务院正式批准资源三号卫星工程立项。2012年1月9日,资源三号01星在太原卫星发射中心成功发射,7月30日,卫星完成在轨交付。

资源三号卫星采用太阳同步圆轨道,设计轨道高度为505 km,可对地球南北纬84°以内的地区实现无缝影像覆盖,每59天完成对我国领土和全球范围的一次影像覆盖。卫星采用三线阵测绘方式,前视和后视相机的影像地面分辨率为3.6 m,正视相机分辨率设计指标优于2.1 m,基高比0.89。多光谱相机包括红、绿、蓝、近红外4个波段,分辨率为5.8 m。姿态主要由3台星敏感器、高精度陀螺、太阳敏感器和红外敏感器控制,姿态

引文格式:李涛,唐新明,高小明,等.星载 InSAR 在地形测绘中的误差来源分析[J].测绘通报,2017(11):37-41.DOI:10.13474/j.cnki.11-2246.2017.0344.

## 星载 InSAR 在地形测绘中的误差来源分析

李 涛,唐新明,高小明,陈乾福

(国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京 100048)

**摘要:**合成孔径雷达干涉(InSAR)技术是最有效的测图手段之一,然而 InSAR 地形测绘过程中极易受到各类误差的影响。本文探讨了国产 SAR 卫星无法业务化干涉的主要原因,并从卫星的干涉几何出发,研究了 InSAR 在地形测绘中的误差来源,研究表明,主星定轨误差、斜距测量误差、基线测量误差以及相位误差是地形测绘中的一级误差源。最终对一级误差带来的高程误差进行了定量分析,并对部分一级误差进行了分解,定位了二级误差源。

**关键词:**InSAR;卫星测绘;DEM

**中图分类号:**P237

**文献标识码:**A

**文章编号:**0494-0911(2017)11-0037-05

## Spaceborne InSAR Topographic Surveying and Mapping Error Sources Analysis

LI Tao, TANG Xinming, GAO Xiaoming, CHEN Qianfu

(Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Synthetic aperture radar interferometric is one of the most efficient methods in global surveying and mapping (SAM) applications. However, InSAR is easily affected by kinds of error sources in SAM applications. In this paper, We discuss the reason why domestic SAR satellites fail to provide interferograms operationally. Then we provide the error sources given the interferometric geometry. The first-level error sources of InSAR are defined as master orbital error, slant range error, baseline vector error as well as unwrapped phase error. The error sources are decomposed so that the errors of the second-level are revealed and analyzed in the paper.

**Key words:** InSAR; satellite surveying and mapping; DEM

合成孔径雷达干涉(synthetic aperture radar interferometry, InSAR)技术使用对同一地区进行重复观测的两景 SAR 影像获取地表的高程或变形信息。InSAR 最初被用于金星的地形测量,并在 1974 年首次应用于地球地形测绘<sup>[1]</sup>。现阶段,使用 InSAR 技术的航天飞机雷达地形测绘任务(shuttle radar topography mission, SRTM)已经可以提供全球纬度范围-56°至 60°内的 16 m 高程精度数字高程模型(digital elevation model, DEM)<sup>[2]</sup>。使用 TanDEM-X 编队卫星获取的 DEM 更是将覆盖范围扩展到南极,全球范围内 90%点对点高程精度达到了 3.49 m 以内<sup>[3]</sup>。

国内外已经针对 InSAR 地形测绘开展了较多的研究。例如,德国宇航局的学者针对 TanDEM-X 卫星进行了详细的误差分析,并面向星上和地面定标技术开展了大量的先期技术探讨和论证。这种星

地一体化的论证方式,共同保障了 TanDEM-X 的测绘精度<sup>[4]</sup>。国内也有学者曾采用简单的机载模型进行了 InSAR 地形测绘的误差分析<sup>[5]</sup>,但是模型未考虑地球曲率的影响,现阶段普遍采用更为通用的星载分布式 InSAR 的误差分析模型<sup>[6]</sup>,然而其中基线依然是机载模型的基线表达方式,只考虑了长度和倾角。此外,国内针对机载 InSAR 技术也作过部分干涉定标研究,而面向星载 InSAR 的干涉定标技术受到数据质量的限制,研究相对较少。

本文面向分布式星载 InSAR 在地形测绘中的应用,研究卫星的 8 个直接观测量,并给出观测量在地形测绘中的误差传播公式。这 8 个观测量包括主星三维位置矢量、斜距、基线三维矢量以及相位。本文将其定义为一误差源,并对一误差源进行分解,给出对应的二级误差源。

收稿日期:2017-09-06;修回日期:2017-10-01

基金项目:国家重点研发计划(2017YFB0502700);国家民用航天计划(D010102);国家基础测绘科技计划(2016KJ0204/2017KJ0204);测绘地理信息公益性行业科研专项经费(201512022);国网北京经济技术研究院自主投入科技项目

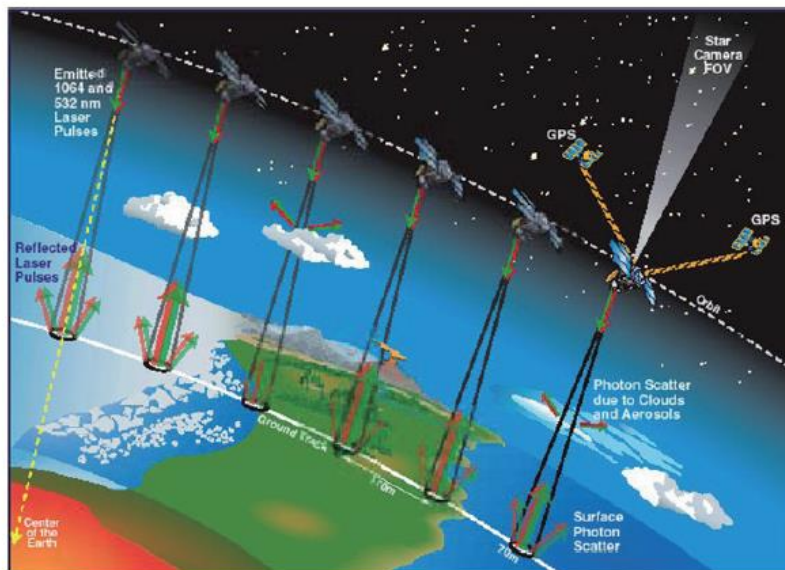
作者简介:李 涛(1987—),男,博士,工程师,主要从事 InSAR 地形测绘的相关研究,包括 SAR 卫星测绘指标的论证、InSAR 地形测绘的数据处理算法研究、SAR 卫星几何检校与干涉测量检校算法研究等。E-mail:lit@sasmac.cn



## Development and Prospect of laser altimetry satellite

## 激光测高卫星的发展与展望

■ 唐新明 李国元 (国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心)



一直以来,国内有些学者对卫星激光测高(SLA)、卫星雷达测高(SRA)、卫星激光测距(SLR)3种不同的技术产生混淆,而后两者技术发展相对较快,导致对卫星激光测高的关注度不高,客观上制约了国产激光测高卫星的发展。文章从3种技术对比入手,对国内外激光测高卫星的发展现状进行了较为详细的梳理,对美国未来几年对地观测激光测高领域的前端部署进行了介绍,以期引起国内对卫星激光测高技术更多的关注,能够制定更为科学的国产激光测高卫星发展规划。

# 多准则约束的ICESat/GLAS高程控制点筛选

李国元<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>1,2</sup>, 张重阳<sup>2,3</sup>, 高小明<sup>2</sup>, 陈继溢<sup>2</sup>

1. 武汉大学 资源与环境科学学院, 武汉 430079;

2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100830;

3. 北京国测星绘信息技术有限公司, 北京 100130

**摘要:** 激光测高卫星在获取全球高程控制点方面具有独特的优势, 本文针对ICESat(Ice, Cloud and land Elevation Satellite)卫星上搭载的地球激光测高系统GLAS(Geo-science Laser Altimetry System), 提出了一种多准则约束的高程控制点筛选算法。算法综合利用全球公开版的SRTM(Shuttle Radar Topography Mission) DEM数据对GLAS进行粗差剔除, 然后利用GLA14产品中的云量、姿态质量标记、饱和度参数、增益参数等多种与测距有关的属性参数进行粗粒度的筛选, 保留受云层、大气、地表反射率等影响较小的激光足印点, 最后结合GLA01的波形特征参数做进一步精细筛选, 提取出高精度的激光点作为高程控制点。本文还采用天津、河北两个实验区的数据, 利用高精度的DEM成果数据对筛选的结果进行了验证。实验结果表明, 经多准则约束筛选后的激光足印点具有很高的高程精度, 能够作为1:50000甚至1:10000立体测图时的高程控制点使用, 研究结论可为国产高分辨率卫星在境外地区进行无地面控制点的立体测图提供参考。

**关键词:** ICESat/GLAS, 多准则约束, 激光测高卫星, 高程参考, 波形特征

**中图分类号:** P236 **文献标志码:** A

**引用格式:** 李国元, 唐新明, 张重阳, 高小明, 陈继溢. 2017. 多准则约束的ICESat/GLAS高程控制点筛选. 遥感学报, 21(1): 96-104  
Li G Y, Tang X M, Zhang C Y, Gao X M and Chen J Y. 2017. Multi-criteria constraint algorithm for selecting ICESat/GLAS data as elevation control points. Journal of Remote Sensing, 21(1): 96-104 [DOI: 10.11834/jrs.20175269]

## 1 引言

激光雷达LiDAR(Light Detection And Ranging)是一种集激光测距仪、全球定位系统GPS(Global Positioning System)和惯性导航系统INS(Inertial Navigation System)技术于一体的用于快速获取地面及地面目标3维信息的主动式观测系统, LiDAR技术与成像光谱、合成孔径雷达一起被列为对地观测系统(EOS, Earth Observing System)计划最核心的信息获取与处理技术(李然等, 2007)。激光测高卫星在快速获取地表3维信息、全球植被高度、两极冰盖高程变化监测等方面具有显著的优势(Schutz等, 2005)。采用星载激光测高仪辅助提高

卫星立体影像几何定位精度特别是高程精度, 已经得到了航天摄影测量界的认可(王任享, 2014; Li等, 2016)。虽然中国在“嫦娥”探月系列卫星上搭载了激光测高仪, 但在对地观测领域的星载激光测高卫星发展方面起步较晚, 计划于2017年发射的高分七号卫星上将同时搭载光学立体相机和激光测高仪, 将激光测高仪获得的激光足印点作为高程控制点辅助立体影像测图(唐新明和高小明, 2012; 唐新明等, 2016)。此外, 中国已经初步建成高精度的平面控制点数据库, 基本解决了1:50000的中国DOM快速生产及更新的问题(喻贵银, 2014), 而高程控制库的建设相对较弱, 控制数据的来源及精度还有待深入的研究(张重阳等,

收稿日期: 2015-11-16; 修订日期: 2016-08-18; 优先数字出版日期: 2016-08-25

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41601505); 国家高分专项高分遥感测绘应用示范系统项目(编号: AH1601-8); 国家测绘地理信息局2016年基础测绘科技项目(编号: 2016KJ0204)

第一作者简介: 李国元(1984—), 男, 博士, 研究生, 研究方向为激光测高卫星数据处理以及航天摄影测量。E-mail: ligy@sasmac.cn

通信作者简介: 唐新明(1966—), 男, 研究员, 研究方向为国产卫星测绘数据处理与应用。E-mail: txm@sasmac.cn

## 基于地面红外探测器的星载激光测高仪在轨几何定标

李国元<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>1,2</sup>, 樊文锋<sup>1</sup>, 窦显辉<sup>1</sup>, 马跃<sup>3</sup>

- (1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048;
2. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023;
3. 武汉大学 电子信息学院, 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 高精度在轨几何定标是星载激光测高仪有效应用的基础, 在参考国外冰、云和陆地高程卫星 (Ice, cloud and land Elevation Satellite, ICESat) 卫星搭载的地球科学激光测高系统 (Geo-science Laser Altimeter System, GLAS) 几何定标的基础上, 提出了一种基于地面红外探测器的星载激光测高仪几何定标方法。采用资源三号 02 星上搭载的国内首台试验性地观测激光测高仪的真实数据开展了实验验证。实验结果表明: 地面红外探测器能有效捕捉到激光测高仪对地发射的激光信号, 几何定标方法能有效消除指向角的系统误差项, 标定后平面绝对精度可提高到 15.0 m 左右, 而华北某地高精度地形数据验证表明其绝对高程精度可提高到 1.09 m, 少量点高程误差小于 0.5 m。虽然精度水平离国外 GLAS 还有一定差距, 但相关结论能为后续国产激光测高卫星的优化设计、数据处理与应用提供参考。

**关键词:** 几何定标; 红外探测器; 星载激光测高仪; 激光指向

**中图分类号:** TN958.98 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3788/IRLA201746.1117004

## On-orbit geometric calibration of satellite laser altimeter using ground-based IR detectors

Li Guoyuan<sup>1,2</sup>, Tang Xinming<sup>1,2</sup>, Fan Wenfeng<sup>1</sup>, Dou Xianhui<sup>1</sup>, Ma Yue<sup>3</sup>

- (1. Satellite Surveying and Mapping Application Centre, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100048, China; 2. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China; 3. School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** High precision on-orbit geometric calibration is an indispensable step for space-borne laser altimeter, and which is the foundation for effective application. Considering the geometric calibration method of foreign Geo-science Laser Altimeter System (GLAS) loaded on Ice cloud and land Elevation Satellite (ICESat), an algorithm of satellite laser altimeter geometric calibration was proposed, which used the ground infrared detectors to capture the laser signal transmitted from the satellite. Experiment was carried out using ZY3-02 satellite, which was equipped with domestic first laser altimeter for earth observation. The result shows that the ground infrared detectors can effectively capture the laser signal

收稿日期: 2017-03-10; 修订日期: 2017-04-20

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金(41601505); 国家高分专项高分遥感测绘应用示范系统项目(AH1601-8); 国家测绘地理信息局 2017 年基础测绘科技项目(2017KJ0204)

作者简介: 李国元(1984-), 男, 注册测绘师, 博士, 主要从事卫星激光测高方面的研究。Email: ligy@sasmac.cn

## Pointing Angle Calibration of ZY3-02 Satellite Laser Altimeter using Terrain Matching

Guoyuan Li<sup>a,b,c,\*</sup>, Xinming Tang<sup>a,b,c</sup>, Xiaoming Gao<sup>a,b,c</sup>, JiaPeng Huang<sup>a,d</sup>, JiYi Chen<sup>a,c</sup>, Jing Lu<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing, China - (lgy, txm, gaom, chenjiy, luj)@sasmac.cn

<sup>b</sup> School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan, China

<sup>c</sup> Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing, China

<sup>d</sup> School of Geomatics, Liaoning Technical University, Liaoning Fuxin 123000, China-18941821626@163.com

EuroCOW, WG I/4

**KEY WORDS:** ZY3-02; Satellite Laser Altimeter; Geometric Calibration; Terrain Matching; GLAS

### ABSTRACT:

After GLAS (Geo-science Laser Altimeter System) loaded on the ICESat (Ice Cloud and land Elevation Satellite), satellite laser altimeter attracts more and more attention. ZY3-02 equipped with the Chinese first satellite laser altimeter has been successfully launched on 30<sup>th</sup> May, 2016. The geometric calibration is an important step for the laser data processing and application. The method to calculate the laser pointing angle error based on existed reference terrain data is proposed in this paper. The public version terrain data, such as 90m-SRTM and 30m-AW3D30, can be used to estimate the pointing angle of laser altimeter. The GLAS data with simulated pointing error and actual ZY3-02 laser altimetry data is experimented to validate the algorithm. The conclusion will be useful for the future domestic satellite laser altimeter.

### 1. INTRODUCTION

ZY3-02 satellite was successfully launched on 30<sup>th</sup> May, 2016, which has equipped with the first satellite laser altimeter of China for earth observing. The laser altimeter on the ZY3-02 satellite was designed to validate the acquisition of the global high accuracy elevation control points and the possibility of stereo images accuracy improvement without GCPs (Ground Control Points) (Tang, et al, 2016). The on-orbit geometric calibration of satellite laser altimeter is a basic and indispensable for the effective application of altimetry data, especially in order to be used as control points. Some researchers presented variety geometric calibration methods for GLAS (Geo-science Laser Altimeter System) loaded on the ICESat (Ice Cloud and land Elevation Satellite) (Rowlands et al, 2000; Luthcke et al, 2000, 2002; Schutz, 2001; Martin et al, 2005; Sirota et al, 2005; Magruder et al, 2005), which contained maneuvering flight on the ocean, infrared imaging the ground footprint of GLAS laser points during the night, laying the ground detectors to capture the laser signal or waveform matching. According to the above calibration result, the accuracy of GLAS laser pointing angle could reach to better than 1.5", and the ranging accuracy was better than 10cm, which ensured the absolute elevation accuracy of 15cm on the flat terrain finally (Schutz et al, 2005; Wang et al, 2011). For ZY3-02 satellite laser altimeter, the pointing angle has some deviation between the truth and the measurement in the laboratory, which can not meet the demand of high accuracy laser data processing and the field experiment of laying ground detectors whose position should has little error calculated by the laser pointing angle value. So, the on-orbit geometric calibration to improve the accuracy of the pointing angle is urgent and very important for the next step of data processing or field experiment.

As early as a few years ago, scholars used the public version or the existed version of terrain reference data to evaluate or compensate the satellite image orientation parameters. Jeong et al (2012) used 90m grid global DEM to orient the high resolution satellite images and improve the images geometric accuracy. Kim, et al (2011) used the 3 dimensional similarity transform to compensate the attitude of the satellite and the

orbit parameter based DEM matching and rigorous sensor model, and improved the mapping accuracy of high resolution satellite image without GCPs. Zhou, et al (2016) pointed out that using SRTM 90m data can effectively improve ZY3 images without the control points, especially with better elevation accuracy. Moreover, matching the existed terrain data for orientation or position in cruise missile, underwater position and other fields have also been widely used (Rao et al, 2016). Affected by the measurement conditions and the precision of the instrument, gravity environment, vibration and other factors, the pointing angle error of ZY3-02 satellite laser altimeter is non-ignorable, which has distinct effect on both the planimetry and the elevation accuracy of the ground footprint. This paper proposes the ZY3-02 satellite laser pointing angle coarse calibration method based on the terrain matching, and the fine calibration needs other method, such as the ground detectors with high accuracy position measured by RTK-GPS. The simulated experiment derived from GLAS data and the true ZY3-02 satellite laser altimetry data is carried out and validated. In Section 2, the methodology is presented, and the experiment and analysis is implemented in Section 3. At last, the conclusion and future research work is remarked in Section 4.

### 2. METHODOLOGY

Considering that the satellite laser altimeter footprint points should be in agreement with the actual terrain profile, this paper uses the terrain matching to estimate the laser pointing angle, achieve the systematic deviation of laser pointing angle without other data and predict the initial footprint position for future field experiment effectively. The satellite laser altimetry data is a series of discrete points located on the ground along the track of the satellite and the coordinates of laser footprint points can be expressed as Eq.1, according to the referenced paper about ZY3-02 satellite (Tang, et al, 2016).

$$p_i(x, y, z) = f(\rho_i, d\rho, \theta, \alpha) \quad (1)$$

$(x, y, z)$  is the coordinate of the laser footprint pints.  $(\rho_i, d\rho, \theta, \alpha)$  is the laser ranging, ranging deviation and laser pointing angle. when the distance from satellite to the ground is

\* Corresponding author: lgy@sasmac.cn



## Vertical Accuracy Assessment of ZY-3 Digital Surface Model using ICESat/GLAS Laser Altimeter Data

Guoyuan Li <sup>a,b,c,\*</sup>, Xinming Tang <sup>a,b,c</sup>, Xiaoqi Yuan <sup>b,d</sup>, Ping Zhou <sup>b,c</sup>, Fen Hu <sup>b,c</sup>

<sup>a</sup> Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan, 430079, China - (lgy, txm)@sasmac.cn,

<sup>b</sup> Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing, 100048, China - (zhou.p.huf)@sasmac.cn,

<sup>c</sup> Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing, 210023, China,

<sup>d</sup> Changchun University of Science and Technology, Changchun, 130022, China - xqi314@126.com

HRIGI17, WG I/9

**KEY WORDS:** accuracy assessment, ZY-3 stereo images, DSM, ICESat/GLAS

### ABSTRACT:

The Ziyuan-3 (ZY-3) satellite, as the first civilian high resolution surveying and mapping satellite in China, has a very important role in national 1:50,000 stereo mapping project. High accuracy digital surface Model (DSMs) can be generated from the three line-array images of ZY-3, and ZY-3 DSMs of China can be produced without using any ground control points (GCPs) by selecting SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) and ICESat/GLAS (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite, Geo-science Laser Altimeter System) as the datum reference in the Satellite Surveying and Mapping Application Center, which is the key institute that manages and distributes ZY-3 products. To conduct the vertical accuracy evaluation of ZY-3 DSMs of China, three representative regions were chosen and the results were compared to ICESat/GLAS data. The experimental results demonstrated that the root mean square error (RMSE) elevation accuracy of the ZY-3 DSMs was better than 5.0 m, and it even reached to less than 2.5 m in the second region of eastern China. While this work presents preliminary results, it is an important reference for expanding the application of ZY-3 satellite imagery to widespread regions. And the satellite laser altimetry data can be used as referenced data for wide-area DSM evaluation.

### 1. INTRODUCTION

Digital surface model (DSMs) plays a very important role in many fields including hydrology, disaster monitoring, terrain analysis, and so forth. The Ziyuan-3 (ZY-3) satellite is the first civilian surveying and mapping stereo satellite of China, and it was launched on 9 Jan. 2012. The ZY-3 has three line-array panchromatic CCD (charge coupled device) cameras and a multi-spectral camera, and the following geometric resolutions are panchromatic: 2.1 m for nadir, 3.5 m for backward and forward, and 5.8 m for multi-spectral modes. Detailed information about ZY-3 is presented in Table 1. The main objective of ZY-3 is to obtain high resolution stereo images and generate national 1:50,000 digital elevation models (DEMs) and digital ortho maps (DOMs). The ZY-3 DSMs of China are derived from ZY-3 stereo images without ground control points (GCPs) and cover the entire country with a 15 m interval grid; WGS84+EGM96 is used as height reference datum. The accuracy, especially the vertical accuracy of China's ZY-3 DSMs, is crucial for the use of the DSMs in various applications, and such knowledge needs to be disseminated rapidly to meet the demands for such products. In this letter, the preliminary vertical accuracy in three regions was evaluated by comparing the results to select GLAS (Geo-science Laser Altimeter System) data loaded into the ICESat (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite) dataset and some high accuracy GCPs; ICESat was launched in 2003 and ended its mission in 2009, and during this time, it obtained global high accuracy height data spaced at 170 m along the tracks and 5–185 km across the tracks (Schutz, B.E. et al., 2005; Wang, X. et al., 2011; Zwally, H.J. et al., 2002).

Table 1. The basic parameters of the ZY-3 satellite (Tang, X. et al., 2012; Li, 2012)

Parameter	Number
Altitude	505 km
Mission duration	5 years
Repeat period	59 days
Image resolution	Panchromatic: nadir, 2.1 m; Backward and forward, 3.5 m; Multi-spectral: 5.8 m
Swath width	Approximately 52 km × 52 km
Wavelength	0.5–0.8 μm
Geo-location accuracy	No GCPs: Planimetry 10 m; Height 5 m With GCPs: Planimetry 3 m; Height 2 m

GCP, ground control points.

Li (2012) and Tang et al. (2012) performed some geometric accuracy assessments during the ZY-3 on-orbit testing period and the preliminary results were attractive. Wang et al. (2014) implemented systematic geo-location validation studies of ZY-3 data and the results validated that ZY-3 can obtain planimetric and vertical accuracy values of 10 m and 5m without GCPs, respectively. d'Angelo (2013) evaluated the performance of ZY-3 during DSM and ortho-photo generation on two scenes east of Munich and the overall root mean square error (RMSE) between the ZY-3 DSM and LIDAR (Light Detection and Ranging) reference products was found to be 2.0 m. Tang et al. (2015) evaluated the overall vertical RMSE of DSMs produced without GCPs in the Shanxi Province of northern China and derived an overall value of 5.56 m; flat terrain was associated with a smaller RMSE (4.37 m) than mountainous

\* Corresponding author: lgy@sasmac.cn

## 基于 HSI 色彩空间的资源三号影像阴影检测

徐德政<sup>1,2,3</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 祝小勇<sup>2,4</sup>, 邓小渊<sup>2</sup>

(1. 兰州交通大学 测绘与地理信息学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100089;

3. 甘肃省地理国情监测工程实验室, 甘肃 兰州 730070; 4. 武汉大学测绘遥感信息工程  
国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 由于遥感影像上某些区域的光照辐射不足, 不可避免地会产生阴影, 阴影意味着图像信息的损失, 而遥感影像的阴影检测在地物的识别和影像匹配方面具有重要意义。本文主要介绍的是基于 HIS 色彩空间的阴影检测方法, 在检测过程中, 根据阴影高色调低亮度的特性, 结合大津法计算比值图像最佳阈值进行遥感影像阴影检测, 并且在 RGB 色彩空间计算 G 分量的最佳阈值来排除树木植被和一些非阴影区域对阴影检测的影响。同时采用国产高分辨率卫星——资源三号的同一地区不同季节和不同太阳高度角的遥感数据进行阴影的对比检测。实验结果表明: 本文基于 HIS 色彩空间的阴影检测方法可以快速有效地检测出影像上的阴影, 并且能区分树木、河流等暗色物体。

**关键词:** 阴影检测; 大津法; HIS 色彩空间; 资源三号测绘卫星影像

**中图分类号:** P237 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-5867(2017)01-0056-03

## The Shadow Detection Algorithm Based on HSI Color Space for ZY-3 Satellite

XU De-zheng<sup>1,2,3</sup>, TANG Xin-ming<sup>2</sup>, ZHU Xiao-yong<sup>2,4</sup>, DENG Xiao-yuan<sup>2</sup>

(1. Faculty of Geomatics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; 2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASMG, Beijing 100089, China; 3. Gansu Provincial Engineering Laboratory for National Geographic State Monitoring, Lanzhou 730070, China; 4. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing (LIESMARS), Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Due to the lack of light radiation on certain areas of remote sensing image, inevitably there will be a shadow. Shadow means loss of image information, and shadow detection for remote sensing image is of great significance in the recognition of surface features and image matching. This paper mainly introduces the shadow detection Algorithm based on HIS color space. According to the characteristics of high tone and low brightness, the shadow of remote sensing image is detected, combined with Otsu method to calculate optimal threshold of ratio image. And besides, the impact of plants and some non-shaded areas is excluded by calculating the optimal threshold for the G component in the RGB color space. In the meantime, the program is completed by using the remote sensing image of the domestic high resolution ZY-3 satellite in different seasons and different solar elevation angles of the same areas. The Experimental results show that, the method based on HIS color space shadow detection can quickly and effectively detect the shadow image, and can distinguish between trees, rivers and the other dark objects.

**Key words:** shadow detection; Otsu algorithm; HIS color space; ZY-3 satellite images

## 0 引言

阴影是遥感影像的基本特征之一, 是影像中的暗色物体。由于太阳光被较高的建筑物或者树木等地物遮

挡, 遮挡区域的反射电磁波减弱, 在相应位置区域较暗。遥感图像中的阴影, 在不同的应用里意义也不同。一方面, 它们会导致阴影区域部分信息或者全部信息的丢失, 这会给影像分析、3D 场景再现和目标识别带来很多困难;

收稿日期: 2016-04-12

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项基金(201411119-1)资助

作者简介: 徐德政(1992-), 男, 湖南常德人, 地图学与地理信息系统专业硕士研究生, 主要研究方向为国产卫星几何精度检查。

## 双轨 D-InSAR 在济宁矿区地面沉降监测中的应用

吕冠南<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 高腾飞<sup>1</sup>, 吴翔宇<sup>3</sup>

(1. 山东科技大学 测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048;  
3. 山东鑫国煤电有限责任公司汶阳石膏矿, 山东 肥城 271606)

**摘要:**合成孔径雷达差分干涉测量技术(differential interferometry synthetic aperture radar, D-InSAR)已在矿区地面沉降监测中得到了广泛的应用。结合收集到的水准数据,选取了2009-01-10至2009-02-25时间段内的两景覆盖济宁东滩矿区的ALOS PARSAR数据,并以1:50 000的数字高程数据(digital elevation model, DEM)作为外部参考DEM,利用GAMMA软件中的双轨D-InSAR技术对矿区的地面沉降进行监测,获取了东滩矿区的差分干涉图、增强后的干涉图、相干图、沉降图等一系列结果图,并统计分析东滩矿区在该时间段的沉降量、沉降分布及沉降面积等信息;将地理编码后的沉降图与最邻近时间段的水准数据进行精度验证及分析。结果表明:双轨D-InSAR技术可以对矿区的地面沉降进行有效的监测。

**关键词:**摄影测量与遥感;矿区;地面沉降;双轨法;D-InSAR

**中图分类号:**P25/TU196

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-5867(2017)10-0024-04

## Application of Two-pass D-InSAR in Monitoring Jining Mining-induced Subsidence

LV Guan-nan<sup>1,2</sup>, TANG Xin-ming<sup>2</sup>, GAO Teng-fei<sup>1</sup>, WU Xiang-yu<sup>3</sup>

(1. College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China; 2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation of China, Beijing 100048, China; 3. Wenyang Gypsum Mine of Shandong Xinguo Coal Co. Ltd., Feicheng 271606, China)

**Abstract:** D-InSAR (differential interferometry synthetic aperture radar) has been widely used in monitoring mining-induced subsidence. Considering the collected leveling-measured data, two ALOS PALSAR images covering Dongtan mine area of Jining from 2009-01-10 to 2009-02-25 were processed to monitor mining-induced subsidence based on GAMMA, and the external DEM is 1:5 million DEM. Finally, a series of maps such as original differential interferogram, enhanced differential interferogram, coherence images and subsidence image are obtained, at the same time, the subsidence, the distribution and the subsidence area of Dongtan mine area are counted and analyzed during the imaging period, then the reliability and accuracy of D-InSAR monitored results are compared and verified with leveling-measured subsidence at nearest time interval. All of research results show that two-pass D-InSAR can be effectively used to monitor the mining-induced subsidence.

**Key words:** photogrammetry and remote sensing; mining area; ground subsidence; two-pass; D-InSAR

### 0 引言

由开采矿产所引起的地面沉降和塌陷已成为矿山开采地区常见的一种破坏性灾害。传统的矿区地表形变监测方法,主要是沿煤层走向和倾向方向布设一系列离散点来监测矿区工作面的变化,观测结果只能反映测站点

及附近很小范围的变形量,难以监测与分析整体形变结果<sup>[1]</sup>。在日益严重的大范围地面沉降的情形下,传统的形变监测方法已然无法满足需求。近年来,合成孔径雷达差分干涉测量技术因其所特有的空间连续覆盖、全天候和高精度等优势,在矿区地面沉降监测方面得到了广泛的应用。2005年,刘国林等<sup>[2]</sup>对合成孔径雷达干涉测

收稿日期:2016-12-05

基金项目:测绘地理信息公益性行业科研专项(201512022);国家基础测绘科技计划项目(2016KJ0204)资助

作者简介:吕冠南(1991-),男,山东滨州人,地图学与地理信息系统专业硕士研究生,主要研究方向为InSAR数据处理算法。

## IMPROVE THE ZY-3 HEIGHT ACCURACY USING ICESAT/GLAS LASER ALTIMETER DATA

Guoyuan Li<sup>a,b,c</sup>, Xinming Tang<sup>a,b,c,\*</sup>, Xiaoming Gao<sup>a,b,c</sup>, Chongyang Zhang<sup>c,d</sup>, Tao Li<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup> School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, China - (lgy, txm, gaomx)@sasmac.cn,

<sup>b</sup> Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing, China - rs\_litao@163.com

<sup>c</sup> Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing, China

<sup>d</sup> Beijing SatImage Information Technology Co., Ltd., Beijing, China, chyazh0909@163.com

Commission I, WG I/2

**KEY WORDS:** ZY-3, ICESat, GLAS, Satellite Laser Altimetry, Satellite LiDAR

### ABSTRACT:

ZY-3 is the first civilian high resolution stereo mapping satellite, which has been launched on 9th, Jan, 2012. The aim of ZY-3 satellite is to obtain high resolution stereo images and support the 1:50000 scale national surveying and mapping. Although ZY-3 has very high accuracy for direct geo-locations without GCPs (Ground Control Points), use of some GCPs is still indispensable for high precise stereo mapping. The GLAS (Geo-science Laser Altimetry System) loaded on the ICESat (Ice Cloud and land Elevation Satellite), which is the first laser altimetry satellite for earth observation. GLAS has played an important role in the monitoring of polar ice sheets, the measuring of land topography and vegetation canopy heights after launched in 2003. Although GLAS has ended in 2009, the derived elevation dataset still can be used after selection by some criteria.

In this paper, the ICESat/GLAS laser altimeter data is used as height reference data to improve the ZY-3 height accuracy. A selection method is proposed to obtain high precision GLAS elevation data. Two strategies to improve the ZY-3 height accuracy are introduced. One is the conventional bundle adjustment based on RFM and bias-compensated model, in which the GLAS footprint data is viewed as height control. The second is to correct the DSM (Digital Surface Model) straightly by simple block adjustment, and the DSM is derived from the ZY-3 stereo imaging after freedom adjustment and dense image matching. The experimental result demonstrates that the height accuracy of ZY-3 without other GCPs can be improved to 3.0 meter after adding GLAS elevation data. What's more, the comparison of the accuracy and efficiency between the two strategies is implemented for application.

### 1. INTRODUCTION

Using satellite images without GCPs (Ground Control Points) to realize global mapping is an attractive aim for photogrammetry researchers. As the first civilian high resolution stereo mapping satellite, ZY-3 has played an important role in the obtaining high accuracy stereo images to support the 1:50000 scale national surveying and mapping. Li (2012) and Tang et al. (2012) performed some geometric accuracy assessments during the ZY-3 on-orbit testing period and the preliminary results were attractive. Wang et al. (2014) has implemented systematic geo-location validation studies of ZY-3 data and the results validate that ZY-3 can obtain planimetric and vertical accuracy values of 10 m and 5m without GCPs (Ground Control Points), respectively. D'Angelo (2013) evaluated the ZY-3 performance for DSM and orthophoto generation on two scenes east of Munich, and the overall RMSE between ZY-3 DSM and LIDAR reference is 2.0 m. Tang et al. (2015) evaluated the overall vertical RMSE of DSM without GCPs was 5.56m. Cao et al. (2015) examined the geometric calibration and validation of the ZY-3's CCD linear array sensors. Although ZY-3 has very high accuracy for direct geo-locations without GCPs (Ground Control Points), use of some GCPs is still indispensable for high precise stereo mapping, especially in order to improve the elevation accuracy. ICESat (Ice Cloud and land Elevation Satellite) is the first laser altimetry satellite for earth observation, on which GLAS(Geo-

science Laser Altimetry System) was loaded (Zwally et al., 2002). After launched, ICESat/GLAS has obtained many laser altimeter data, which has been widely used in polar ice sheets monitoring, vegetation heights measurement and canopy evaluation, and land elevation surveying (Schutz et al., 2005; Wang et al., 2011). Because of the full-waveform acquisition equipment, high-precision data-processing algorithms, and a precise satellite-attitude and orbit-determination device, ICESat-1/GLAS data have very high vertical accuracy. Some researchers have carefully compared the height accuracy of GLAS data with more accurate data such as that from airborne laser scanning (Martin et al., 2005; Kurtz et al., 2008) and global navigation satellite system (GNSS) measurements (Fricker et al., 2005; Wen et al., 2011). In some flat regions, the elevation accuracy of GLAS footprint points can reach to dm even cm level, which can be used as elevation control. Atwood et al. (2007) showed that ICESat-1/GLAS data can be selected as GCPs to support DEM generation from InSAR data. Gonzalez et al. (2010) presented some criteria for GLAS point selection as height references for TanDEM-X DEM generation. Arefi and Reinartz. (2011) used the ICESat laser altimetry to correct the systematic height errors of ASTER global digital elevation models and obtained significant improvement. Li et al. (2016) introduced the GLAS footprint as elevation control points for ZY-3 satellite images stereo adjustment to improve the elevation accuracy.

\* Corresponding author: txm@sasmac.cn



## ZY-3 BLOCK ADJUSTMENT SUPPORTED BY GLAS LASER ALTIMETRY DATA

GUOYUAN LI (ligy@sasmac.cn)

XINMING TANG (txm@sasmac.cn)

*School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, China*

XIAOMING GAO (gaoxm@sasmac.cn)

HUABIN WANG (whb@sasmac.cn)

YU WANG (wangy@sasmac.cn)

*Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing, China  
and*

*Jiangsu Center for Collaborative Innovation and in Geographical Information Resource  
Development and Application, Nanjing, China*

### Abstract

*ZY-3 is the first Chinese civilian high-resolution stereo-mapping satellite, designed for 1:50 000 scale mapping. Although ZY-3 has a very high accuracy for direct image geolocation without ground control points (GCPs), the use of some GCPs is still indispensable for stereo mapping. A novel method is proposed whereby spaceborne Geoscience Laser Altimeter System (GLAS) laser altimetry datasets are viewed as generalised height control points to support a ZY-3 block adjustment. This method separates planimetric and height control, integrating the latter with GLAS data such that, without other GCPs, the vertical accuracy of ZY-3 images can be improved significantly. Both flat and mountainous terrain were selected to evaluate the proposed method. The results show that by adding two GLAS height control points for a single image, or spaced every 50 km in the along-track (orbital) direction for block images, the vertical accuracy can satisfy the requirements of 1:50 000 scale mapping, thus reducing the need for field surveying. Additionally, the method will be valuable for integrating spaceborne laser altimetry data and optical images for global mapping without any GCPs.*

**KEYWORDS:** block adjustment, GLAS, height control point, laser altimetry, ZY-3

### INTRODUCTION

SATELLITE PHOTOGRAMMETRY AND LASER ALTIMETRY are two important techniques that can be used to obtain three-dimensional geospatial information. However, due to the employment of optical stereo-mapping methods, errors can occur in the data caused by satellite-attitude and orbit-measurement inaccuracies, camera distortion and other sources. These errors affect

引文格式:周平,唐新明,曹宁,等. SRTM约束的无地面控制立体影像区域网平差[J]. 测绘学报, 2016, 45(11): 1318-1327. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2016. 20160219.  
ZHOU Ping, TANG Xinming, CAO Ning, et al. SRTM-aided Stereo Image Block Adjustment without Ground Control Points [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2016, 45(11): 1318-1327. DOI: 10.11947/j. AGCS. 2016. 20160219.

## SRTM约束的无地面控制立体影像区域网平差

周平, 唐新明, 曹宁, 王霞, 李国元, 张恒

国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048

## SRTM-aided Stereo Image Block Adjustment without Ground Control Points

ZHOU Ping, TANG Xinming, CAO Ning, WANG Xia, LI Guoyuan, ZHANG Heng

Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation, Beijing 100048, China

**Abstract:** With regard to the feature that the vertical precision of SRTM(shuttle radar topography mission)data in the flat terrain area is much higher than its nominal precision, it is proposed that a stereo block adjustment algorithm without ground control by adopting SRTM data as elevation constraint. In order to improve overall vertical accuracy of the image, by constructing a wide local area network and setting intensive connecting points, SRTM is set as the initial vertical value of connecting points. In the process of adjustment calculation, ground height of connecting points distributing in the flat terrain area is made sure to rigorously approach to vertical accuracy of SRTM. Through the experiment employing ZY-3 triple linear array stereo satellite images cover across all of Hubei province, the verification results prove that the method is effective. The height root mean square errors(RMSEs)of ZY-3 stereo images is improved from 7.2 m to 2.0 m without ground control, and the RMSEs of flat areas and mountain areas improved to 1.44 m and 3.0 m respectively, which fulfills the elevation accuracy requirement of national 1:25 000 scale mapping applications.

**Key words:** SRTM; rational function model; stereo image; block adjustment; without ground control points

**Foundation support:** The International Science and Technology Cooperation Program of China (No. 2014DFA21620); The Special Fund for High Resolution Images Surveying and Mapping Application System (No. AH1601-11); The Fundamental Surveying and Mapping Science and Technology Project (No. 2016KJ0304); The National Science Foundation for Young Scientists of China (No. 41601505)

**摘 要:** 针对 SRTM(shuttle radar topography mission)数据在平坦地形或局部区域的高程精度远远高于其标称精度的特点,研究设计了一种无地面控制条件下利用 SRTM 作为高程约束的立体区域网平差方法。通过构建一个较大范围区域网并匹配密集连接点,将 SRTM 作为连接点物方高程初值,并在平差解算过程中确保分布于地形平坦区域(根据经验,在该类区域 SRTM 精度较高)的连接点的物方高程严格趋近 SRTM 高程,最终实现大范围区域内影像高程精度的整体提升。通过以覆盖湖北省全境的资源三号卫星三线阵立体影像作为试验影像的试验验证表明,采用该平差方案,在无地面控制点条件下资源三号立体影像的高程中误差从 7.2 m 提升到 2.0 m,其中地形平坦区域高程中误差 1.44 m,山地区域高程中误差 3.0 m,达到了我国 1:25 000 比例尺测图应用的高程精度要求。

**关键词:** SRTM; 有理函数模型; 立体影像; 区域网平差; 无地面控制

中图分类号:P237

文献标识码:A

文章编号:1001-1595(2016)11-1318-10

基金项目:国家国际科技合作专项(2014DFA21620);高分遥感测绘应用示范系统(一期)(AH1601-11);基础测绘科技项目(2016KJ0304);国家自然科学基金青年科学基金(41601505)

引文格式:唐新明,李国元,高小明,等.卫星激光测高严密几何模型构建及精度初步验证[J].测绘学报,2016,45(10):1182-1191. DOI: 10.11947/j.AGCS.2016.20150357.

TANG Xinming, LI Guoyuan, GAO Xiaoming, et al. The Rigorous Geometric Model of Satellite Laser Altimeter and Preliminary Accuracy Validation[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2016, 45(10): 1182-1191. DOI: 10.11947/j. AGCS.2016.20150357.

## 卫星激光测高严密几何模型构建及精度初步验证

唐新明<sup>1,2</sup>, 李国元<sup>1,2</sup>, 高小明<sup>2</sup>, 陈继溢<sup>2</sup>

1. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100048

### The Rigorous Geometric Model of Satellite Laser Altimeter and Preliminary Accuracy Validation

TANG Xinming<sup>1,2</sup>, LI Guoyuan<sup>1,2</sup>, GAO Xiaoming<sup>2</sup>, CHEN Jiyi<sup>2</sup>

1. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, Beijing 100048, China

**Abstract:** It has been paid attention to improving the elevation accuracy of satellite stereo images aided by laser altimeter. The GF-7 satellite scheduled to launch in 2018 will be equipped with optical stereo cameras and a laser altimeter. ICESat (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite) with GLAS (Geo-science Laser Altimeter System) is the first and still only laser altimeter satellite for earth observation until now. In this paper, the comprehensively analysis about the rigorous geometric model and accuracy analysis of laser altimeter is presented. The error induced by laser pointing aberration and mounting is proposed, and the data processing workflow of ICESat/GLAS from level 0 to level 2 is introduced. What's more, the geo-location accuracy between this paper and GLAS product is compared and the model is validated by the result that the accuracy based on the model is about 3 cm and 11 cm in the horizontal and vertical direction, respectively. The laser altimeter data loaded on the ZY3-02 satellite has been processed and validated preliminarily. The conclusion of this paper is valuable and can be viewed as reference for the subsequent domestic laser altimeter satellites.

**Key words:** space-borne laser altimeter; rigorous geometric model; data processing; accuracy validation  
Foundation support: The National Science Foundation for Young Scientists of China (No.41601505); The Special Fund for High Resolution Images Surveying and Mapping Application System (No.AH1601-8); The National Fund for Basic Surveying and Mapping (No.2016KJ0204)

**摘 要:** 采用星载激光测高仪辅助提高卫星立体影像几何定位精度特别是高程精度, 已经得到了航天摄影测量界的重视, 计划于 2018 年发射的高分七号卫星上将同时搭载光学立体相机和激光测高仪。虽然, 已有相关文献针对美国的 ICESat (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite) 卫星上搭载的地球科学激光测高系统 (Geo-science Laser Altimeter System, GLAS) 的几何模型和产品精度作了相关介绍, 但对其严密的几何定位模型和精度验证目前还没有系统性的阐述。本文较全面地对激光测高卫星的严密几何模型进行了构建与精度分析, 并选择 ICESat/GLAS 的 0 级辅助文件, 采用严密几何模型重现了 2 级产品的生产过程。将本文计算的结果与 ICESat/GLAS 的结果进行了对比分析, 其中基于几何模型的高程误差约 11 cm, 平面误差在 3 cm 以内, 表明所提出的严密几何模型的正确性, 同时采用新发射的资源三号 02 星的激光测高数据进行了初步处理和验证。相关结论可为国产高分后续卫星的激光测高数据处理提供参考。

## 光学卫星测区有效成像覆盖周期预估方法研究

汪汇兵<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>1,2</sup>, 叶芳宏<sup>1</sup>, 欧阳斯达<sup>1</sup>, 杨超<sup>1</sup>

(1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100830;

2. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023)

**摘要:**针对光学卫星成像时云导致的测区有效成像覆盖周期不确定问题,在卫星轨道计算的基础上,结合云量时空分布的历史统计规律、卫星历史观测数据的覆盖能力,研究建立光学卫星测区有效成像覆盖周期预估模型,回答测区有效成像覆盖效率与时间等问题,直接服务于光学卫星数据获取、产品生产和应用服务的计划安排和应用决策。

**关键词:**光学卫星;云量;有效成像覆盖

**中图分类号:**P236

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-5867(2016)04-0013-04

### A Study on the Prediction Method of Effective Imagery Coverage Cycle in Surveying Area for Optical Satellites

WANG Hui-bing<sup>1,2</sup>, TANG Xin-ming<sup>1,2</sup>, YE Fang-hong<sup>1</sup>, OUYANG Si-da<sup>1</sup>, YANG Chao<sup>1</sup>

(1. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100830, China; 2. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** Based on the calculation of the satellites orbits and passes, integrating with the spatio-temporal historical statistics of the seasonal cloud coverage and the historical data acquiring capability of the satellite, this research developed a prediction model of effective imagery coverage of the mission area. The model proposed by this paper answered the questions related to effective imagery coverage efficiency and its data acquiring time cycle, providing supports in the decision-making process regarding data acquisition, production and application, which conducted a solution to the uncertainty of the effective imagery coverage time cycle caused by the clouds especially in the large scale mission areas during the data acquiring of the optical satellites.

**Key words:** optical satellites; cloud coverage; effective imagery coverage

## 0 引言

随着对地观测技术和卫星测绘技术的发展,影像获取正朝着高时间分辨率、高空间分辨率、高光谱分辨率不断进步,卫星影像已成为测绘地理信息产业的重要数据源。然而,由于季节气候和天气因素的影响,光学卫星在对地观测成像过程中,图像中经常有成片的云层覆盖区域,它们几乎不具备任何地面信息<sup>[1]</sup>。光学卫星成像数据并不都是可用的有效数据,在经过云判后云量低于一定比例的影像数据才是有效数据,因此,很难回答诸如“该卫星何时能获取某地区的全部有效数据”“什么时候

能覆盖完中国全境”等问题。而这些问题的答案对于测区数据获取与生产计划安排以及数据现势性的应用决策十分重要。

本文以资源三号卫星为例,研究建立光学卫星测区有效成像覆盖周期预估模型。在卫星轨道和星下点轨迹推算的基础上,结合不同季节天气的云量时空分布的统计规律、卫星观测的覆盖能力,建立预估模型来计算数据需求任务区的有效数据覆盖的周期值,回答有效覆盖效率与时间问题,直接服务于数据获取、产品生产和应用服务的计划安排和应用决策。

收稿日期:2015-10-30

基金项目:对地观测技术国家测绘地理信息局重点实验室开放基金(K201305)资助

作者简介:汪汇兵(1979-),男,安徽池州人,副研究员,博士,2011年毕业于武汉大学地图制图学与地理信息工程专业,主要从事地理信息系统和卫星测绘应用系统技术工作。



## 溃坝洪水演进的光滑粒子流体动力学分析

李忠<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>1</sup>, 李少达<sup>2</sup>, 汪汇兵<sup>1</sup>, 欧阳斯达<sup>1</sup>

(1. 国家测绘地理信息局 卫星测绘应用中心, 北京 101300; 2. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059)

**摘要:** 传统GIS在实现溃坝洪水过程模拟时通常是采用无源淹没分析或有源淹没分析方法, 这些方法忽略了洪水演进过程中的物理学与动力学因素, 模拟结果的时效性、可靠性较差, 表达效果也较为简单。针对此问题, 该文提出结合光滑粒子流体动力学方法与GIS相关技术实现溃坝洪水演进的三维动态可视化及分析, 以光滑粒子流体动力学生成的海量多维时空序列流体粒子数据为基础, 研究了粒子数据的建模及时空数据的时空建模技术。最后在自主研发的系统中实现了溃坝洪水演进的三维动态可视化表达及分析, 应用效果良好。

**关键词:** 溃坝洪水; 光滑粒子流体动力学; 地理信息系统; 时空建模; 三维动态可视化

【中图分类号】P208

【文献标志码】A

【文章编号】1009-2307(2016)10-0115-05

DOI: 10.16251/j.cnki.1009-2307.2016.10.024

### SPH analysis of dam-break flood routing

**Abstract:** Normally traditional GIS uses non-source flood or source flood in fulfilling the dam-break flood process simulation, these methods ignore the physics and dynamics factors in the process of flood routing, the simulation results of timeliness and reliability are poor, also the effect of expression is relatively simple. Aiming at this problem, the 3D dynamic visualization and analysis of dam-break flood routing was realized combining with the smooth particle hydrodynamics (SPH) method and GIS technology in this paper, the particle data modeling and spatio-temporal modeling technology were researched based on the huge amounts of multidimensional spatio-temporal sequence of fluid particles generated by smooth particle hydrodynamics. Finally, the 3D dynamic visualization and analysis of dam-break flood routing were realized in the independent development of the system, and the application effect was good.

**Key words:** dam-break flood; smooth particle hydrodynamics (SPH); GIS; spatio-temporal modeling; 3D dynamic visualization

LI Zhong<sup>1,2</sup>, TANG Xinming<sup>1</sup>, LI Shaoda<sup>2</sup>, WANG Huibing<sup>1</sup>, OUYANG Sida<sup>1</sup> (1. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 101300, China; 2. School of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

## 0 引言

我国现有水库80 000多座, 很多水库质量和建设水平不是太高, 且大多水库已属于超期服役,

病险水库的数量过半, 达40 000多座<sup>[1]</sup>。这些病险水库一旦发生溃坝, 将对下游地区造成巨大的损失<sup>[2]</sup>。针对病险水库存在的安全隐患问题, 除了需采取对病险水库进行除险加固等工程性措施外, 研究溃坝洪水灾害的时空演进过程, 分析评估可能对下游地区带来的影响也是防灾减灾的重要手段之一。

GIS以其对地理时空数据的存储、管理、表达、分析优势, 在溃坝洪水过程模拟的表达、分析方面可以发挥巨大作用。传统GIS大多基于数字高程模型(digital elevation model, DEM), 采用无源淹没分析或有源淹没分析方法进行洪水淹没过程模拟及分析评估<sup>[3-8]</sup>。近年来, 建立于微观动



作者简介: 李忠(1985—), 男, 湖南怀化人, 硕士, 主要研究方向为GIS研发、时空数据的动态可视化。  
E-mail: mail2lizhong@126.com

收稿日期: 2015-04-01

基金项目: 国际科技合作项目(2011DFG23330); 国家科技支撑项目(2012BAH28B01); 国家自然科学基金项目(41271394)

引文格式: 李腾腾, 唐新明, 高小明. 资源三号影像朵云识别中云雪分离研究[J]. 测绘通报, 2016(2): 46-49. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2016.0046.

## 资源三号影像朵云识别中云雪分离研究

李腾腾<sup>1</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 高小明<sup>2</sup>

(1. 山东科技大学测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266510; 2. 国家测绘地理信息局卫星  
测绘应用中心, 北京 101300)

### Research on Separation of Snow and Cloud in ZY-3

### Images Cloud Recognition

LI Tengting, TANG Xinming, GAO Xiaoming

**摘要:**针对资源三号全色卫星影像在朵云识别过程中云雪不能分离的问题, 提出了一种基于云雪边界特征并利用改进的平均梯度和分形维数等纹理信息的云雪分离方法。首先为了减少雪和其他地物对云的干扰进行初步云识别, 本文利用灰度均值、分形维数和灰度共生矩阵计算的纹理参数作为特征参数提取云区, 此时云雪不分; 然后再进行云雪分离, 利用改进的平均梯度和分形维数特征值来剔除被误识别为云的雪。本文采用的分类方法是支持向量机分类。利用资源三号全色卫星影像测试结果表明, 该方法是资源三号全色卫星影像朵云识别中一种有效的云雪分离方法。

**关键词:**资源三号全色卫星影像; 灰度共生矩阵; 平均梯度; 分形维数; 云雪分离; 支持向量机

**中图分类号:**P237

**文献标识码:**B

**文章编号:**0494-0911(2016)02-0046-04

通过光学卫星遥感影像, 人们可以获得大量的、直观的表面客体或事物, 另外, 卫星遥感影像也越来越多地应用于资源调查、自然灾害监测、环境污染监测、制图及军事目的的地面目标识别等方面。但是, 云的存在减少了卫星遥感影像上的有效信息, 影响了遥感影像的使用, 尤其是朵云(也叫厚云)的存在, 造成了卫星遥感影像上信息的盲区, 因此云的去除有很重要的意义。而云区的判断又是云去除前很关键的步骤。在云的识别中, 雪是最大的影响因素, 在可见光-近红外波段的范围内, 云和雪光谱特性很相近<sup>[1]</sup>, 云雪不能分离, 资源三号全色卫星遥感影像上云雪的光谱信息相近, 如果只利用光谱信息, 云雪很难分离。

关于如何分离遥感影像上的云和雪的问题, 目前的研究主要还是从光谱信息和纹理信息入手。孙磊等<sup>[2]</sup>通过分形维数、灰度共生矩阵、小波变换等方法提取云和雪区域的多种纹理特征, 并利用径向基核函数的支持向量机分类器进行云雪自动检测。丁海燕等<sup>[3]</sup>通过训练大量的试验样本获得了表征云、雪纹理特征的分形维数值的统计规律, 提出了一种基于分形维数的全色影像云和积雪自动识别方法。陈婷等<sup>[4]</sup>针对全色图像的冰雪识别问题, 以过渡区理论为基础, 提出了基于过渡区特征的冰雪识别方法, 使用到的过渡区特征有厚度、均值和方差。殷青军等<sup>[5]</sup>通过分析 NOAA/AVHRR 资料中云和雪

的光谱特征, 针对青海省南部的云、雪特征, 提出了新的云、雪判别因子, 对于区分青海省南部地区的云、雪有较好的效果。李微等<sup>[6]</sup>总结了云和不同目标之间的光谱差异, 并结合 MODIS 影像的波段范围, 提出了一种通用的多光谱云检测算法。对于资源三号全色卫星遥感影像, 无法使用云雪的光谱特征差异进行云雪分离, 而更多要考虑使用影像的纹理信息。

#### 一、资源三号全色影像云雪特征提取

##### 1. 资源三号全色影像上云雪特点

资源三号测绘卫星是我国第一颗民用高分辨率立体测图卫星, 于2012年1月9日成功发射。该卫星兼有测绘和国土资源普查的功能, 用于1:50 000立体测图及更大比例尺基础地理信息产品的生产和更新, 以及开展国土资源调查与监测<sup>[7]</sup>。从资源三号全色影像上可以看出, 大片的云和雪中央, 灰度值是影像的最大值, 而且都是相同的, 几乎没有纹理可言, 但在边界上, 云的边界比较模糊、圆润, 灰度变换缓慢, 如图1所示。雪受到地形的影响, 边界比较清晰, 灰度变化快, 如图2所示。因此, 资源三号全色卫星影像上的云雪分离需要考虑云雪的边界特征。初步云识别阶段, 分别建立云和其他地物的训练样本, 其他地物的训练样本中没有雪的样本, 云样本中云的含量占60%~100%, 提取能量、分形维数、均值3个特征参数; 云雪分离阶段, 分别建立云边界和雪

收稿日期: 2015-01-12

基金项目: 国家测绘地理信息局基础测绘科技项目

作者简介: 李腾腾(1988—), 男, 硕士, 主要研究方向为遥感影像处理与信息提取。E-mail: 956138898@qq.com

# Geometric Accuracy Analysis Model of the Ziyuan-3 Satellite without GCPs

Xinming Tang, Ping Zhou, Guo Zhang, Xia Wang, and Hongbo Pan

## Abstract

The ZiYuan-3 satellite (ZY-3) was China's first civilian stereo mapping satellite designed to meet the 1:50 000 scale mapping requirements. We analyzed main error sources influencing the geometric accuracy of the ZY-3 images, and the error propagation rules of these error sources in image production. Accuracy estimation models of ZY-3 images without ground control points (GCPs) were deduced and the theoretical geometric accuracy of ZY-3 images was obtained. Without GCPs, 556 ZY-3 panchromatic nadir images covering 3,500,000 km<sup>2</sup> of the Chinese mid-west region and 12 ZY-3 stereo image pairs covering 14,000 km<sup>2</sup> around Taiyuan of China were used for planar and vertical accuracy verification, respectively. The experimental results confirmed the correctness of the accuracy estimation model for ZY-3 images. The accuracy results obtained through the model and experiment showed that without GCPs, the geometric accuracy of the ZY-3 images satisfied the Chinese stereo mapping requirements for 1:50 000 scale topographic maps.

## Introduction

Geometric accuracy assessment of high-resolution space satellite images (HRSIs) has become increasingly important in recent years. Many research institutions as well as experts and scholars have conducted research on geometric analysis and validation of satellite images. Grodecki *et al.* (2002) quantified the geometric accuracy of the Ikonos camera using large stereo image blocks with and without ground control, thus validating both exterior and interior orientation calibrations. Bouillon *et al.* (2006) reviewed various evaluations of the SPOT5 HRS and

the Reference 3D products. Tadono *et al.* (2007) described the updated results of sensor calibration and product validation for the PRISM onboard the ALOS. Aguilar *et al.* (2007) used four different 3D geometric correction models to correct the QuickBird satellite basic imagery, and evaluate its accuracy. Habib *et al.* (2007) dealt with comparative analysis of positioning accuracy of approximate and rigorous sensor models for high-resolution imaging satellites. Li *et al.* (2009) investigated the relationship between three-dimensional (3D) geopotential accuracy and stereo imaging geometry using Ikonos images. Dolloff *et al.* (2010) assessed the 3D positional extraction accuracy based on 50 overlapping and contiguous stereo pairs of WorldView-1 imagery covering approximately 50,000 km<sup>2</sup>. Aguiaro *et al.* (2012) evaluated the accuracy of GeoEye-1 and WorldView-2 using control data in the Trento testfield in Italy and a DSM developed from airborne lidar acquisition. Tang *et al.* (2012) proposed a ZY-3 satellite image geometry model using virtual CCD line-array imaging, and evaluated the geometric accuracy of the first orbit imagery of the ZY-3 satellite. Pan *et al.* (2013) introduced the details of ZY-3's sensors, geometric model and products and used three ZY-3 triplet stereo images to evaluate the accuracy of bundle adjustment. Wang *et al.* (2014) briefly described the principle of ZY-3 satellite on-orbit calibration and selected ten regional ZY-3 data for validation of the geometric positioning accuracy of the image.

The ZiYuan-3 (ZY-3) Surveying and Mapping Satellite, the first domestic stereo mapping optical satellite in China, was launched on 09 January 2012. The satellite carries one multispectral time delay and integration charge-coupled device (TDI CCD) camera and three high-resolution panchromatic TDI CCD cameras that point forward, backward, and toward the nadir (Figure 1). The forward and backward cameras are arranged at inclinations of  $\pm 22^\circ$  from the nadir camera to obtain a base-to-height ratio (B/H) of 0.87. The forward and backward cameras have a spatial resolution of 3.5 m and 52.3 km ground swath, while the nadir camera has a spatial resolution of 2.1 m and 51.1 km ground swath. The multispectral camera has a spatial resolution of 5.8 m and 51.0 km ground swath.

The ZY-3 satellite is mainly used for mapping and revising 1:50 000 scale topographic maps and geographic information products. At present, ZY-3 satellite images have been applied widely to the production of 1:50 000 scale cartographic products in China using a moderate number of ground control points (GCPs). However, to reduce the mapping costs, enhance its efficiency, and especially perform high-accuracy mapping in areas of difficult control data acquisition, the direct use of ZY-3 images for 1:50 000 scale topographic mapping without GCPs is the best choice. The premise for achieving this target is that the geometric accuracy of image without GCPs must meet the mapping requirements for 1:50 000 scale

Xinming Tang is with the School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, P.R. China, the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, 1 Baishengcun Road, Beijing 100044, P. R. China, and also with the Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, 1 wenyuan Road, Nanjing 210023, P.R. China.

Ping Zhou is with the School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, P.R. China, and also with the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, 1 Baishengcun Road, Beijing 100044, P.R. China (zhou@sasmac.cn).

Guo Zhang is with State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing (LIESMARS), Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, 430079, P.R. China.

Xia Wang is with the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, 1 Baishengcun Road, Beijing 100044, P.R. China.

Hongbo Pan is with School of Geoscience and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China, P.R. China.

Photogrammetric Engineering & Remote Sensing  
Vol. 81, No. 12, December 2015, pp. 927–934.  
0099-1112/15/927–934

© 2015 American Society for Photogrammetry  
and Remote Sensing  
doi: 10.14358/PERS.81.12.927

# Verification of ZY-3 Satellite Imagery Geometric Accuracy Without Ground Control Points

Xinming Tang, Ping Zhou, Guo Zhang, Xia Wang, Yonghua Jiang, Li Guo, and Shuhan Liu

**Abstract**—The Ziyuan-3 (ZY-3) satellite was designed to satisfy 1:50000 scale mapping requirements. This study uses 556 images obtained by ZY-3, from June 1 to October 31, 2013, covering an area of 3 500 000 km<sup>2</sup> in midwestern China. A total of 900 check points measured by a global positioning system were also used to conduct the planar accuracy verification. The experimental results show that the ZY-3 nadir sensor calibration images achieved a planar root mean square error (RMSE) of 10.8 m without the use of ground control points (GCPs). In addition, the verification of vertical accuracy employed 12 ZY-3 stereo image pairs distributed over an area of 14 000 km<sup>2</sup> around Taiyuan in the Shanxi Province of China, and a Digital Elevation Model with 0.5-m vertical accuracy was used for reference and validation. The vertical accuracy of forward intersection and stereo-extracted Digital Surface Model (DSM) from the stereo images were both validated without GCPs. The experimental results demonstrate that the overall vertical RMSE of the forward intersection was 6.58 m; it was 5.21 and 7.07 m for flat and mountainous terrain, respectively. Moreover, the overall vertical RMSE of DSM was 5.56 m; it was 4.37 and 5.69 m for flat and mountainous terrain, respectively. It can be seen from the experimental results of planar and vertical accuracy verification that ZY-3 imagery is able to satisfy the requirements of 1:50000 topographic mapping in China without using GCPs.

**Index Terms**—Geometric accuracy, ground control points (GCPs), rational function model (RFM), Ziyuan-3 (ZY-3) satellite.

## I. INTRODUCTION

THE Ziyuan-3 (ZY-3) satellite is the first civilian stereo mapping satellite in China and was designed to meet the 1:50000 scale mapping requirements, which correspond to the planar and vertical root mean square errors (RMSEs) of less than 25 and 6 m, respectively [1]. Accuracy verification is an essential task to support the application of satellite-retrieved data, and research evaluating the applicability and accuracy

verification of ZY-3 satellite images has been gradually developing. A large number of researchers have suggested that the use of an appropriate number of ground control points (GCPs) can produce images with planar and vertical RMSEs of 2–5 m and 1.5–4 m, respectively, which meet the requirements for both 1:50000 and 1:25000 scale stereo mapping [2]–[4].

To reduce mapping costs, enhance mapping efficiency, and achieve high-precision mapping in the west of China, where it is difficult to acquire ground control data, the use of ZY-3 images without the GCPs for 1:50000 scale mapping may be necessary in some instances. It is therefore necessary to conduct a general validation of ZY-3 image-based mapping without GCPs. Some researchers have carried out a preliminary validation of the geometric accuracy of ZY-3 images without using GCPs [3], [4]. However, in these accuracy verification experiments, the number of experimental images was usually less than three. Furthermore, the acquisition times of the experimental images were very close to the satellite launch date; all experimental images were generally obtained within one year following the launch. In addition, the terrain types for these experimental areas were mainly limited to plains and hills. Overall, previous experiments undertaking the geometric accuracy verification of ZY-3 satellite images have substantial limitations.

The ZY-3 sensor calibration (SC) image [3] is a level-1 image product that is similar to the SPOT5 Level 1A product [5] and Worldview-2 basic product [6]. It makes use of a rational function model (RFM). Due to insufficient experimental images and verification data, it is not possible to simultaneously verify both the planar and the vertical accuracy in the same experimental area. Therefore, in this letter, verification is divided into two distinct parts for the planar accuracy verification and the vertical accuracy verification, and the SC image is used as the experimental data in both. Although these two experimental areas are independent, there is no obvious difference for the processing-related methods and steps with the synchronous verification of planar and vertical accuracy in the same experimental area. The experimental results can therefore be representative of the planar accuracy and vertical accuracy of ZY-3 images.

A large number of ZY-3 nadir panchromatic images, covering large areas of complex terrain, were used to validate the planar accuracy with high-precision check points (CKPs) measured by a global positioning system (GPS). Meanwhile, for the vertical accuracy verification, 12 forward and backward stereo image pairs were selected from typical terrain types, and a high-accuracy Digital Elevation Model (DEM) was used as the verification data. The vertical accuracy verification of forward intersection and the Digital Surface Model (DSM) generated from the experimental images was conducted. The

Manuscript received December 29, 2014; revised March 11, 2015 and June 14, 2015; accepted June 20, 2015. Date of publication July 15, 2015; date of current version August 7, 2015. This work was supported by the Public Science Research Program of Surveying, Mapping and Geo-information of China under Grant 201412007 and Grant 201512022.

X. Tang and P. Zhou are with the School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China, the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, Beijing 100044, China, and also with the Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China (e-mail: zhou@sssmac.cn).

G. Zhang and Y. Jiang are with the State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China.

X. Wang, L. Guo, and S. Liu are with the Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, Beijing 100044, China.

Color versions of one or more of the figures in this paper are available online at <http://ieeexplore.ieee.org>.

Digital Object Identifier 10.1109/LGRS.2015.2450251

1545-598X © 2015 IEEE. Personal use is permitted, but republication/redistribution requires IEEE permission. See [http://www.ieee.org/publications\\_standards/publications/rights/index.html](http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/index.html) for more information.

# Transgenic *Eimeria mitis* expressing chicken interleukin 2 stimulated higher cellular immune response in chickens compared with the wild-type parasites

Zhuoran Li<sup>1,2,3†</sup>, Xinming Tang<sup>1,2†</sup>, Jingxia Suo<sup>1,2</sup>, Mei Qin<sup>1,2</sup>, Guangwen Yin<sup>1,2</sup>, Xianyong Liu<sup>1,2,4</sup> and Xun Suo<sup>1,2,4\*</sup>

## OPEN ACCESS

### Edited by:

Hao Shen,  
University of Pennsylvania  
School of Medicine, USA

### Reviewed by:

Jielang Li,  
Temple University, USA  
Wenbin Tuo,  
United States Department  
of Agriculture/Agricultural Research  
Service, USA

### \*Correspondence:

Xun Suo,  
State Key Laboratory  
of Agrobiotechnology, China  
Agricultural University, Beijing, China  
suo.xun@cau.edu.cn

<sup>†</sup>These authors have contributed  
equally to this work.

### Specialty section:

This article was submitted to  
Microbial Immunology,  
a section of the journal  
Frontiers in Microbiology

Received: 25 January 2015

Accepted: 14 May 2015

Published: 02 June 2015

### Citation:

Li Z, Tang X, Suo J, Qin M, Yin G,  
Liu X and Suo X (2015) Transgenic  
*Eimeria mitis* expressing chicken  
interleukin 2 stimulated higher cellular  
immune response in chickens  
compared with the wild-type  
parasites.  
Front. Microbiol. 6:533.  
doi: 10.3389/fmicb.2015.00533

<sup>1</sup> State Key Laboratory of Agrobiotechnology, China Agricultural University, Beijing, China, <sup>2</sup> National Animal Protozoa Laboratory, College of Veterinary Medicine, China Agricultural University, Beijing, China, <sup>3</sup> The High School attached to Tsinghua University, Beijing, China, <sup>4</sup> Key Laboratory of Animal Epidemiology and Zoonosis of Ministry of Agriculture, China Agricultural University, Beijing, China

Chicken coccidiosis, caused by *Eimeria* sp., occurs in almost all poultry farms and causes huge economic losses in the poultry industry. Although this disease could be controlled by vaccination, the reduced feed conservation ratio limits the widespread application of anticoccidial vaccines in broilers because some intermediate and/or low immunogenic *Eimeria* sp. only elicit partial protection. It is of importance to enhance the immunogenicity of these *Eimeria* sp. by adjuvants for more effective prevention of coccidiosis. Cytokines have remarkable effects on the immunogenicity of antigens. Interleukin 2 (IL-2), for example, significantly stimulates the activation of CD8+ T cells and other immune cells. In this study, we constructed a transgenic *Eimeria mitis* line (EmiChIL-2) expressing chicken IL-2 (ChIL-2) to investigate the adjuvant effect of ChIL-2 to enhance the immunogenicity of *E. mitis* against its infection. Stable transfected EmiChIL-2 population was obtained by pyrimethamine selection and verified by PCR, genome walking, western blotting and indirect immunofluorescence assay. Cellular immune response, *E. mitis*-specific IFN- $\gamma$  secretion lymphocytes in the peripheral blood mononuclear cells, stimulated by EmiChIL-2 was analyzed by enzyme-linked immunospot assay (ELISPOT). The results showed that EmiChIL-2 stimulated a higher cellular immune response compared with that of the wild-type parasite infection in chickens. Moreover, after the immunization with EmiChIL-2, elevated cellular immune response as well as reduced oocyst output were observed. These results indicated that ChIL-2 expressed by *Eimeria* sp. functions as adjuvant and IL-2 expressing *Eimeria* parasites are valuable vaccine strains against coccidiosis.

**Keywords:** transgenic *Eimeria mitis*, chicken interleukin 2, reproductive potential, cellular immune response, ELISPOT



Article

## High-Precision Attitude Post-Processing and Initial Verification for the ZY-3 Satellite

Xinming Tang <sup>1,2</sup>, Junfeng Xie <sup>1,\*</sup>, Xiao Wang <sup>3,4,\*</sup> and Wanshou Jiang <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, 28 Lianhuachi West Road, Beijing 100830, China; E-Mail: Txm@sasmac.cn

<sup>2</sup> Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, 1 Wenyuan Road, Nanjing 210023, China

<sup>3</sup> Institute of Remote Sensing and Digital Earth Chinese Academy of Sciences, 3 Datun Road, Beijing 100101, China

<sup>4</sup> Beijing UniStrong Science & Technology Co., Ltd., Beijing 100015, China

<sup>5</sup> State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China; E-Mail: jws@whu.edu.cn

\* Authors to whom correspondence should be addressed:

E-Mails: xiejf@sasmac.cn (J.X.); wangxiao@radi.ac.cn (X.W.); Tel.: +86-10-6480-6207 (X.W.).

Academic Editors: Richard Müller and Prasad S. Thenkabail

Received: 13 October 2014 / Accepted: 5 December 2014 / Published: 24 December 2014

**Abstract:** Attitude data, which is the important data strongly correlated with the geometric accuracy of optical remote sensing satellite images, are generally obtained using a real-time Extended Kalman Filter (EKF) with star-tracker and gyro data for current high-resolution satellites, such as Orb-view, IKONOS, Quickbird, Pleiades, and ZY-3. We propose a forward-backward Unscented Kalman Filter (UKF) for post-processing, and the proposed method employs UKF to suppress noise by using an unscented transformation (UT) rather than an EKF in a nonlinear attitude system. Moreover, this method makes full use of the collected data in the fixed-interval and computational resources on the ground, and it determines optimal attitude results by forward-backward filtering and weighted smoothing with the raw star-tracker and gyro data collected for a fixed period. In this study, the principle and implementation of the proposed method are described. The post-processed attitude was compared with the on-board attitude, and the absolute accuracy was evaluated by the two methods. One method compares the positioning accuracy of the object space coordinates with the post-processed and on-board attitude data without using ground control points

## 亚 m 级卫星 TDI CCD 立体测绘相机成像仿真

岳庆兴<sup>1</sup> 唐新明<sup>1</sup> 高小明<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京, 101300

**摘要:**以三角网和贴面纹理影像为精细地面模型的数据构成,以亚 m 级 TDI CCD(time delay and integration charge coupled devices)立体测绘相机为仿真对象进行成像仿真。通过建立每个像元的“视线目标索引”判断目标对相机和太阳的可见视性,进而生成阴影。将 TDI CCD 焦平面细分成很多子 CCD,同时将积分时间细分,计算“连续焦面辐照度影像”并实现静态 MTF 仿真,然后得到“时间平均静态影像”。实现了多级积分条件下的颗粒噪声仿真和 TDI CCD 多级动态积分成像的仿真。推导了相机安装角和光学节点从平台坐标系到物方坐标系的转换公式,结合姿态参数和 CCD 畸变参数,实现了任意侧摆角度和相机安装角度的成像仿真。

**关键词:**精细地面模型;亚 m 级;TDI CCD;视线目标索引;阴影;大气;PSF

**中图法分类号:**P237.9

**文献标志码:**A

我国首颗民用传输型立体测绘卫星资源三号的发射成功结束了我国以往完全依靠国外高分辨率影像数据的历史。资源三号卫星的成功很大程度上得益于先前对卫星各项技术指标的详细论证,而卫星成像仿真在资源三号的技术指标论证和地面应用系统建设中都发挥了重要作用。在卫星成像仿真方面,2001 年,德国宇航中心(DLR)开发了新一代的光学遥感仿真软件 SENSOR,首次实现全链路的模拟流程。从几何和辐射两方面,精确模拟链路中每一成像环节,系统地仿真光学、电学成像模型<sup>[1-18]</sup>;2003 年,法国图卢兹试验室开发基于“三维体”的辐射传输模型 DART,成功地模拟出不同大气条件及不同传感器响应条件下的图像<sup>[11]</sup>;美国罗彻斯特理工学院的数字成像与遥感实验室开发的遥感成像仿真软件 DIRSIG,已经应用于 NASA 众多项目中,如 OrbView-4 商业卫星等项目<sup>[12-13]</sup>。Murali,Stephane 较早进行了 CCD 相机成像仿真的研究<sup>[19,20]</sup>。Jensen 通过光线追踪方法进行了影像合成方面的研究<sup>[21]</sup>。Guanter 实现了 EnMAP 的成像仿真研究<sup>[16]</sup>。Xiao 实现了 CCD 成像的建模与仿真<sup>[17]</sup>。Fukue 等实现了 ALOS 卫星的数据仿真<sup>[18]</sup>。我国针对成像系统仿真工作起步较晚,长春光机所编制了遥感图像模拟软件 RSIS1.0。安

微光机所开发了光学遥感图像仿真软件 ORSIS。中国空间技术研究院 508 所也在进行传感器成像仿真与评价方面的研究工作,编制图像模拟软件 SOSRA2.0。董龙等做了线阵 CCD 成像仿真方面的研究<sup>[2]</sup>。颜昌祥等对一定频率的方波信号产生的静态、动态 MTF 下降进行了仿真研究<sup>[4]</sup>。岳庆兴对卫星相机动态成像造成的几何质量下降进行了仿真研究<sup>[8,10]</sup>。这些软件和方法大都局限于卫星影像的辐射质量和几何分辨能力,不能解决亚 m 级 TDI CCD(time delay and integration charge coupled devices)立体测绘相机最关注的立体几何精度仿真等问题,因此,国产亚 m 级立体测绘卫星的成像仿真研究十分迫切。卫星影像的分辨能力是采样间隔、MTF、噪声、平台运动、工作环境等一系列因素综合作用的结果<sup>[3,6,9,14]</sup>,要达到亚 m 级分辨率需要综合考虑各种影响因素,设计合理的技术指标和工作模式才能实现。另外,卫星成像过程是几何、辐射因素共同作用的结果,不能将两者分离开来。本文基于精细的地面场景数据,提出了亚 m 级 TDI CCD 立体测绘相机的几何、辐射一体化成像仿真技术。

### 1 精细地面模型与入瞳辐亮度获取

实现亚 m 级的成像仿真需要建立高分辨率

收稿日期:2013-06-07

项目来源:测绘地理信息公益性行业科研专项经费资助项目(201412007)。

第一作者:岳庆兴,博士,主要从事卫星成像仿真、卫星数据处理方法研究。E-mail:qingxingyue06@sina.com

## 水体总氮浓度与湿地芦苇叶片高光谱特征关系研究

刘克<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>1</sup>, 赵文吉<sup>2</sup>, 雷兵<sup>1</sup>, 郭道宇<sup>2</sup>, 宫兆宁<sup>2</sup>

(1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 101300; 2. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048)

**摘要:**以富营养化主控因子总氮为研究对象,通过不同氮浓度梯度培养芦苇的试验,测定芦苇的生理生化参数和叶片光谱,分析不同氮浓度处理下的芦苇理化特征和光谱特征差异,并利用线性和非线性回归方法建立光谱指数与水体总氮浓度的关系模型。研究结果表明:随水体总氮浓度的增加,芦苇高度、鲜生物量、叶片氮含量及叶绿素含量呈现增加趋势,而绿光反射峰值和红光吸收谷值呈现下降趋势,并出现明显“红移”现象;不同氮浓度处理的芦苇叶片反射光谱在绿光至红光的530~639 nm和696~717 nm差异显著;基于非线性拟合的PRI(Photochemical Reflectance Index)和CI(Chlorophyll Index)指数能够较好指示水体总氮浓度,拟合精度分别达0.82和0.91。该研究可以弥补现有水体富营养化遥感探测的不足,并为湿地管理与保护提供科学依据。

**关键词:**湿地植物;遥感;高光谱;富营养化;总氮

**中图分类号:**TP79;X87 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-0504(2015)02-0024-05

### 0 引言

水体富营养化不仅直接危害渔业和水资源的利用,而且破坏以水环境为生存和发育条件的湿地生态系统<sup>[1,2]</sup>,是当今世界水污染治理的难题,并已成为最重要的环境问题之一。富营养化监测是富营养化水体治理与修复的基本前提。传统多光谱传感器的光谱分辨率较低,难以辨别水质参数的诊断性吸收特征,而高光谱遥感器具有很窄的电磁波波段,可以从目标物获取更多有用的信息,因此得以广泛应用<sup>[3-5]</sup>。但已有研究大多针对开阔水体,针对被湿地植物覆盖的水体富营养化探测研究尚不多见。国外学者开始探索利用湿地植物光谱监测湿地环境变化<sup>[6,7]</sup>,而目前国内关于湿地植物光谱的研究集中于物种识别、分类制图等方面,利用其监测环境变化的研究较少<sup>[8]</sup>。

湿地植物对氮的吸收阈值与其水体中氮浓度净化贡献率呈现相同趋势<sup>[9]</sup>,叶片氮含量与叶绿素含量具有正相关关系<sup>[10]</sup>,而叶片叶绿素浓度变异是决定可见光和近红外反射光谱特征的主要因素<sup>[11,12]</sup>,这些研究为基于叶片光谱特征的水体氮含量反演提供了科学依据。本研究采用室内水体总氮单因素控制试验的方法研究不同氮梯度下芦苇的生理生化和光谱响应特征,并尝试采用线性和非线性拟合的方法建立水体总氮含量与植被光谱指数的联系,以期为大尺度水体总氮遥感监测提供科学依据,为湿地

管理与保护提供参考、借鉴。

### 1 试验材料与方法

#### 1.1 试验设计

选择典型的湿地植物——芦苇作为研究对象。2010年7月从田间挖取芦苇,保留其根状茎,缓苗成功后移栽至装有陶粒的试验盆中,每盆栽种2棵,将试验盆放入水槽中。参照 Hoagland 实验方法,将植物水培母液稀释为1/40 Hoagland 培养液,并利用 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 调整为5个氮梯度(0 mg/L、1 mg/L、2 mg/L、5 mg/L、20 mg/L)对芦苇进行水培实验,每个处理6次重复,完全随机排列。处理期间每10天更换一次培养液,30天后进行各项指标的测定。室内昼夜温度分别为30℃和18℃,相对湿度80%以上,光照14 h/d。

#### 1.2 光谱反射率测定

采用美国ASD公司Field-Spec 3光谱仪测定芦苇光谱。选择晴朗无风的天气,测量时间为10:00—14:00,根据天气条件进行优化,至少每20 min利用白板进行1次。测量时选择植株从顶部下数第一片完全展开的新叶,探头距离叶片中间部位约5 cm,保证探头的视野范围落在叶片上,每片叶一次保存10条光谱。

#### 1.3 植株理化参数测定

1) 高度测定:与光谱反射率同步测量植株高度,

收稿日期:2014-07-11; 修回日期:2014-10-07

基金项目:国家自然科学基金项目(41101404,40901281);国家科技支撑项目(2012BAH28B01,2012BAH28B04)

作者简介:刘克(1984—),女,博士,助理研究员,主要从事遥感应用研究,发表论文10余篇, E-mail: xiaokezi124@163.com

## 北京地区霾/颗粒物污染与土地利用/覆盖的时空关联分析

唐新明<sup>1</sup>, 刘浩<sup>2\*</sup>, 李京<sup>2</sup>, 谢志英<sup>3</sup>, 赵文慧<sup>4</sup> (1.国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 101300; 2.北京师范大学减灾与应急管理研究院, 北京 100875; 3.兰州交通大学, 甘肃 兰州 730070; 4.北京市环境保护监测中心, 北京 100048)

**摘要:** 土地利用/覆盖变化(LUCC)直接或间接影响颗粒物污染,为定量评价颗粒物污染与土地利用在时序变化和空间分布上的关系,使用北京市长期气象资料、土地利用数据、实测颗粒物浓度数据和遥感影像,结合GIS空间分析和典型相关分析方法,对北京市霾日数与土地利用变化的响应关系、以及局地土地利用类型对颗粒物污染浓度空间分布的影响进行了定量评价。结果表明:从时序变化的角度看,北京市(行政区内)1996~2008年间霾日数与生态用地和耕地表现为显著负相关,相关系数分别为-0.574和-0.592,与建设用地、居民点及工矿用地和交通用地则呈显著正相关,相关系数分别为0.595、0.609和0.590;北京城区(五环内)1989~2012年间霾日数与生态用地、耕地和建设用地变化趋势具有良好的响应关系,其中城市区域扩张对霾日数影响显著,建成区面积与霾日数显著正相关,相关系数为0.876。从空间分布的角度看,建筑工地、道路和裸地3种下垫面类型的颗粒物浓度要明显高于其他类型;在0.5km和1km缓冲区内,绿地面积与PM<sub>1.0</sub>浓度呈显著负相关,相关系数分别为-0.542和-0.507,建筑面积与PM<sub>1.0</sub>浓度呈显著正相关,相关系数分别为0.469和0.537。总体来看,北京地区颗粒物污染水平、空间分布格局与土地利用/覆盖状况具有良好的时空关联性。

**关键词:** 颗粒物污染; 霾日数; 土地利用/覆盖; 相关性分析

**中图分类号:** X513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2015)09-2561-09

**Response analysis of haze/particulate matter pollution to Land Use/Cover in Beijing.** TANG Xin-ming<sup>1</sup>, LIU Hao<sup>2\*</sup>, LI Jing<sup>2</sup>, XIE Zhi-ying<sup>3</sup>, ZHAO Wen-hui<sup>4</sup> (1.Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, Beijing 100830, China; 2.Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3.Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; 4.Beijing Municipal Environmental Monitoring Center, Beijing 100048, China). *China Environmental Science*, 2015,35(9): 2561~2569

**Abstract:** Land-Use/Cover Change (LUCC) has direct or indirect effects on particulate matter pollution. To quantitatively evaluate the correlation between particulate matter pollution and land use in terms of temporal variation and spatial distribution, long-term meteorological data, land use data, measured particulate concentration data and remote sensing images, as well as the GIS spatial analysis methods and canonical correlation analysis methods were used to perform quantitative evaluation of the correlation between the number of haze days and land use change in Beijing, as well as the effects of local land use types on spatial distribution of particle pollution. The results showed that: (1) In respect of temporal variation, from 1996 to 2008, the number of haze days in Beijing presented a significant negative correlation with ecological land and agricultural land, with the correlation coefficients being -0.574 and -0.592 respectively, but presented a significant positive correlation with construction land, residential settlements and industry and mining, and transportation land, with the correlation coefficients being 0.595, 0.609, and 0.590 respectively; from 1989 to 2012, the number of haze days in urban areas of Beijing presented good responding relationship with the variation trend of ecological land, agricultural land, and construction land, in which the expansion of urban areas has significant effect on the number of haze days, and the coverage of built-up areas presented a significant positive correlation with the number of haze days, with the correlation coefficient being 0.876. (2) In terms of spatial distribution, the concentration of particulates

收稿日期: 2015-01-15

基金项目: 测绘地理信息公益性行业科研专项(201412007); 国际科技合作项目(S2014ZR0347)

\* 责任作者, 讲师, lihaha1985@126.com

# 利用网格索引与R树的弧段求交并行算法

王文杰<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 史绍雨<sup>2</sup>, 闫浩文<sup>1</sup>, 汪汇兵<sup>2</sup>

(1. 兰州交通大学数理与软件工程学院, 兰州 730070; 2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100830)

**摘要:** 本文通过对图幅进行网格化划分, 建立网格索引, 对弧段按网格建立R树空间索引, 进一步降低了空的相关判断次数; 根据网格之间一定的独立性, 对不同网格内弧段进行并行化求交, 并在单CPU多核计算机上利用OpenMP并行机制对算法进行了实现。分析与实验表明: 改进后的新算法对较大数据量弧段求交的处理效率较高, 与同类算法相比, 在空间数据拓扑的建立与空间分析的应用中具有一定优势。

**关键词:** 弧段求交; 网格索引; R树; 并行算法

【中图分类号】P208

【文献标识码】A

【文章编号】1009-2307(2014)03-0111-05

## 1 引言

作为对矢量空间数据建立拓扑关系、进行空间分析的重要处理过程, 弧段求交有着重要的意义<sup>[1]</sup>。尤其对于海量矢量空间数据, 如何准确、快速地对弧段求交, 是GIS中对矢量空间数据处理的重要问题之一<sup>[2]</sup>。在并行计算机技术快速发展的背景下, 如何使GIS与并行计算机技术相结合是目前研究的热点<sup>[3-6]</sup>。

早期弧段求交的算法是穷举法, 即对所有弧段进行两两求交运算, 这种算法针对海量空间数据存在大量空的相关运算, 效率低下。对此, 许多学者相继提出了相对高效的算法, 如平面扫描算法<sup>[7]</sup>、网格化算法等<sup>[1,2,8-12]</sup>。其中文献<sup>[1, 2, 8-11]</sup>提出的基于网格化的方法效率较高, 但要进行栅格到矢量的转换, 过程较复杂, 且需要很大的内存空间来存储矢量栅格化后的栅格影像。文献<sup>[12]</sup>提出的一种全局弧段求交的网格算法, 不需要进行栅格到矢量的转换, 算法流程简单, 效率较高, 但在同一网格内存有较多空的求交判断, 对较大数据量的求交运算仍然效率较低, 且对跨网格弧段的处理存在数据冗余。在文献<sup>[12]</sup>

的基础上, 依据各网格之间一定的独立性, 本文提出一种基于网格索引与R树的弧段求交并行算法, 基本思路是: ①按图幅空间范围划分网格, 建立网格索引; ②各网格弧段建立R树索引; ③各网格弧段并行求交; ④各网格弧段并行分解。算法优点在于: ①对网格内弧段建立了R树索引, 进行相交判断的效率更高; ②对跨网格弧段统一管理, 并未分配到所跨的网格, 减少了数据冗余; ③利用计算机并行特性, 有效地提高了运算速度。实验及应用研究表明, 该算法时间效率较高, 容易实现。

## 2 空间索引对弧段求交的优化

在弧段求交的过程中, 搜索相交弧段是重要的过程, 占有很大的时间比例, 能否快速地找出相交的所有弧段, 直接决定了弧段求交效率的高低。目前, 通过对图幅划分网格, 建立网格索引以减少空的相关判断次数, 对弧段求交效率有了明显改善<sup>[10,12]</sup>。从整个制图区域来讲, 网格索引对相交弧段搜索的效率有了很大提高, 但无法作用于同一网格内弧段相交的判断, 如果采用细化网格的方式来减少这种判断, 将会增加算法的开销, 降低总体效率。因此, 本文对制图区域宏观上建立网格索引, 以减少大范围内空的判断, 在各网格内分别建立R树索引, 以减少小范围内空的判断。

### 2.1 网格索引

网格型空间索引的思想是将研究区域按一定规则划分为大小相等或不等的网格, 记录每个网格所包含的地理对象。当进行空间查询时, 首先找到查询对象所在的网格, 然后通过该网格快速



作者简介: 王文杰(1987), 男, 甘肃天水人, 硕士研究生, 主要从事GIS开发与应用、空间数据拓扑与变化检测方面的研究。

E-mail: ggyyso@126.com

收稿日期: 2012-9-3

基金项目: 国家 863 基金资助项目

(2009AA121404)



# 资源三号测绘卫星传感器校正产品生产方法研究

唐新明<sup>1,2</sup> 周平<sup>1,2</sup> 张过<sup>2,3</sup> 王霞<sup>2</sup>

1 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

2 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京,100830

3 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉,430079

**摘要:**分析了资源三号测绘卫星影像产品的高精度要求和几何处理的关键问题,提出了基于虚拟TDI CCD阵列重成像技术的传感器校正产品生产方法。尤其针对多光谱影像4个谱段采用同一虚拟TDI CCD,解决了谱段间几何配准问题。生产了河北安平地区三线阵及多光谱传感器校正产品,进行了平差实验和立体模型定向精度分析。利用传感器校正产品进行了数字表面模型(DSM)和数字正射影像(DOM)生产实验,并进行精度验证。结果表明,资源三号测绘卫星传感器校正产品的几何精度完全满足1:5万立体测图要求。

**关键词:**资源三号测绘卫星;传感器校正;成像几何模型;虚拟CCD阵列

**中图分类号:**P237.3

**文献标志码:**A

资源三号测绘卫星是我国自主设计和发射的首颗民用高分辨率光学传输型立体测图卫星。卫星上搭载4台线阵推扫式光学相机,其中包括3台全色相机和1台多光谱相机,幅宽均大于50 km,采用了多片时间延迟积分电荷耦合器(TDI CCD)在焦平面上交错安装,通过分光等模式形成一条近似直线的连续CCD阵列。

传感器校正影像产品是指对0级影像经过辐射校正和传感器校正(包括多CCD条带拼接、积分时间规划、内方位元素规划等),但没有经过进一步几何处理的影像产品<sup>[1-3]</sup>。传感器校正影像产品生产中的关键任务包括原始各TDI CCD影像高精度拼接和成像几何模型构建。由于CCD线阵的安装精度等因素,同一相机或谱段的各片CCD在焦平面不可能形成一条严格意义上的CCD线阵。此外行积分时间跳变、姿态角控制精度、地物高程起伏和地面分辨率等因素都会给非共线TDI CCD成像及其数据几何处理带来影响,也限制了有理函数模型对原始影像严密成像几何模型的替代精度<sup>[4,5]</sup>。而多光谱相机各片CCD内不同谱段的探元存在安装间隔,且可能存在光学系统畸变,造成多光谱谱段间畸变不一致等问题,单从影像匹配上很难实现多光谱谱段间高精度几

何配准。IKONOS、QuickBird、WorldView-2、Pleiades、RapidEye等对这些问题的处理很成功<sup>[1-3,6]</sup>,但可供借鉴的资料非常少。

针对上述问题,本文提出基于虚拟TDI CCD阵列重成像方法<sup>[7-9]</sup>,通过在相机焦平面上“构造”出一条完整的无畸变的虚拟CCD阵列,并利用星历、姿态、相机焦距和主点参数等观测数据,建立虚拟TDI CCD阵列影像严密成像几何模型和有理函数模型,同时利用各片实际TDI CCD影像自己的独立严密成像几何模型以及高程参考面,建立起虚拟TDI CCD阵列像点坐标与实际TDI CCD影像像点坐标间映射关系,经由灰度重采样生成由虚拟TDI CCD阵列推扫形成的虚拟扫描影像,实现目视无缝和几何无缝的传感器校正影像生产。

## 1 重要观测数据及处理方法

### 1.1 扫描行成像时刻数据

资源三号测绘卫星的4台相机都是采用线阵推扫行中心投影的方式获取影像数据。为了保证影像成像时刻的时间精度,相机为每一行影像数据提供了精确的成像时刻数据,可以精确地内插

收稿日期:2013-01-15

项目来源:国家科技支撑计划资助项目(2011BAB01B01,2011BAB01B02,2012BAH28B04,2011AA120404);国防科工局资助项目。

第一作者:唐新明,博士,研究员,博士生导师,主要从事GIS和航天摄影测量的研究与应用工作。E-mail:txm@sasmac.cn

通讯作者:周平,博士。E-mail:vip\_zhou@126.com

# RSS 新闻事件的多维描述与时空可视化方法

桑 鹏<sup>1</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 艾 波<sup>1</sup>, 王华斌<sup>2,3</sup>

(1. 山东科技大学测绘科学与工程学院, 青岛 266590; 2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 101300; 3. 武汉大学, 武汉 430072)

**摘要:** 百度等按照时间或焦点的传统新闻检索方式, 缺少对新闻事件在时间维度和空间维度及时空发展规律上的组织和表达。鉴此, 本文提出了一种在时间和空间维度对在线简易信息聚合(Really Simple Syndication, RSS)新闻进行多维描述和时空可视化的方法, 帮助用户全面、直观理解焦点新闻事件的时空发展过程及趋势。该方法从新浪、百度和 Google 等多家网站的 RSS 新闻服务中抽取新闻, 将新闻报道时间近似为新闻事件发生时间进行时间维度描述, 动态解析并识别新闻概要中的中文地名词汇, 进行地址匹配和空间定位, 完成新闻事件空间维度描述。以 H7N9 禽流感热点新闻为例, 本文通过过度颜色、统计折线图进行时间维可视化表达, 以大小渐变的圆形符号进行空间维可视化表达, 多维度描述并展示了 H7N9 禽流感新闻事件的发展过程和趋势。

**关键词:** 新闻事件; RSS; 多维描述; 时空可视化

**DOI:** 10.3724/SPJ.1047.2014.00341

## 1 引言

新闻作为一种重要的信息类型, 可从时间和空间等多个维度对其进行描述。新闻事件随着时间推移, 发生地点也随之转移, 新闻会重新描述该事件在另一时间和地点的发展状况, 从而形成一系列相关报道。然而, 当前的新闻媒体主要通过文字及多媒体信息的方式进行新闻事件描述, 缺乏对新闻事件发展过程的时空描述和图形化表达。针对该问题, 不少学者开展了新闻组织和可视化方法的研究。NewsMap<sup>[1]</sup>将新闻事件进行聚类, 组织在一棵树形结构图中。Buzz Tracker<sup>[2]</sup>作为一家新闻聚合网站, 它以世界地图为背景进行新闻组织。可视化方面, 新闻作为一种文本信息, 主要在时间维度上对事件的发展过程进行可视化表达<sup>[3]</sup>。Yahoo Tracker<sup>[4]</sup>、时间墙模型<sup>[5]</sup>、主题河流模型 (Theme River)<sup>[6-7]</sup>都是基于时间维度的可视化表达方法。安海岗<sup>[8]</sup>结合 Card 可视化模型<sup>[9]</sup>提出的信息可视化理论模型, Yang C C<sup>[10]</sup>结合新闻时间序列和语义分析事件发展和演变关系的方法, 以及梁家豪构建的话题

事件发展脉络关系图<sup>[11]</sup>都打破了仅用时间维度进行可视化分析的局限, 协助新闻读者高效地了解事件发生和演变过程。

然而, 基于此类的分析一般在新闻事件发生一段时间后, 作为对新闻事件的总结和分析, 缺乏对新闻事件的实时聚合。部分学者提出使用网络爬虫<sup>[12]</sup>或 RSS<sup>[13-14]</sup>的方式进行新闻搜集和实时聚合。本文在考虑新闻实时性的同时, 试图探索一种将新闻的时间维度和空间维度<sup>[15-16]</sup>相结合的新闻表达方法, 以地理环境为依托通过视觉效果, 探讨空间信息所反映的规律<sup>[17]</sup>, 帮助用户全面而深入地理解整个新闻事件的时空发展过程。本文提出了一种从时间和空间两个维度对 RSS 新闻进行描述和可视化的方法。首先该方法从新浪、百度和 Google 等网站的 RSS 服务中实时抽取新闻作为新闻来源, 然后利用新闻发布时间进行新闻时间维度描述, 动态解析并识别新闻概要中的中文地名词汇, 进行地址匹配并选择最优地名进行新闻空间维度描述, 最后, 通过过度符号和统计折线图等方法进行新闻时空可视化。

收稿日期: 2013-08-13; 修回日期: 2013-11-18.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271394); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20123718120001); 数字制图与国土信息应用工程国家测绘局重点实验室开放研究基金项目(GCWD201107); 国家科技支撑计划项目(2011BAB01B04)。

作者简介: 桑 鹏(1990-), 男, 山东泰安人, 硕士生, 研究方向为时空数据可视化。E-mail: troy0@qq.com

# 实现“一星多用”，保障地理信息安全

## ——资源三号测绘卫星影像应用综述

● 文 | 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心 唐新明 常晓涛 李国元

**摘 要：**高分辨率遥感卫星影像在国民经济各个行业的应用已经越来越广泛，资源三号卫星作为我国首颗民用高分辨率立体测图卫星，实现了我国卫星从难以测图到高精度立体测图的重大转变，有效保障了国家测绘地理信息安全，有力服务了国民经济发展对高精度遥感影像的需求。文章结合资源三号卫星发射以来在测绘行业国家重大工程项目、省级基础测绘、应急测绘保障服务的广泛应用以及相关地理信息产品产业化推广应用情况进行了综述介绍，分析了该卫星的成功发射产生的社会和经济价值，对该卫星在测绘行业尤其是国家重大工程中的应用进行了总结，对后续测绘卫星的发展进行了展望。

**关键词：**资源三号卫星 测绘应用 遥感应用 国家重大工程 应用综述

### 一、资源三号卫星简介

地理信息是国家的重要基础战略资源，广泛应用于经济建设、国防建设和社会发展的各个领域。测绘是获得基础地理信息的重要途径，是经济社会发展不可或缺的基础保障，以卫星导航定位、航空航天遥感、地理信息系统技术为核心的现代测绘技术是一个国家科技发展水平和综合国力的重要体现<sup>[1]</sup>。

资源三号卫星是中国自主研发的首颗民用高分辨率立体测图卫星，于2012年1月9日成功发射，实现了高精度测绘卫星“零的突破”。该卫星集测绘和资源调查功能于一体，主要用于1:5万比例尺立体测图和数字影像制作以及1:2.5万等更大比例尺地形图部分要素的更新，开展国土资源调查与监测，并为农业、灾害、资源环境、

公共安全等领域和部门提供服务<sup>[1-2]</sup>。

资源三号卫星搭载了4台高分辨率相机，其中正视全色影像地面像元分辨率优于2.1m，正视多光谱影像地面像元分辨率优于5.8m，前视、后视全色影像地面像元分辨率达3.5m。卫星回归周期为59天，重访周期为5天，设计工作寿命5年。该卫星主用户为国家测绘地理信息局，卫星地面应用系统由国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心负责建设和维护<sup>[1-2]</sup>。唐新明、赵春梅、李德仁、邱振戈<sup>[1,3-5]</sup>等对资源三号的定位精度、测图能力作了详细的分析，结果表明资源三号卫星无控平面精度优于10m，高程精度优于5m，稀少地面控制点条件下平面精度优于3m，高程精度优于2m，均优于原定设计指标，优于国外同类卫星的精度水平。

## 基于连续空间频率的遥感成像辐射响应模型 及其几何相关性研究

赵世湖<sup>1,†</sup> 唐新明<sup>1</sup> 尹丹<sup>2</sup> 郝胜勇<sup>3</sup> 窦显辉<sup>1</sup> 胡沅<sup>3</sup>

1. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 101300; 2. 北京大学物理学院, 北京 100871;  
3. 航天恒星科技有限公司, 北京 100086; † E-mail: zhaoshihu6@aliyun.com

**摘要** 从光学遥感成像机理出发, 突破 MTF (系统传递函数) 和 SNR (信噪比) 模型在影像辐射质量评价中的局限性, 将影像频谱、MTF 和 SNR 有机结合, 提出具有明确物理意义的, 基于连续空间频率的辐射响应模型 SFRR 以及截止空间频率处的 SFRR 指标。该模型一方面能有效降低综合辐射响应模型对复杂地物光谱、反射率等实测参量的依赖, 另一方面为研究辐射响应与几何质量的相关性提供了理论基础。利用资源三号前视和后视卫星影像及其 MTF 退化与噪声仿真影像, 进行 SFRR 模型及特征点像方几何定位精度相关性分析, 验证 SFRR 模型及其与遥感影像几何质量的定量关系。研究成果可以作为航空航天光学遥感传感器系统设计、遥感影像处理和应用的依据与基础保障, 对微波、激光雷达等遥感影像质量评价也有一定的借鉴意义。

**关键词** 遥感; 成像模型; 系统传递函数(MTF); 信噪比(SNR); 质量评价

**中图分类号** P237

## Spatial Frequency Based Remote Sensing Radiative Response Modeling and Its Geometry Correlation Research

ZHAO Shihu<sup>1,†</sup>, TANG Xinming<sup>1</sup>, YIN Dan<sup>2</sup>, HAO Shengyong<sup>3</sup>, DOU Xianhui<sup>1</sup>, HU Yuan<sup>3</sup>

1. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 101300; 2. School of Physics, Peking University, Beijing 100871; 3. Space Star Aerospace Technology Applications Co., Ltd, Beijing 100086; † E-mail: zhaoshihu6@aliyun.com

**Abstract** Following the optical remote sensing imaging mechanism and combining image spatial spectrum, MTF (modulation transfer function) and SNR (signal noise ratio) models together organically, a novel spatial frequency based radiative response modeling (SFRR) is presented which has definite physical meaning. SFRR has two breakthrough points, one is reducing the comprehensive radiative model's dependence on the complicated earth object's spectral and reflectance; the other is establishing the theory basis of radiative and geometric quality correlation modeling. In geometric positioning accuracy experiments, the ZY3 satellite's forward and backward stereo images are used to produce multilevel MTF degrade and noised simulation images. By automatic registering the forward and backward images, the Root-Mean-Square error of matched points is computed to judge the correlation between SFRR and geometric positioning accuracy, which proves that SFRR model has good correlation with geometric quality. The research will be helpful for optical remote sensing system optimizing, remote sensing image processing and applying.

**Key words** remote sensing; imaging model; MTF; SNR; quality evaluation

国家科技支撑项目(2011BAB01B03)资助

收稿日期: 2013-05-22; 修回日期: 2013-10-21; 网络出版日期: 2014-08-26

895

Article

## Inner FoV Stitching of Spaceborne TDI CCD Images Based on Sensor Geometry and Projection Plane in Object Space

Xinming Tang<sup>1,2</sup>, Fen Hu<sup>1,2,\*</sup>, Mi Wang<sup>3</sup>, Jun Pan<sup>3</sup>, Shuying Jin<sup>3</sup> and Gang Lu<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup> Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 101300, China;

E-Mail: txm@sasmac.cn

<sup>2</sup> Key Laboratory of Satellite Mapping Technology and Application, NASG, Beijing 101300, China;

E-Mail: lugang\_js@163.com

<sup>3</sup> State Key Laboratory of Information Engineering, Surveying, Mapping and Remote Sensing,

Wuhan University, Wuhan 430072, China; E-Mails: wangmi@whu.edu.cn (M.W.);

panjun1215@whu.edu.cn (J.P.); jsy9696@gmail.com (S.J.)

<sup>4</sup> Jiangsu Province Surveying and Mapping Engineering Institute, Nanjing 210013, China

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: huf@sasmac.cn;

Tel.: +86-158-1062-2230; Fax: +86-10-8818-7800.

Received: 28 February 2014; in revised form: 24 June 2014 / Accepted: 25 June 2014 /

Published: 8 July 2014

---

**Abstract:** High-quality inner FoV (Field of View) stitching is currently a prerequisite step for photogrammetric processing and application of image data acquired by spaceborne TDI CCD cameras. After reviewing the technical development in the issue, we present an inner FoV stitching method based on sensor geometry and projection plane in object space, in which the geometric sensor model of spaceborne TDI CCD images is used to establish image point correspondence between the stitched image and the TDI CCD images, using an object-space projection plane as the intermediary. In this study, first, the rigorous geometric sensor model of the TDI CCD images is constructed. Second, principle and implementation of the stitching method are described. Third, panchromatic high-resolution (HR) images of ZY-1 02C satellite and triple linear-array images of ZY-3 satellite are utilized to validate the correctness and feasibility of the method. Fourth, the stitching precision and geometric quality of the generated stitched images are evaluated. All the stitched images reached the sub-pixel level in precision. In addition, the geometric models of the stitched images can be constructed with zero loss in geometric precision. Experimental results demonstrate the advantages of the method for having small image distortion when on-orbit geometric calibration of satellite sensors is available. Overall, the new method provide a novel solution



## 基于星载 GPS 的资源三号卫星精密定轨

赵春梅<sup>1</sup>, 唐新明<sup>2</sup>

(1. 中国测绘科学研究院, 北京 100830;

2. 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100830)

**摘 要:** 资源三号卫星是我国首颗民用立体测图卫星, 于 2012 年 1 月 9 日发射。卫星上配备有国产双频 GPS 接收机。利用非差双频 GPS 数据, 基于卫星动力学原理和事后批处理定轨模式, 采用 30 小时弧段(重叠弧长为 6 小时)对资源三号卫星进行了精密定轨, 卫星位置重叠弧段精度平均为 4.95 cm。利用卫星激光测距(SLR)观测数据对星载 GPS 定轨结果进行了检核, 检核精度优于 4 cm, 无明显系统偏差。结果表明, 该定轨精度完全能够满足资源三号卫星任务的要求。

**关键词:** 资源三号卫星; GPS; 简化动力学; 卫星激光测距; 定轨

**中图分类号:** P228.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-4328(2013)09-4202-05

**DOI:** 10.3873/j.issn.1000-4328.2013.09.004

## Precise Orbit Determination for the ZY-3 Satellite Mission Using GPS Receiver

ZHAO Chun-mei<sup>1</sup>, TANG Xin-ming<sup>2</sup>

(1. Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China;

2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, NASG, Beijing 100830, China)

**Abstract:** The ZY-3 satellite launched on January 9, 2012, is China's first civilian mapping satellite. The satellite is equipped with GPS double frequency receivers made in China. Based on the satellite dynamics principle and the batch processing mode, the orbit of ZY-3 satellite are determined from zero-difference GPS measurements by use of the reduced dynamics methods in this article. The data arc length is 30h, with overlaps of 6 hours. The result reveals that the orbit determination accuracy of overlapping arcs is around 5 cm. Compared with SLR data, the distance biases between the satellite and SLR stations are about 4cm excluding the station system bias. So, the ZY-3 satellite orbit determination accuracy can meet the satellite mission requirement.

**Key words:** ZY-3 satellite; GPS; Reduced-dynamics; SLR; Orbit determination

### 0 引 言

资源三号卫星是我国首颗民用立体测图卫星, 于 2012 年 1 月 9 日发射。资源三号卫星集测绘和资源调查功能于一体, 主要用于生产全国基础地理信息 1:5 万测绘产品, 以及 1:2.5 万等更大比例尺地图的修测和更新, 开展国土资源调查与监测。卫星采用太阳同步圆轨道, 高度约为 506 km, 倾角为

97°, 卫星在轨工作寿命设定为 4 年。卫星上配备有四台相机, 并具有侧摆功能, 可对地球南北纬 84° 以内的地区实现无缝影像覆盖, 每 59 天实现对我国领土和全球范围的一次影像覆盖, 在特殊情况下, 能够在 5 天之内对同一地点进行重访拍摄。

与一般资源类遥感卫星相比, 资源三号卫星对定位精度要求较高。影响目标定位精度的因素主要是外方位元素的测量精度, 即卫星轨道测量精度、姿态

收稿日期: 2012-09-14; 修回日期: 2013-03-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(41074012, 41274018); 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心资源三号卫星精密定轨项目

## 时空数据的动态关联技术研究

姚春雨<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 史绍雨<sup>②</sup>, 闫浩文<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>兰州交通大学数理与软件工程学院, 兰州 730070 <sup>②</sup>国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100830)

**【摘 要】**为了检测时空数据之间的发展变化关系, 本文研究时空数据的动态关联技术, 提出了一种动态关联算法和一种基本的时空变化类型。该算法用几何特征和属性特征相结合的方法进行匹配和变化检测, 可以匹配时空对象并自动提取变化情况, 能够解决一对一、一对多、多对一和多对多的变化关系, 并且可以检测出时空对象的移动变化情况。

**【关键词】**动态关联; 时空数据; 变化检测; 匹配

**【中图分类号】**P208

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2013)02-0156-04

### 1 引言

近年来, 随着科学技术的发展, 地理信息数据成几何数增长, 并表现出变化迅速的特点。尤其在人工干预较强的地区, 地理信息的变化不仅速度极快而且程度剧烈。但目前大多数地理信息系统只能管理版本形式的数据, 对时空数据前后的变化缺乏深入的研究和应用, 存在严重的“数据断裂”现象, 即数据在时间轴方向上是没有关联的。政府的宏观决策、国土规划、土地管理、资源开发和利用、地质灾害预测及评估等都需要具有关联的时空数据的支持。为了解决“数据断裂”问题, 自动检测时空对象的关联变化关系, 使时空数据分析, 时空数据回溯, 趋势预测得以实现, 开展时空数据的动态关联技术研究是非常必要的。

动态关联就是将同一空间范围不同时间的空间对象匹配并自动提取出变化情况的过程。现阶段对动态关联的研究还比较少。动态关联主要包括两个技术内容: 时空对象的匹配和时空变化情况。这两个方面国内外学者做了不少研究也取得了一些成果。

空间对象匹配方面: Filin S 和 Doytsher Y (1999) 研究了一般线状地形要素的匹配问题<sup>[1]</sup>; 韩国学者 (Hoseok Kang, 2004) 阐明了一个地图合并的概念框架和根据几何关系及拓扑关系一致性的两个相关合并地图模型<sup>[2]</sup>; 德国慕尼黑工业大学张蒙、孟丽秋等 (2006) 对道路实体的匹配也作了系列研究<sup>[3]</sup>。刘东琴、苏山舞 (2005) 提出的多空间数据库位置匹配方法及其应用, 就以国家基础地理信息数据库中全国 1:250 000 和全国 1:1000 000 数据的公路和河流要素为实例, 阐述了利用空间位置一特性来建立数据库联系的思路和方法。可见在时空对象的匹配方面学者们提出了不少算法, 但这些算法多是针对静态的数据, 对于没有变化的空间对象可以完成匹配, 有时空变化的对象, 现有的算法不适用。

时空对象变化方面: 时空对象变化的研究起步相对较晚, 因为时空对象变化类型的复杂性, 很多学者对时空对象的变化类型研究比较多。针对空间对象的变化, 学者在不同研究领域内划分了不同的变化类型, 如, Yuan

(1995)<sup>[4]</sup>划分了 6 种类型, 它们是: 属性变化 (attribute changes)、静态空间分布 (static spatial distribution)、静态时间变化 (static temporal changes)、动态的空间变化 (dynamic spatial changes)、过程的转换 (mutation of a process) 和实体的运动 (movement of an entity)。Hornsby, K. 和 Egenhofer, M. (1997)<sup>[5]</sup>从变化的语义方面作了更为细致的阐述。Mike Worboys 和 Matt Duckham (2004)<sup>[6]</sup>针对面的时空变化进行了研究并提出了面时空变化的数学模型。利用三角网结合一定的数学规则判断面的膨胀 (Expansion)、缩小 (Contraction)、合并 (Merge)、分割 (Split)、聚集 (Aggregate)、分离 (Disaggregate) 等关系, 并创造出面的移动 (Movement) 的一系列数学规则。由于时空变化类型的复杂性, 很难提出一个通用的时空变化类型, 以上学者所提出的类型多是针对某些特定领域的, 并且有些变化类型定义重复。

### 2 时空对象模型

现实世界中的对象都有相应的空间位置, 在地理信息系统中这些位置是相当重要的, 这些对象被称为空间对象。空间对象是空间数据中有实际意义的最小单位。空间对象由几何属性和描述属性组成。几何属性和描述属性可以唯一的确定一个空间对象。但是空间对象不能表达空间对象在时间轴上的发展变化和相互之间的关系。为了表达空间对象在时间轴上的发展变化和相互之间的关系, 将空间对象加上一个时间属性就形成了时空对象模型。时空对象模型可以更加贴切地表达现实世界的时空对象及其之间的发展变化。

时空对象模型是基于对象模型的, 如图 1 所示。

时间的表达主要有离散的 (discrete)、紧致的 (dense) 和连续的 (continuous) 3 种结构。离散的时间表示和自然数相似, 每一个时刻之后都有一个后继者。紧致的时间表示类似于有理数, 在两个时刻中间都可插入一个时间点。连续的时间表示类似于实数。在这几种方式中, 基本上均采用离散的时刻表示时间<sup>[8]</sup>。

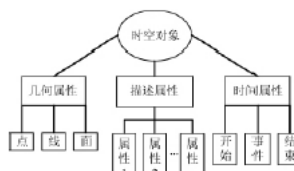


图 1 时空对象模型

### 3 时空变化类型

地理信息系统 (GIS) 研究的对象是存在于地球表面及其附近空间中, 与空间和时间关联, 并不断变化的客观实体。因此, 时空变化的类型也是一个必须关注的问题。时空变化是空间对象沿时间轴的空间变化、属性变化、拓扑变化



作者简介: 姚春雨 (1983-), 男, 硕士, 主要从事 GIS 开发、应用与数据匹配等方面研究。  
E-mail: yaochunyu236@163.com

收稿日期: 2011-9-4  
基金项目: 国家 863 基金资助项目 (2009AA121404)

doi: 10.6046/gtzyyg.2013.02.02

引用格式: 岳庆兴, 唐新明, 高小明. 星载 TDI CCD 相机 MTF 和 SNR 综合响应模拟方法 [J]. 国土资源遥感, 2013, 25(2): 8-14. (Yue Q X, Tang X M, Gao X M. Method of MTF and SNR comprehensive response simulation for spaceborne TDI CCD camera [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2013, 25(2): 8-14.)

## 星载 TDI CCD 相机 MTF 和 SNR 综合响应模拟方法

岳庆兴, 唐新明, 高小明

(国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心, 北京 100830)

摘要: 为了对星载时间延迟积分电荷耦合器件(time-delayed-integration charge coupled device, TDI CCD)相机动态成像过程中各环节的调制传递函数(modulation transfer function, MTF)和信噪比(signal noise ratio, SNR)的退化机制进行研究, 以各个环节 MTF 和 SNR 的数学模型为节点, 以信号传输和转换过程为主线, 探讨了各个环节的信号描述及 MTF 和 SNR 退化模拟方法; 提出以快速傅立叶变换和特定分布随机数生成算法为基础的 MTF 和 SNR 综合响应数学模拟流程。上述方法可以对单一环节或几个连续环节的 MTF 和 SNR 综合响应进行模拟。利用该方法对 TDI CCD 相机的沿轨 MTF、穿轨 MTF 和 SNR 进行了模拟试验。

关键词: TDI CCD; MTF; SNR; 数学模拟; 综合响应

中图分类号: TP 751.1 文献标志码: A 文章编号: 1001-070X(2013)02-0008-07

### 0 引言

以时间延迟积分电荷耦合器件(time-delayed-integration charge coupled device, TDI CCD)为探测器的星载光学遥感相机采用时间延迟方法实现对同一目标的多次曝光, 具有大视场、高分辨能力的成像特点; 其信噪比随着积分级数的增加而提高, 提高的幅度随各种噪声所占的比例而不同, 积分级数为  $M$  时可提高  $\sqrt{M}$  到  $M$  倍; 在不牺牲空间分辨率的情况下, 提高了相机的灵敏度, 是解决遥感相机轻型化的主要技术途径和关键措施<sup>[1-4]</sup>。TDI CCD 相机的分辨能力是设计者和用户最关心的指标之一。地面分辨率作为衡量相机几何分辨能力的指标, 仅仅是从几何光学的角度给出相机可能分辨的最小地面目标尺寸。在实际情况下, 相机的光学系统、探测器和电子线路都会对图像的分辨率造成一定的下降。除了相机本身之外, 地面目标的对比度、大气条件、平台运动及数据的星上及地面处理等都会在不同程度上造成图像分辨率的下降。在实际观测的条件下, 图像往往达不到理论分辨率, 主要表现为对比度下降和噪声干扰<sup>[5]</sup>。调制传递函数(modulation transfer function, MTF)和信噪比(signal noise ratio, SNR)是分析成像各环节造成信号对比度和辐射性能下降的 2 个定量指标。图像的分辨能力可被看作地面目

标、MTF 和 SNR 共同作用的结果。陈荣利等<sup>[6]</sup>提出用 MTF 与 SNR 乘积大于或等于 9 来综合评价航天相机的成像性能。对于 TDI CCD 相机来说, MTF 和 SNR 具有相互制约的关系; 虽然随着积分级数的增加 SNR 会随之提高, 但姿态运动、速度失配等因素会导致 MTF 随积分级数的增加而降低。因此, 总体成像质量并不与积分级数成正比。本文分析了 TDI CCD 相机成像各阶段 MTF 和 SNR 的数学模型, 提出了以信号传输和转换为主线的 MTF 和 SNR 分阶段综合响应模拟方法。

### 1 MTF 模型

#### 1.1 MTF 的定义

传递函数是系统响应(点扩散函数)的傅立叶变换, 是一个复函数, 其模部分就是调制传递函数(MTF), 其相位部分称为相位传递函数(phase transfer function, PTF)。按此定义, MTF 可以表示为以不同频率的正弦信号作为系统输入、系统输出信号的调制度与输入信号的调制度之比随频率变化的函数<sup>[7]</sup>。MTF 是空间频率的函数, 一般为一条随空间频率的提高而下降的曲线, 曲线的形状或一定频率内曲线下的面积表征系统的对比度传输能力。一般来说, 高频部分反映物体的细节传递情况, 中频部分反映物体的层次传递情况, 低频部分则反映物体的

收稿日期: 2012-08-10; 修订日期: 2012-09-27

运用多算子加权的面要素几何匹配方法

汪汇兵<sup>1</sup> 唐新明<sup>1</sup> 邱 博<sup>1</sup> 王文杰<sup>1</sup>

(1 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京市海淀区莲花池西路28号,100830)

**摘 要:**针对面要素几何匹配算法,提出反映距离、尺寸、方向、形状4种主要几何度量指标的多算子加权匹配方法,建立了质心距离、Hausdorff距离、面积重叠度、对称差、轮廓紧致度和正切空间的量化算子,对量化结果进行加权评分计算总相似度确定面要素匹配值。运用多版本实测数字线划图数据进行匹配实验,结果表明该方法匹配结果可靠,并且通过算子权重和匹配阈值的调节设置可以筛选受关注度量指标的高匹配结果。  
**关键词:**面要素;几何度量;几何匹配;多算子加权  
**中图分类号:**P208

空间要素匹配是通过分析不同来源要素的空间差异或相似性,识别出表达同一地物或地物集的过程<sup>[1-6]</sup>。典型的面要素几何匹配算法包括距离(位置)算法<sup>[7]</sup>、面积(重叠)算法<sup>[8]</sup>、形状描述子算法<sup>[9]</sup>等。不同的匹配算法反映了不同的几何特征,如距离算法反映了匹配对象的位置特征,面积算法反映了匹配对象的面积特征,但单一算法所反映的单一几何特征难以描绘全面相似度。本文选取距离、尺寸、方向、形状等主要几何度量指标为匹配评判依据,提出基于多算子(质心距离、Hausdorff距离、面积重叠度、对称差、轮廓紧致度和正切空间)加权的面要素几何匹配思想。

1 多算子加权匹配思想

面要素几何匹配实际上是匹配具有相似几何结构和度量性质(面积、长度、角度)的目标的过程。本文选取距离、尺寸、形状和方向作为主要的几何度量指标,建立几何度量指标的量化算子,包括质心距离、Hausdorff距离、面积重叠度、对称差、轮廓紧致度和正切空间算子(表1)。其中,质心距离算子用于反映两要素之间的距离差异;轮廓紧致度和正切空间算子可以反映要素间的形状差异,正切空间相似度算子会受到面要素的方向旋转的影响,而轮廓紧致度算子的得分评价与方

向无关;对称差算子可以反映两个面要素的尺寸和形状相似度,且不受几何位置差异的影响;Hausdorff距离和面积重叠度算子对距离和尺寸的差异都有所反映,但后者对微小改变更加敏感。在各量化算子得分基础上,根据实际的匹配标准为算子赋予权重值,将各算子得分加权求和获得总相似度,根据算子权重和相似度阈值的评价模型得到最终匹配结果。

多算子加权匹配思想相较于单算子匹配具有两个明显优势。首先,前者由于各算子在度量指标上协调互补,对各算子本身的算法严密性要求可以适当放低以提高计算效率,从而避免后者可能引起较高的算法时间复杂度和空间复杂度;其次,根据不同度量指标的特征,设置算子权重和阈值,以此来调节匹配目标与非匹配目标之间的差异,获得受关注指标的高匹配结果。

表1 量化算子与几何度量指标的关系  
Tab. 1 Relationship Between Geometry Indicators and Metric Operator

	距离	方向	形状	尺寸
质心距离	√			
Hausdorff距离	√			√
面积重叠度	√		√	√
对称差			√	√
轮廓紧致度		√	√	
正切空间		√	√	

收稿日期:2013-06-09。  
项目来源:国际科技合作资助项目(2011DFG23330);国家科技支撑计划资助项目(2011BAB01B05,2011BAB01B06);地理空间信息工程国家测绘地理信息局重点实验室开放研究基金资助项目。

# 资源三号卫星在轨测试与应用分析

唐新明, 谢俊峰

(国家测绘地理信息局 卫星测绘应用中心, 北京 100830)

## 作者简介:

唐新明(1966-), 男, 研究员, 博士, 博士生导师, 资源三号卫星应用系统总设计师。研究方向为: 卫星测绘、时空数据库、DEM, 以及模糊推理。

## E-mail:

txm@sasmac.cn

收稿日期: 2013-02-26

**【摘要】**资源三号卫星是我国首颗民用高分辨率三线阵立体测绘卫星, 卫星在轨运行至今一年多, 卫星影像产品在测绘及其他行业得到了广泛的应用。本文主要阐述资源三号卫星发射后的总体运行状态及卫星数据的应用情况, 并在此基础上提出发展我国后续光学测绘卫星的建议与思考。

**【关键词】**资源三号; 测绘卫星; 应用现状; 后续卫星

## On-orbit Test and Application Analysis of ZY-3 Satellite

TANG Xinming, XIE Junfeng

(Satellite Surveying and Mapping Application Center of SBSM, Beijing, 100830, China)

**Abstract:** As the first civil high-resolution three-line array stereo mapping satellite, ZY-3 satellite has been operating on orbit more than one year, and the satellite image products are widely used in surveying and mapping and related fields. This paper mainly illustrates the satellite operation and application status, and proposes a preliminary purpose for the future development of the subsequent optical mapping satellites.

**Key Words:** ZY-3; Surveying and Mapping Satellite; Application Status; Subsequent Satellite

## 0 引言

资源三号卫星(以下简称ZY-3卫星)作为我国首颗民用三线阵立体测绘卫星, 于2012年1月9日成功发射, 卫星具体设计指标见表1所列, 主要用于全国1:2.5万以及更大比例尺地形图的修测和更新, 同时为国土资源调查和监测、防灾减灾、农林水利、生态环境、城市规划与建设、交通等领域的应用提供服务和保障。

本文将简要介绍卫星发射以来在轨测试及应用系统建设等情况, 阐述卫星数据产品在测绘等各领域的应用现状, 并在此基础上, 提出发

表1 资源三号卫星设计指标  
Tab.1. ZY-3 satellite design index

内 容	指 标
轨道	高度 505 km, 类型: 太阳同步, 降交点地方时上午 10:30 周期: 97 min
任务寿命	5 a
卫星重量	2 600 kg
遥感器波段	全色+4 个多光谱段: 红、绿、蓝、近红外
遥感器分辨率	全色: 2.5 m (GSD), 前后视: 3.6 m (GSD) 多光谱: 星下点处: 6 m (GSD)
全色相机个数和夹角	3 台, 前后视夹角 44°
动态范围	每像元 10 bit, 延时积分成像
成像带宽	51 km
姿态测定与控制	三轴稳定, 敏感器: 星敏感器, 固体惯性参照器: GPS
指向精度	0.1°
侧摆能力	±32° 侧摆
标准数据产品	1:5 0000 DSM, DEM, DOM, DLG
周期	回归周期 59 d, 重返周期 5 d
几何精度	无地面控制点时: 平面精度 100 m 有地面控制点时: 25 m, 高程精度 5 m

2013.04

Vol.20 No.2

GEOMATICS  
WORLD

地理信息世界

37



## 基于分离式金字塔模型的测绘立体影像 数据检索系统设计与实现

李东颖<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 闫浩文<sup>1</sup>, 王 怀<sup>2</sup>

(1. 兰州交通大学 数理与软件工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 国家测绘局卫星应用中心, 北京 100830)

**摘 要:** 针对立体影像数据查询检索的现状, 找出其在测绘应用中的不足。首先搭建测绘影像数据检索系统的总体框架, 其次提出对测绘立体影像数据进行基于分离式金字塔模型的瓦片处理并且对其创建混合网格索引(HGI), 最后根据其不同的检索功能运用不同的检索算法, 基于B/S结构, 运用ArcSDE、Oracle相关组件、Tomcat相关网络技术, 采用VS.NET2005(C#)、AE等开发实现多功能的测绘立体影像数据检索系统。

**关键词:** 立体影像; 测绘应用; 检索系统; 分离式金字塔模型

**中图分类号:** P208 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7949(2012)05-0030-05

### The design and implementation of surveying and mapping three-dimensional image data search system based on separate pyramid model

LI Dong-ying<sup>1,2</sup>, TANG Xin-ming<sup>2</sup>, YAN Hao-wen<sup>1</sup>, WANG Huai<sup>2</sup>

(1. School of Math. Physics & Software Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China; 2. Satellite Surveying and Mapping Application Center, SBSM, Beijing 100830, China)

**Abstract:** Aiming at the current situation of the three-dimensional image data search, the problems and countermeasures in mapping application are provided. Firstly, an overall framework is built for the search system based on surveying and mapping application for the three-dimensional remote sensing image data. Secondly, the separate pyramid model is used to process the mapping three-dimensional remote sensing image data and makes hybrid grid index to them. Lastly, different algorithms are used to achieve a multi-use search system according to the different demands based on B/S structure by using the ArcSDE, the related components of the Oracle, Tomcat network technology, VS.NET2005(C#) and AE, etc.

**Key words:** three-dimensional image; surveying and mapping application; search system; separate pyramid model

影像数据作为国家空间框架数据中的重要基础数据<sup>[1]</sup>, 对其的查询检索作为影像数据信息化工作的重要部分, 有利于提高卫星应用水平, 推动卫星应用产业化发展<sup>[2]</sup>, 而测绘立体影像数据作为一种重要的遥感影像数据, 在生产中需要直接从立体卫星影像数据中查询检索出满足测绘生产的立体像对<sup>[3]</sup>, 该立体像对可能来源于同轨的前中后视相机, 也可以是异轨卫星影像, 提供的立体像对需要综合考虑卫星影像的质量、有无云遮挡、航向旁向重叠度。这些问题是其它影像数据查询检索系统无法解

决的, 因此, 必须从测绘生产角度去考虑如何进行查询检索立体影像数据来构建其查询检索系统, 以有利于测绘卫星影像数据的充分利用与共享<sup>[4]</sup>。

#### 1 测绘立体影像数据检索系统总体框架

在立体影像查询检索过程中, 通常是遍历数据库中立体影像数据项, 取出影像元数据, 判断其属性元数据的值或者空间元数据的值是否与查询条件相同, 这种方法查询效率非常低。本系统是按照空间范围进行快速搜索, 根据指定的坐标范围或者

收稿日期: 2011-10-08  
作者简介: 李东颖(1986—), 女, 硕士。

TANG Xinming, ZHANG Guo, ZHU Xiaoyong, et al. Triple Linear-array Imaging Geometry Model of Ziyuan-3 Surveying Satellite and Its Validation[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2012, 41(2): 191-198. (唐新明, 张过, 祝小勇, 等. 资源三号测绘卫星三线阵成像几何模型构建与精度初步验证[J]. 测绘学报, 2012, 41(2): 191-198.)

## 资源三号测绘卫星三线阵成像几何模型构建与精度初步验证

唐新明<sup>1</sup>, 张 过<sup>1,2</sup>, 祝小勇<sup>1</sup>, 潘红播<sup>2</sup>, 蒋永华<sup>2</sup>, 周 平<sup>1</sup>, 王 霞<sup>1</sup>, 郭 莉<sup>1</sup>

1. 国家测绘地理信息局 卫星测绘应用中心, 北京 100830; 2. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北武汉 430079

### Triple Linear-array Imaging Geometry Model of Ziyuan-3 Surveying Satellite and Its Validation

TANG Xinming<sup>1</sup>, ZHANG Guo<sup>1,2</sup>, ZHU Xiaoyong<sup>1</sup>, PAN Hongbo<sup>2</sup>, JIANG Yonghua<sup>2</sup>, ZHOU Ping<sup>1</sup>, WANG Xia<sup>1</sup>, GUO Li<sup>1</sup>

1. Satellite Surveying and Mapping Application Center, National Administration of Surveying, Mapping and Geo-information, Beijing 100830, China; 2. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

**Abstract:** The Ziyuan-3 (ZY-3) surveying satellite is the first civilian high-resolution stereo mapping satellite of China. Its objective is oriented to plot the 1 : 50 000 and 1 : 25 000 topographic maps. Comparing with foreign commercial mapping satellite imagery, the establishment of our own imaging geometry model is the core technical problem for different products and various applications of ZY-3 surveying satellite. This paper analyses the key problem on precision geometry processing based on the overall design, and proposes the ZY-3 surveying satellite imaging geometry model with the technology of virtual CCD line-array imaging. In addition, this paper utilizes the first orbit imagery of ZY-3 satellite with coverage of the region of Dalian, and produces forward, backward and nadir cameras calibration products. Different ground control points are selected for the block adjustment experiment, and the digital surface model (DSM), digital ortho map (DOM) are generated. The accuracy is validated by check points. It can be seen from the experiment that the planar and vertical accuracy are better than 3 meters and 2 meters, respectively. The experiment demonstrates the effectiveness of ZY-3 surveying satellite imaging geometry model. **Key words:** Ziyuan-3 surveying satellite; imaging geometry model; virtual CCD array; block adjustment; space intersection

**摘 要:** 根据资源三号测绘卫星的总体设计, 分析资源三号卫星高精度几何处理的关键问题, 结合资源三号测绘卫星几何特性, 提出基于虚拟 CCD 线阵成像技术的资源三号测绘卫星成像几何模型。利用资源三号卫星第一轨影像大连地区数据, 完成前视、正视、后视的传感器校正产品的生产试验, 不同控制点情况下进行平差试验, 初步生产该地区的数字表面模型(DSM)和数字正射影像(DOM), 精度验证结果表明在试验区四角布设控制点的情况下 DOM 平面精度优于 3 m, DSM 高程精度优于 2 m。与国外相近分辨率的卫星相比, 资源三号测绘卫星可以达到较高的几何精度。

**关键词:** 资源三号测绘卫星; 成像几何模型; 虚拟 CCD 阵列; 区域网平差; 空间前方交会

中图分类号: P236

文献标识码: A

文章编号: 1001-1595(2012)02-0191-08

**基金项目:** 国家科技支撑计划(2011BAB01B01; 2011BAB01B02; 2012BAH28B04; 2011AA120404); 国防科工局“资源三号卫星数据处理、应用及在轨测试关键技术研究”项目; 国家自然科学基金(40930532)

## 1 引言

资源三号测绘卫星是中国首颗民用高分辨率光学传输型立体测图卫星, 主要搭载有一台地面分辨率 2.1 m 的高分辨率正视全色延时积分成像(TDI CCD)相机、两台地面分辨率优于 3.6 m 的前视、后视全色 TDI CCD 相机和一台地面分辨率优于 6.0 m 的正视多光谱相机。资源三号测绘卫

星集测绘和资源调查功能于一体, 用于长期、连续、稳定、快速地获取覆盖全国的高分辨率立体影像和多光谱影像以及辅助数据, 生产全国基础地理信息 1 : 5 万测绘产品, 开展 1 : 2.5 万以及更大比例尺地图的修测和更新, 开展国土资源调查和监测(参见 [http://www.sasmac.cn/portal\\_space](http://www.sasmac.cn/portal_space))。因此与采用国外商业卫星遥感影像进行测图相比, 建立中国自主的测绘卫星的成像几何

This article was downloaded by: [Center for Earth Observation and Digital Earth ]  
On: 31 October 2012, At: 19:25  
Publisher: Taylor & Francis  
Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered  
office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



## International Journal of Digital Earth

Publication details, including instructions for authors and  
subscription information:

<http://www.tandfonline.com/loi/tjde20>

### Overview of the key technologies for high-resolution satellite mapping

Xinming Tang<sup>a</sup> & Junfeng Xie<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Satellite Surveying and Mapping Application Center, State  
Bureau of Surveying and Mapping, Beijing, PR China

Version of record first published: 18 Jan 2012.

To cite this article: Xinming Tang & Junfeng Xie (2012): Overview of the key technologies for high-resolution satellite mapping, International Journal of Digital Earth, 5:3, 228-240

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/17538947.2011.647775>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Full terms and conditions of use: <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden.

The publisher does not give any warranty express or implied or make any representation that the contents will be complete or accurate or up to date. The accuracy of any instructions, formulae, and drug doses should be independently verified with primary sources. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand, or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

## 多边形自动生成的一种改进算法

申传庆<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 史绍雨<sup>②</sup>, 王鸿燕<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>山东科技大学, 山东青岛 266510; <sup>②</sup>国家测绘局卫星测绘应用中心, 北京 100830)

**【摘要】**本文提出了一种多边形自动生成的改进算法, 对不参与组成多边形的弧段和结点进行分类处理, 在搜索多边形之前, 排除悬挂结点、悬挂弧段、假悬挂结点和假悬挂弧段的干扰, 在搜索多边形的过程中, 为弧段建立搜索标志, 并对桥进行判断和排除, 较好地解决了问题, 提高了自动生成多边形的效率。

**【关键词】**悬挂结点; 悬挂弧段; 桥; 多边形自动生成

**【中图分类号】**P28

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2012) 02-0105-03

### 1 引言

多边形的自动生成是 GIS 中拓扑关系建立的重点和难点。早期的算法一般都离不开人工干预, 其自动化程度较低, 严重影响了 GIS 数据的规模化生产。近些年来, 经过一些学者对多边形自动生成算法的研究和优化, 基本上实现了多边形的自动生成。如闫浩文等提出的基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法<sup>[1]</sup>、周立新等提出的结点依次搜索算法<sup>[2]</sup>等。目前, 对多边形自动生成的算法, 学者们主要从算法的时间效率和复杂性出发来进行优化和改进。如基于夹角变化趋势的多边形自动搜索和生成算法<sup>[3]</sup>, 拓扑多边形自动构建的一种改进算法<sup>[4]</sup>, 基于有向弧的改进多边形拓扑关系生成算法<sup>[5]</sup>等。基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法<sup>[6]</sup>中使用的多边形最小角搜索法则和结点依次搜索算法<sup>[7]</sup>中的查找多边形方法一致, 都保证了生成多边形的最小性, 但是会产生重复和无效的多边形; 基于夹角变化趋势的多边形自动搜索和生成算法<sup>[8]</sup>, 在左转算法的基础上, 对多边形的搜索方法进行改进, 有效地判断了多边形的搜索方向, 避免了无效多边形的生成; 拓扑多边形自动构建的一种改进算法<sup>[9]</sup>在基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法<sup>[10]</sup>的基础上, 利用解析几何的原理, 较好地解决了多边形构建中弧段断开处理和多边形拓扑关系确定的问题; 基于有向弧的改进多边形拓扑关系生成算法<sup>[11]</sup>为弧段添加搜索标记, 避免了多边形的反复搜索, 提高了多边形搜索的效率。上述算法在一定程度上提高了多边形自动生成的效率, 但是没有对悬挂结点、悬挂弧段、假悬挂结点、假悬挂弧段和桥进行有效地处理, 在搜索多边形的过程中, 会产生无效的搜索和回退搜索, 如果处理不当, 则会生成错误的多边形, 比较繁琐和低效。若在搜索多边形的过程中排除悬挂结点、悬挂弧段、假悬挂结点、假悬挂弧段和桥的干扰, 就不会出现这种情况。为此, 本文在研究上述算法的基础上, 提出了一种多边形自动生成的改进算法, 以实现多边形的快速自动生成。

### 2 基本定义

为方便讨论, 如图 1 所示, 本文用到以下定义:



**作者简介:** 申传庆(1985-), 男, 山东菏泽人, 硕士研究生, 研究方向为地理信息系统的开发与应用。  
E-mail: fengyun-shen@163.com

**收稿日期:** 2010-09-15

**基金项目:** 国家 863 项目(2009AA121404)



图 1 假悬挂结点、假悬挂弧段和桥

结点的度 —— 与结点相关联的弧段的个数称为结点的度。度为 0 的称为孤立结点, 度为 1 的结点称为悬挂结点, 与悬挂结点相关联的弧段称为悬挂弧段。

假悬挂结点 —— 对于度大于 1 的结点, 如果其关联的弧段集合中不是悬挂弧段的弧段个数为 1 或者 0, 则称该结点为假悬挂结点。

假悬挂弧段 —— 如果弧段(除悬挂弧段以外)的起始结点或终止结点是假悬挂结点, 则该弧段称为假悬挂弧段。

桥 —— 若某一多边形含有同一弧段的两个有向弧段, 则该弧段称为桥。

### 3 传统多边形自动生成算法

目前常用的传统多边形自动生成算法, 通常可以分为两大类: 基于左转算法的改进算法和结点依次搜索算法<sup>[12]</sup>。

基于左转算法的改进算法中具有代表性的算法有: 基于方位角计算的拓扑多边形自动构建快速算法<sup>[1]</sup>、基于夹角变化趋势的多边形自动搜索和生成算法<sup>[3]</sup>、拓扑多边形自动构建的一种改进算法<sup>[4]</sup>、基于有向弧的改进多边形拓扑关系生成算法<sup>[5]</sup>等。该类算法搜索多边形的基本思想是: 从结点集合中依次读取结点, 把该结点作为搜索的起始结点, 根据结点-弧段拓扑关系, 在经过该结点的弧段集合中选择某条弧段作为搜索的起始弧段, 按照逆时针方向进行多边形的搜索, 如果回到搜索的起始结点, 则形成一个多边形; 否则, 按照逆时针方向继续搜索, 直到回到搜索的起始结点, 形成一个多边形。

结点依次搜索算法<sup>[12]</sup>的基本思想是: 以多边形的最小性和弧段的连接次数为基础, 从某一结点开始搜索, 在搜索过程中动态形成同级结点和次级结点, 并依次搜索同级结点、次级结点和上级结点, 形成相应的多边形。

对于这两类算



图 2 无效的搜索

在图 2 中, E1、E2、E4 和 E5 是悬挂弧段, E3 是假悬挂弧段, N1、N3、N5 和 N6 是悬挂结点, N2 和 N4 是假悬

## 利用透明度进行时空信息可视化

艾 波<sup>1</sup> 唐新明<sup>2</sup> 艾廷华<sup>3</sup> 汪汇兵<sup>2</sup>

(1 山东科技大学青岛(礁)测绘技术国家测绘局重点实验室,青岛市黄岛区前湾港路 579 号,266510)

(2 国家测绘局地理信息卫星测绘应用中心,北京市海淀区莲花池西路 28 号,100830)

(3 武汉大学地理信息系统教育部重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘 要:**利用电子地图中透明度视觉变量产生的虚实感,在对当前焦点时刻时空内容进行完全表达的同时,以不同透明度图形对时间上下文中的内容进行辅助表达,实现兼顾焦点时刻和时间上下文的时空可视化。该方法能够从时间全局上描绘时空对象的时间分布和时态关系,帮助把握时空发展的趋势和规律,同时更加高效地利用地图幅面,时空信息量更加丰富。

**关键词:**时空信息;可视化;透明度;时间上下文

**中图法分类号:**P283.1; P208

在计算机技术的支持下,电子地图和 GIS 给人们提供了交互性的动态地图表达,并由此形成了地理可视化(geovisualization)的概念,即基于人类视觉和地理信息的交互式可视化进行空间分析和知识发现<sup>[1-3]</sup>。作为地理可视化的重要分支,时空可视化已经成为时空分析中必不可少的重要步骤。

传统的时空可视化方法主要分为静态地图和动画地图两大类。静态地图主要通过运动符号、扩张符号、结构符号和多时态图形快照叠加等方法表示现象的空间位置和属性特征随时间发生的变化<sup>[4]</sup>,这些方法将多个时态的空间信息集中至一幅地图中进行表达,容易造成地图载负量过大,对复杂时空现象进行表达的能力有限。动画电子地图是将时序地图快照按时间映射于计算机动画的帧上,通过动画的播放再现时空现象的发展过程<sup>[5,6]</sup>。然而,简单地图动画的每一帧只对应某一时刻的空间表达,不包含该时刻时间上下文中的内容,不能表现事物在时间轴上的分布情况和发生时间的先后、距离等时态关系语义,不利于从时间全局上对时空现象进行分析和理解。针对以上问题,本文提出了一种新的时空可视化方法,该方法基于电子地图环境下的透明度视觉变量,提

供兼顾焦点时刻状态和时间上下文内容的时空可视化。

### 1 透明度视觉变量

随着电子地图和 GIS 的发展,透明度作为视觉变量越来越多地得到了地图学家的关注<sup>[7,8]</sup>。在计算机图形显示中,图形符号的透明度越高,对图形本身的表达越浅淡,对图形覆盖区域的表达越清晰;透明度越低,则对图形本身的表达越浓烈,对图形覆盖区域的表达越模糊,如表 1 中的透明度图例,从左向右正方形的透明度逐步降低(背景为灰白网格图案)。与 Bertin 符号视觉变量体系<sup>[9]</sup>中的位置、大小、形状、明度、颜色、方向、纹理 7 个视觉变量相比,透明度视觉变量和明度有一定的相似性,善于表现符号特别是面状符号之间的等级感,适于与颜色视觉变量配合使用,通过色相来建立符号系统的整体感和差异感,通过透明度来体现等级感。

透明度与明度、颜色等传统视觉变量之间也存在显著差异。图形透明度的变化能够给人以虚实不同的视觉感受,透明度高,则图形表达较为虚无,透明度低,则图形表达较为实在,本文称这种

收稿日期:2011-12-15。

项目来源:国家 863 计划资助项目(2009AA121404);国家自然科学基金资助项目(40876051);青岛(礁)测绘技术国家测绘局重点实验室基金资助项目(2010B15);地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金资助项目;国家海洋局海洋溢油鉴别与损害评估技术重点实验室基金资助项目(2011116)。



# 测绘卫星技术总体发展和现状

唐新明<sup>1</sup> 谢俊峰<sup>1</sup> 张过<sup>2</sup>

(1 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京 100830)

(2 武汉大学,武汉 430079)

**摘要** 测绘卫星作为高分辨率对地观测系统的基本组成部分,其传感器技术的发展与应用日新月异。文章分析和总结国际测绘卫星的技术特点及应用现状,并简要介绍中国的首颗民用立体测绘卫星——“资源三号”设计及地面应用情况。最后根据现阶段中国国内的发展需求,提出了中国未来测绘卫星及技术的发展方向。

**关键词** 测绘卫星 “资源三号”卫星 高分辨率对地观测系统 发展思路

中图分类号: V474

文献标识码: A

文章编号: 1009-8518(2012)03-0017-08

DOI: 10.3969/j.issn.1009-8518.2012.03.003

## Development and Status of Mapping Satellite Technology

TANG Xinming<sup>1</sup> XIE Junfeng<sup>1</sup> ZHANG Guo<sup>2</sup>

(1 Satellite Surveying and Mapping Application Center, Beijing 100830, China)

(2 Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract** Mapping satellite is a fundamental component of high resolution earth observation system, whose remote sensors and applications develop rapidly. In the paper, the technical characteristics of remote sensing satellites on surveying and mapping are analyzed and summarized, and the design and ground application of the first China's civil stereo-mapping satellite (ZY-3) are briefly introduced. And the development ideas for China's future mapping satellite are proposed according to the domestic development requirements.

**Key words** mapping satellite; ZY-3 satellite; high resolution earth observation system; development ideas

## 1 引言

随着航天技术、计算机技术、通讯技术、信息处理技术的进步,现代空间遥感技术得到了前所未有的发展,高分辨率对地观测系统已成为地理空间信息获取的重要手段。基于全球对地观测空间信息的获取、空间信息控制权的分享、地理信息产业的巨大商机等全球战略思想考虑,世界各国纷纷发展本国的测绘卫星或者具有测绘能力的卫星,为本国的空间信息基础设施建设和全球化战略服务。

从广义上讲,具备立体测图或者高程测量能力的卫星都可以称为测绘卫星。从狭义上说,目前一般把能从不同视角获取同一地区影像的光学遥感卫星称为测绘卫星。在近半个世纪的发展进程中,测绘卫星从最初的胶片返回式卫星,发展到目前的传输型卫星;从框幅式相机,发展到现在的单线阵、双线阵甚至三线阵

收稿日期: 2012-04-01

基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAB01B02)

# 我国测绘卫星和卫星测绘“十二五”发展战略研究

唐新明,高小明

(国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京 100830)

## The Twelfth Five-year Development Strategy Research of Mapping Satallite and Satallite Surveying of China

TANG Xinming, GAO Xiaoming

**摘要:**测绘卫星一般是指具备平面基准、高程基准和重力基准计算能力,以及具有测图功能的、满足大中比例尺制图精度要求的对地观测卫星。在分析我国卫星测绘“十一五”现状和“十二五”需求的基础上,提出我国测绘卫星总体设想,以及发展我国光学、干涉雷达、激光测高及重力卫星的总体思路。

**关键词:**测绘卫星;卫星测绘;光学卫星;雷达;激光测高;重力卫星

### 一、前言

测绘是对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置(经度、纬度、高程)及其属性等进行测定、采集、表述,以及对获取的数据、信息、成果进行处理和提供的活动。进入 21 世纪,高性能计算、高分辨率遥感、高速宽带网络等技术迅猛发展,国民经济和社会信息化进程加快,测绘在技术手段和资源配置方式等方面都发生了深刻变化,测绘发展进入了以地图生产为主向,以地理信息服务为主转变的新阶段。

目前,我国已经建立了导航定位、气象、海洋、资源和环境减灾卫星星座,初步形成了国家对地观测体系。国民经济和社会信息化建设的发展,需要我国加快空间信息基础设施建设和测绘信息产品生产更新速度,因此急需发展我国独立自主的测绘卫星。

测绘卫星一般是指具备平面基准、高程基准和重力基准计算能力,以及具有测图功能的、满足大中比例尺制图精度要求的对地观测卫星。测绘卫星的主要特征是高几何精度,包括平面精度、高程精度及重力测量精度<sup>[1]</sup>。测绘卫星一般包括高分辨率光学测图卫星、雷达测图卫星、激光测高卫星、重力卫星和导航定位卫星等 5 种类型。光学测图卫星、雷达测图卫星和激光测高卫星可以用于多种比例尺地形图的测制;重力卫星可以用于反演地球重力场,提高高程基准精度;导航定位卫星可以用于高精度的平面和高程定位。

测绘卫星是国家高新技术的标志,体现了国家

的实力,也是国家重要的地理信息基础设施,以及地理信息最重要的数据来源。发展测绘卫星是推动我国测绘事业进步、增强测绘保障服务能力的必然要求,是满足社会经济发展,以及提高应对突发公共事件测绘服务水平的迫切需要。

### 二、“十一五”现状

#### 1. 主要成就

“十一五”以来,随着现代高新技术手段的发展,测绘事业发展势头尤其迅猛。而中国测绘创新基地的全面建成并投入使用,更是开创了测绘事业发展的新局面<sup>[2]</sup>。从基础地理信息数据更新到基础硬件平台研发,从航空测绘产业到航天测绘体系等都取得了新的突破;完成了我国地心坐标系 CGCS2000 的建立、启动和维护;研制了一系列具有自主知识产权的先进技术装备和技术集成系统;建成了数字化测绘技术体系,测绘产品日益丰富,地理信息资源建设和保障服务取得新的进展。以地理信息数据获取实时化、处理自动化、产品知识化、服务网络化和应用社会化为标志的信息化测绘体系取得了进展<sup>[3]</sup>。

目前,在卫星数据获取技术方面,我国已经建立了资源、气象、海洋、环境减灾卫星系列,初步形成了不同分辨率、多谱段、稳定运行的卫星对地观测体系,大大提升了我国卫星遥感数据获取能力,并在国土资源、生态环境、气象和减灾等领域开展了诸多应用<sup>[4]</sup>。近年来,这些卫星数据也正应用于我国不同比例尺地形图更新、应急测绘、地理信息服务等方面。

收稿日期:2012-08-06

作者简介:唐新明(1966—),男,江苏南通人,博士,研究员,主要从事遥感与地理信息系统方面的研究工作。

# 多时相统计数据空间动态可视化模型研究

周平<sup>1</sup> 唐新明<sup>1</sup> 张过<sup>1,2</sup>

(1 国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心,北京市莲花池西路28号,100830)

(2 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路129号,430079)

**摘要:**阐述了统计数据的时空特性,扩展了动态空间可视化的动态视觉参量,设计了3种用于多时相统计信息动态空间可视化的“动态统计图表”。采用时间地图动画技术及关键帧插值动画技术来设计与构建动态统计图表,并将此方法应用于相应系统,实现了统计数据随时间变化动态特性的可视化表达。

**关键词:**多时相统计数据;空间可视化;动态可视化;动态统计图表

**中图分类号:**P208

目前,国内外已有大量关于单时相统计数据空间可视化(地图可视化)的研究和应用<sup>[1-3]</sup>,然而,在多时相统计数据的空间可视化表达方面,相关研究正处于起步探索阶段。当前统计数据的可视化理论、模型和表达手段还不能以形象、动态、空间可视化的方式将随时间变化的统计信息连续动态地显示出来。因此,本文提出了一种以动态统计图表为显示手段的多时相统计数据动态空间可视化方法。通过分析多时相统计数据的时空特性,将其视为一种含有属性信息的多时相地理信息<sup>[2]</sup>,以多时相空间数据动态可视化观点,采用地图动画和关键帧插值技术<sup>[4]</sup>设计了一种动态统计图表实现原理和方法,以实现多时相统计数据随时间动态变化特征的可视化表达。

## 1 统计数据空间动态可视化基础

### 1.1 多时相统计数据时空特性

时空数据具有空间、属性、时间和综合度4个维度<sup>[5]</sup>,而多时相统计数据也天然拥有空间信息、时间信息、指标信息等固有属性。其中,空间信息即统计单元,是统计数据所反映的客观现象的地理空间实体,本文将其视为时空数据的空间维;时间信息既体现在指标所反映的时间跨度上,也表现在不同的时间区间内统计指标具有不同的特征值而表现出的时间序列特点,本文将其视为时空

数据的时间维;指标信息是统计描述对象的分类,可以是单一数量指标或具备若干分量,分量也可以通过组分的形式表现出来,本文将其视为时空数据的属性维和综合度维。因此,可以将多时相统计数据视为一类特殊的含有属性信息的多时相空间数据,通过采用多时相空间数据的动态可视化方法来实现多时相统计信息的空间动态可视化。

### 1.2 动态视觉变量

动态统计图表是在地图上表述多时相统计信息动态变化过程的主要元素,是一种特殊的动态地图符号。地图符号视觉变量是构成不同统计图表和传输不同视觉感受的基础,J. Bertin 提出了8个基本视觉变量——形状、尺寸、方向、明度、密度、结构、颜色和位置,为适用动态统计图表的动态特性,需要对基本的视觉变量进行扩展,形成适用于动态表达的动态视觉变量体系,目前已有大量相关的成熟研究<sup>[6-10]</sup>。本文引入文献<sup>[7]</sup>中提出的4个借助基本视觉变量变换组合形成的动态视觉变量:发生时长、变化速率、变化次序、变化节奏,用于动态统计图表的构建。

## 2 动态统计图表设计与实现

### 2.1 动态统计图表类型设计

文献<sup>[11,12]</sup>中总结提出了常规统计图表的

收稿日期:2012-06-14。

项目来源:国家科技支撑计划资助项目(2011BAB01B01)。



## 我国测绘卫星现状与发展思考

唐新明, 丛楠

(国家测绘局卫星测绘应用中心, 北京 100830)



唐新明(1966-), 男, 江苏南通人, 研究员, 博士, 博士生导师, 研究方向: 卫星测绘、时空数据库、DEM 以及模糊推理。  
E-mail: tang@casm.ac.cn  
收稿日期: 2011-03-01

**摘 要:** 测绘是卫星遥感应用的重要领域, 纵观国内外测绘卫星事业, 我国还与国际先进水平存在一定差距, 整个卫星测绘产业体系有待发展和提高。资源三号卫星作为我国首颗民用立体测绘卫星对我国卫星测绘事业发展具有重大意义, 国家测绘局编制的《测绘部门十二五航天规划(草案)》, 详细论述了我国民用测绘卫星的发展规划。我国正处于测绘卫星及其应用发展的黄金机遇期, 国家测绘局经多年研究开发, 正在积极推动我国测绘卫星遥感事业的飞速发展, 努力探索适合我国国情的自主研发道路, 推动卫星测绘事业不断前进, 为国民经济发展提供精确、及时、可靠的地理信息和测绘高新技术服务。

**关键词:** 测绘卫星; 卫星测绘应用; 基础地理信息

## Present Situation and Development of Surveying and Mapping Satellites in China

TANG Xin-ming, CONG Nan

(Satellite Surveying and Mapping Application Center of SBSM, Beijing 100830, China)

**Abstract:** Satellite surveying and mapping has got great emphasis in realm of remote sensing and GIS in China. However, compared with international leading level, China still has to make great efforts to cut off the distance in science. ZY-3, as the first civil surveying and mapping satellites, will be launched in due Dec. 2011, which will play significant role in China for topographic mapping, remote sensing and GIS. In this paper, a draft plan on mapping satellite development during 12-5 period is proposed for State Bureau of Surveying and Mapping of China. The plan describes several kinds of mapping satellite that should be made in the near future. During the best period of satellite surveying and mapping, we should explore the roads of independent research, develop satellite mapping technique, and provide the better services precisely, in time with high reliability for national economy and social harmony.

**Key words:** surveying and mapping satellite; satellite surveying and mapping application; fundamental geographical information

## 0 引言

测绘是对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置(包括经度、纬度和高程)及其相关信息等进行测定、采集、表述以及对获取的数据、信息、成果进行处理和提供的活动。测绘是一个技术密集型的行业。20 世纪末, 人类在空间技术和信息技术领域取得了一系列重大突破, 对测绘行业产生了新的变革, 也

正在全方位地影响着测绘的发展。对地观测系统的发展正深刻地改变着测绘产品的形式和地图更新的手段, 卫星遥感数据已成为继航空摄影之后的一个重要信息源。

胡锦涛总书记对新时期的测绘工作提出要求: 加强基础测绘, 推进数字中国地理空间框架建设, 加快信息化测绘体系建设, 提高测绘保障服务能力。努力发展现代测绘科学技术, 提供精确、及时、可靠的地理信息

和测绘高新技术服务, 最大限度地满足国民经济、社会发展和国防建设的需要, 是测绘工作的历史责任。

测绘卫星一般是指具备平面基准、高程基准和重力基准计算能力, 以及具有测图功能的、满足大中比例尺制图精度要求的对地观测卫星。测绘卫星的主要特征是高几何精度, 包括平面精度、高程精度以及重力测量精度。

目前我国在测绘卫星领域的发

文章编号:1001-1595(2011)04-0489-06

## 基于行程距离最优及容量受限的避难所分配算法研究

李久刚<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 刘正军<sup>3</sup>, 汪汇兵<sup>2</sup>

1. 武汉大学 资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 2. 国家测绘地理信息局 卫星测绘应用中心, 北京 100830; 3. 中国测绘科学研究院, 北京 100830

### Research on Algorithm of Shelter Assignment Based on Capability Limitation and Optimization of the Travel Cost

LI Jiugang<sup>1,2</sup>, TANG Xinming<sup>2</sup>, LIU Zhengjun<sup>3</sup>, WANG Huibing<sup>2</sup>

1. School of Resources and Environment, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. Mapping Satellite Data Application Center, SB-SM, Beijing 100830, China; 3. Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China

**Abstract:** According to the residence evacuation plan for the city emergency, an algorithm for distributing the shelter for victim or spatial disaster cell is proposed based on shift insertion method. Considering the uneven distribution of the residents in space and the capability limitation of each shelter, the proposed algorithm minimizes the total travel cost and keeps the spatial service continuity of each shelter with capability constraint. As a result, it can provide the scientific basis and the decision support for emergency evacuation. Comparative experiments under different constraints have evaluated the algorithm's availability and feasibility. Moreover, applications in engineering projects also prove the excellent practical utilities.

**Key words:** algorithm; capability limitation; shelter; city emergency; decision support

**摘要:** 针对城市重大突发事件人员紧急疏散策略, 提出一种基于替换插值机制的预受灾人员避难所分配算法, 该算法综合考虑避难场所容量受限性及城市人口在空间分布上的不均匀性, 实现对预计受灾人口(空间单元)进行科学分配避难所, 在确保每个避难所容量不超限的同时, 使所有被疏散人员的总行程距离最小化, 并尽可能使每个避难所服务范围具有空间连续性, 从而为城市人员紧急疏散提供科学依据和辅助决策。试验证明该算法的有效性和可行性, 并在实际项目中得到较好应用。

**关键词:** 算法; 容量受限; 避难所; 城市应急; 辅助决策

中图分类号: P208

文献标识码: A

基金项目: 国家 973 计划(2006CB701303)

## 1 引言

各种自然灾害及事故灾难给人类造成了严重的人员伤亡和经济损失, 并且大多数灾害过程中的人员伤亡是由于受灾人员得不到及时的科学疏散所造成的<sup>[1]</sup>。因此, 在突发事件发生前或灾害发生过程中, 有效地实施应急疏散策略对提高城市灾时应急响应能力具有非常重要的意义, 应急避难场所科学分配就是策略之一。

应急疏散过程中的避难场所分配实际上也是划定避难场所空间服务范围的过程。目前, 在划定设施服务范围方面, 国内外已有学者做过相关研究, 如雷达气象站、消防站以及特快列车车站等<sup>[2-5]</sup>, 这些应用大多都是通过 GIS 软件的缓冲分析功能实现<sup>[6]</sup>。但这样划定的设施服务范围在空间上没有考虑到排他性, 往往会产生重叠。而

灾区人员(空间单元)针对避难所的分配具有明显的排他性。文献[7]采用网络最短距离分析和最短路径时间分析构建的 Voronoi 面域图, 可以模拟出功能中心点辐射影响范围空间划分的实际情况, 以及 Thiessen 多边形被广泛应用等<sup>[8-9]</sup>, 在这些方法中考虑到服务范围的排他性, 但未考虑设施的容量。并且这些方法都假设潜在需求在空间上是均匀分布的, 其难以准确处理不均匀分布的需求。在综合对比上述方法的基础上, 针对城市重大突发事件人员紧急疏散策略, 提出一种基于替换插值机制的城市灾害避难所分配算法。该算法充分考虑到避难所的容量限制及城市居民在空间分布上的不均匀性, 在保证所有被分配空间单元都能分配到唯一的避难所的基础上, 避免避难所过度拥挤, 减少总行程距离, 并且尽可能维持单个避难所服务范围的空间连续, 为应急疏散提供



## 一种改进型曲线光滑算法

文敏<sup>①②③</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 闫浩文<sup>①</sup>, 史绍雨<sup>②</sup>, 葛帅<sup>②③</sup>, 申传庆<sup>②③</sup>

(<sup>①</sup>兰州交通大学数理与软件工程学院, 兰州 730070; <sup>②</sup>国家测绘局卫星测绘应用中心, 北京 100830;

<sup>③</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100830)

**【摘要】**本文改进了线性迭代方法并进一步结合五点法提出一种新型曲线光滑解决方案, 从而满足不同应用要求。新算法在保持前两种算法简单、速度快等优点的同时, 克服了线性迭代法生成曲线不能通过已知数据点的弱点, 能保证生成曲线严格通过所有已知数据点并保持一阶连续, 而且一定程度上避免了五点法生成曲线“之”字形自相交的弊端, 并可根据不同具体应用需求灵活选择处理方案, 插值效果得到明显提高并在同级别算法中效率领先。

**【关键词】**曲线光滑; 五点法; 线性迭代; 应用类型; 地理信息系统

**【中图分类号】**P282

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2011) 05-0181-04

### 1 引言

在GIS(地理信息系统)、计算机制图等众多领域中, 根据离散点通过插值等方法生成光滑连续曲线的使用非常广泛, 比如在GIS中根据离散高程点数据生成各种等值线、计算机辅助设计和制图等<sup>[1,2]</sup>。各领域插值曲线的应用各不相同, 因而要求也存在差异, 在普通绘图方面, 更强调的是光滑效果和效率; 对于生成国界线等应用, 算法生成曲线偏离已知数据点是严重的错误, 此时, 精确性远大于光滑效果和效率等问题。现存的曲线光滑算法中比较常见的有Bezier函数法, 五点法, 张力样条曲线法, 线性迭代法等<sup>[3]</sup>。这些算法各有利弊, 其对比分析见表1所示。

表1 常用曲线光滑算法评价简表<sup>[4]</sup>

	优点	缺点
张力样条法	曲线光滑效果较好; 可控制张力系数	所有数据点必须同时参与计算, 速度慢; 较复杂
Bezier函数法	形状控制直观; 设计灵活	不能通过已知数据点; 局部控制能力弱, 控制顶点数增多时, 生成曲线的阶数也增高; 曲线拼接不太灵活
五点法	数学上严密; 计算简单; 局部控制好	在数据点密集区域产生曲线自相交; 效率不高
线性迭代法	效率高; 简单易懂; 易于实现	生成曲线不能通过已知点

以现在的GIS应用为例, 数据量越来越大, 对精度的要求越来越高, 现有的算法中效果能达到要求的算法一般效率较低, 效率较高的算法往往达不到精度要求, 算法的简单性和易实现性也是在实际应用中必须考虑的问题, 而且也很少有算法考虑过不同应用对生成曲线的要求的侧重,

对该类算法的研究和改进势在必行且具有较大现实意义。

许多学者在该领域进行过不少研究<sup>[5-8]</sup>, 王延亮等对线性迭代法进行了改进, 解决了曲线偏离数据内点的问题<sup>[5]</sup>。但是, 其算法涉及切线斜率、端点和张力系数等参数的确定和运算量加倍的问题, 算法在简易性和效率上略有不足; 五点法使用也比较广泛, 但相对于线性迭代法, 其算法稍显复杂, 更重要的是在数据点密集区域存在生成曲线自相交的问题<sup>[6]</sup>。本文首先改进线性迭代法, 并结合五点法思想提出进一步改进方案, 其在保持两种基础算法优势的同时, 解决了上述问题。

### 2 基础算法<sup>[9]</sup>

#### 2.1 线性迭代法

线性迭代法又叫“抹角法”, 顾名思义, 此算法的核心思想即为一次次迭代的抹去“尖角”直至达到指定光滑程度, 设有已知数据点组A、B、C、D、..., 算法分别按序选取其中3点。

设先取A、B、C3点纳入算法, 该3点为“激活点”, 如图1a所示, 分别取AB、BC的4等分点, 得到下次迭代的“激活点”1'、2'、3'、4' (图中实心点所示), 连接2'3', 从而“抹去”B点。

如图1b所示, 将上次迭代所得“激活点”1'、2'、3'、4'纳入算法, 迭代上述过程, 再次取“激活点”间的4等分点1''、2''、3''、4''、5''、6'' (图中实心点所示), 连接2''3''和4''5'', 从而“抹去”2'、3'。

如此反复迭代直至达到要求, 从上述过程不难发现, 在不断迭代过程中, 所得曲线不能通过数据点B, 但根据算法, 可以给出以下两条规律:

规律①: 曲线必然通过线段2'3'的中点; 规律②: 在如图1b所示范围内, 插值曲线的AA'段与B'C段为直线, A'B'段为曲线且相切于A'、B'两点。

#### 2.2 五点法

五点求导法是在曲线光滑中使用较多的方法, 其核心思想是依次利用5个相邻的数据点, 使用数学方法确定曲线在5点中第3点处的切线斜率, 然后利用所求联立方程组, 解出待定系数, 确定曲线方程, 此类利用多项式插值生成曲线能取得较好效果<sup>[10]</sup>。

设拟合曲线的方程为式(1):

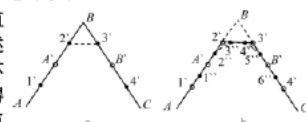


图1 线性迭代法示意图



作者简介: 文敏(1986-), 男, 湖南益阳人, GIS/计算机双学士, GIS硕士, 主要从事GIS开发应用、遥感、DEM、共享理论与方法等方面的学习和研究。  
E-mail: mavin@126.com

收稿日期: 2010-05-18

基金项目: 国家863基金资助项目(2009AA121404)

## 针对海陆图融合的数字海图自动预处理及实现

文敏<sup>1,2,4</sup>, 唐新明<sup>1</sup>, 史绍雨<sup>1</sup>, 文建强<sup>3</sup>, 闫浩文<sup>4</sup>, 黄伟<sup>4</sup>

(1. 国家测绘局 卫星测绘应用中心, 北京 100830; 2. 中国测绘科学研究院, 北京 100830;  
3. 广铁集团株洲工务段, 湖南 益阳 413000; 4. 兰州交通大学, 甘肃 兰州 730070)



**摘要:** 通过深入分析数字海图在分幅、坐标系统、投影等方面的特殊性, 研究了数字海图在投影和坐标系统等方面的基本预处理技术, 解决了数字海图无投影信息和本图坐标系等造成的问题; 并编写程序实现了数字海图的自动批量化预处理, 效率高, 误差小, 解决了实际问题, 为数字海图在数据融合、更新等方面的进一步应用提供了前提保障。

**关键词:** 数字海图; 预处理; 自动批量; 本图坐标系; 投影

**中图分类号:** P299

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1672-4623 (2011) 01-0126-02

海岛礁、海岸线地区等涉及海域的海图和地图关系到国防、航海和经济生产等诸多关键领域, 但是由于海图在其分幅、基准及分类编码及规范等各方面的特殊性, 海图的利用受到了很大的限制, 从而造成了数据冗余、裂缝和无法统一等一系列问题, 缺乏完整性同时也不便于管理<sup>[1]</sup>。因此, 海图与陆地地图之间或海图之间的地理数据整合技术<sup>[2-5]</sup>成为了当下的研究热点。而针对数字海图的特殊性, 一些预处理工作则是实现各图之间融合的前提条件, 实现批量的自动处理是科学研究和工程生产上的现实需求。

### 1 数字海图的特殊性

海图主要用于航海等, 由于其在用途等方面的特殊性, 造成了一些与现行陆地地图规范和标准不一致的特性。

#### 1.1 分幅

为了航海方便, 在图幅分幅上没有采用形如陆地地形图的分幅规范, 而是采用自由分幅, 如图1所示, 其分幅的原则和方法如下<sup>[6]</sup>: 1) 分幅的基本原则是在保证航行安全和方便使用的前提下, 尽可能减少图幅的数量; 2) 航行图采用自由分幅的方法, 根据需要确定图幅的具体范围。没有统一规定而自由的分幅方式给图幅间的无缝拼接等应用造成了困难。

#### 1.2 坐标系统

数字海图除了统一的WGS-84或1954年北京坐标系以外, 还存在一个本图坐标系的概念。本图坐标系是海图的实际经纬度通过投影转换到平面坐标系, 再经过缩放和平移等操作, 使每个数字海图图幅的左下角都成为该图幅的坐标原点。因此海图上的坐标其实

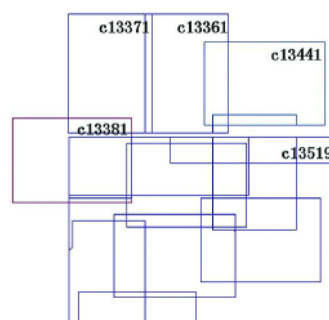


图1 我国东海某海域海图图幅索引示意图

都是一个独立的局部坐标系下的相对坐标, 本图坐标系下的数据根本无法进行图幅之间的应用。对坐标系的处理是本文中预处理的一个重要部分。

#### 1.3 投影

由于墨卡托投影对角度的保真性, 同样出于对航海的考虑, 海图一般采用墨卡托投影<sup>[7]</sup>, 但是其投影参数中的标准纬线(Standard Parallel)一般采用图幅本图坐标的中纬, 更重要的是, 现在可供使用的数字海图一般都使用海军提供的海图专用浏览器进行浏览和使用, 其shape格式的数字海图不带有\*.prj的投影文件。因此在ArcGIS等地理信息系统软件中无法识别其投影信息, 海图的预处理也包括对其投影的处理。

#### 1.4 元文件

每个标准的数字海图图幅文件夹中都含有一个元文件来说明该图幅的信息, 其中包括比例尺、基准纬线、经纬四至、坐标系统、单位、高程基准和通告改正等描述图幅的信息。而对图幅的自动化批量处理则需要使程序自动从元文件中提取相应信息来确定对海

收稿日期: 2010-08-16

项目来源: 国家863计划资助项目(2009AA121404)。

## REST 架构的 WebGIS 技术研究与实现

李久刚<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 汪汇兵<sup>②</sup>, 刘正军<sup>③</sup>

(武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079; ②国家测绘局卫星测绘应用中心, 北京 100083;

③中国测绘科学研究院, 北京 100083)

**【摘要】**随着 Web Geographical Information System (WebGIS) 技术的快速发展, 人们已不满足目前其基于简单网页技术的表现效果和交互性, 而需要寻找更好的技术和方法来解决矢量地图的发布、服务器端和浏览器端更快的响应速度、更加理想的交互性等瓶颈性问题, 同时对系统伸缩性和开发简洁性也提出了更高的要求。为此, 本文以 WebGIS 为研究对象, 针对当前 WebGIS 空间数据的共享和互操作存在的问题, 深入分析基于 REST 技术架构的 GIS WEB 服务技术模型, 探讨如何将 REST 技术应用到 WebGIS 开发和应用中, 在提高 WebGIS 的表现力与交互性的同时降低开发的复杂性, 提高系统的可伸缩性, 并有效地解决了数据的共享性和可交互性等问题。

**【关键词】**WebGIS; REST; GIS Web 服务; GIS 互操作

**【中图分类号】**P208

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2011) 03-0085-03

### 1 引言

随着 GIS (Geographical Information System, 地理信息系统) 技术的快速发展和互联网影响的不断扩大, Web 技术在 GIS 中的研究和应用已层出不穷, WebGIS 及相关技术已经成为当前 GIS 学术界、产业界的关注的热点。但是由于 GIS 领域的自身特点, GIS 技术的发展极大程度上是以计算机信息科技的进步为依托, WebGIS 的发展自然也受制于 Web 技术本身的发展状况<sup>[1]</sup>。目前, 传统 WebGIS 大多以 SOAP (Simple Object Access Protocol, 简单对象访问协议) 技术为核心, 这类系统利用 Web 服务将应用逻辑封装起来, 对于用户只提供标准接口, 对于客户端, 服务器上的数据和应用逻辑是透明的, 因此它能够灵活组织网络资源, 较好地解决地图的共享问题。但是基于 SOAP 的 Web 服务依赖于定制, 每个 SOAP 消息使用独特的命名资源的方法, 每个 SOAP 应用需要定义自己的接口, SOAP 的这些特点对于服务间的互操作的实现十分不利; 另外, SOAP 协议栈并不是专门为 GIS 而设计, 没有考虑 GIS 数据具有空间参考、海量存储等特点, 除了简单、小规模的 GIS 应用, SOAP 协议栈很难不改动地应用在地理信息服务领域。因此, 如何使 Web 服务与 GIS 应用更好地融合, 在实现异构空间数据互操作的同时, 构建一个高扩展性、开发调试和维护难度低的 WebGIS 应用是一个值得研究的问题。

REST (Representation State Transform, 表示性状态转移) 的提出为研究上述问题提供了新的契机, 它以更贴近 WWW 基础协议的方式来实现 Web 服务, 大大简化了 Web 服务的设计。本文在分析 REST 关键技术的基础上, 提出并设计一种基于 REST 技术架构的 WebGIS 应用系统, 使之既能够满足异构平台的互访, 又摒弃了传统 Web Services 的复杂和笨重, 让我们从全新的角度审视 REST 在 WebGIS 中的应用。

### 2 REST 架构关键技术

REST 把数据和服务抽象为资源, 每一个资源使用 URL (Universal Resource Locator, 统一资源定位符) 来标识, 从而使符合 REST 设计原则的 Web 服务更加具有可寻址性、

无状态性、通用接口、可连通性等优点<sup>[2]</sup>。与以远程对象为核心的 ORB (Object Request Broker, 对象请求代理者) 和以服务为核心的 SOA (Service-Oriented Architecture, 面向服务的体系结构) 相比, 以资源为核心的 REST 与 HTTP 协议的完美结合及其为互联网应用量身定做的简洁模型使之成为一种高扩展性架构<sup>[3]</sup>, 用户通过资源的 URL 来请求相关的资源。基于 REST 架构的 WEB 应用系统的关键技术主要包括 Web 服务、REST 设计原则及架构约束、XML 及 HTTP 等, 这些技术也是实现基于 REST 架构的 Web 应用基础。

#### 2.1 REST 及 Web 服务

单纯就 REST 术语的出现而言, 它是 Roy Fielding 在其 2000 年的论文中首次提出的一种软件架构。具体地说, REST 用来定义一个 Web 服务应用程序编程接口 (API), 通过 HTTP 来进行资源管理。REST 是一种基于资源的服务访问架构风格。它强调使用客户机一无状态服务器架构, 从而一系列的代理、缓存, 和过滤器可以应用到网络的基础设施中, 此外, 每一个用户请求都是独立的, 请求之间没有依赖关系, 极大地提高了系统的可伸缩能力。REST 还强调组件间的统一接口, 从而信息能够以标准的格式来标示, 定义和传输, 极大地提高了系统的简单性和可扩展性。同时, REST 也描述了如何设计和开发分布式 Web 应用系统, 它将服务器抽象为一组离散资源的集合, 资源又是一个抽象的概念, 而不是代表某个具体的东西<sup>[4]</sup>。根据 REST 设计原则, 每个 URL 代表一个资源, 而整个系统就是由这些资源组成的。

Web 服务是互联网上基于标准互联网协议 (超文本传输协议, HTTP) 使用的软件组件, 是通过 URI (Uniform Resource Identifier, 通用资源标识符) 进行定位, 其接口能够使用 XML 定义、描述、发现的软件应用程序, 它是一系列标准的综合, 这些标准包括 XML、SOAP、UDDI、WSDL 和 WSFL 等, Web 服务利用这些标准提供了一个松散耦合的分布式计算环境<sup>[5]</sup>。从外部的使用者的角度来看, Web 服务是一种部署在 Web 上的软件部件, 就技术角度而言, 因为 Web 服务一般建立在 J2EE、.Net 等平台上, 可以认为 Web 服务是对象/组件技术在 Internet 上的延伸。

#### 2.2 REST 架构约束

REST 本身不是标准, 而是一组广义的设计原则, 它是为分布式超媒体系统设计的一种架构风格。REST 本身并没有与 Web、HTTP 或 URI 绑定, REST 设计原则包括客户-服务器、无状态、缓存、统一接口、分层系统等。REST 原则的无状态指服务器端不保存客户应用状态, 连接→请求→响应→断开, 客户的上一次请求与下一个请求没有关系。服务器端响应客户请求返回资源的表述及相关链接, 该表述的本身就是客户的当前状态, 客户按照表述中提供的链接选择下一个表述, 迁移到下一个状态。也就是服务器通过表述为状态迁移提供指导, 而状态的迁移权掌控在用户手里, 客户根据自己的需要选择链接, 由当前状态迁移到下一个状态。



作者简介: 李久刚 (1978-), 男, 湖南衡阳人, 武汉大学博士研究生, 主要研究方向为 WebGIS 的理论及技术体系及空间数据库。

E-mail: lijigang168@sina.com

收稿日期: 2010-09-29



Contents lists available at ScienceDirect

## International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jag](http://www.elsevier.com/locate/jag)

## Topological relations between fuzzy regions in a fuzzy topological space

Xinming Tang<sup>a,\*</sup>, Wolfgang Kainz<sup>b</sup>, Hongyan Wang<sup>c</sup><sup>a</sup> Key Laboratory of Geo-informatics of State Bureau of Surveying and Mapping, Chinese Academy of Surveying and Mapping, No. 16 Beitaiting Road, 100039 Beijing, China<sup>b</sup> Cartography and Geo-information, Department of Geography and Regional Research, University of Vienna, Universitätsstraße 7, A-1010 Vienna, Austria<sup>c</sup> School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, No. 129 Luoyu Road, 430079 Wuhan, China

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 30 March 2009

Accepted 12 January 2010

## Keywords:

Topological relation

Fuzzy topological space

Fuzzy region

Intersection matrices

## ABSTRACT

Topological relations are one of the most important aspects in GIS modeling. The topological relations between crisp spatial objects have been well identified. However, the topological relations between fuzzy spatial objects need more investigation. This paper deals with building a special fuzzy topological space for fuzzy sets. Based on it, a formal definition of simple fuzzy region is given. A  $4 \times 4$ -intersection and furthermore a  $5 \times 5$ -intersection approach are proposed for the formalism of topological relations. Finally 152 topological relations between two simple fuzzy regions are identified based on the  $4 \times 4$ -intersection approach in  $R^2$ .

© 2010 Elsevier B.V. All rights reserved.

## 1. Introduction

It is well known now that GIS is a tool that can store, retrieve, analyze and display the information related to spatial distribution. How to model spatial features is an essential question in GIS. An important issue is to understand the relationships between these spatial features. Of all the relationships topological relations play a fundamental role in GIS modelling. A query such as “who are my neighbours” belongs to this scope. Several approaches have been proposed to identify topological relations between crisp spatial objects. Corbett (1979) introduced the algebraic topological structure for cartographic modelling. Allen (1983) identified thirteen topological relations between two temporal intervals. The breakthrough on topological relations between spatial objects was made by the well-known 4-intersection and the  $3 \times 3$ -intersection approach proposed by Egenhofer and Franzosa (1991). A lot of research has been done based on this aspect (Egenhofer and Herring, 1990a,b; Herring, 1991; Egenhofer et al., 1994a,b; Egenhofer and Franzosa, 1994; Oosterom, 1997; Molenaar, 1998; Chen et al., 2001). On the other hand, Kainz et al. (1993) investigated the topological relations from the aspect of poset and lattice theory. Randell et al. (1992) described topological relations by use of their RCC (Region Connection Calculus) theory, which is based on logic.

However, spatial objects are not always crisp. There are many fuzzy objects in reality, such as downtown area, forest and grassland. Since 1965 Zadeh introduced fuzzy set theory it has been widely researched theoretically and successfully applied in many fields

such as automatic control (Zadeh, 1965). Burrough and Frank (1996) pointed out, if soil types are represented as crisp objects with crisp boundaries, the transition from one type of soil to another is totally lost, which cannot reflect the reality. When spatial phenomena are generalized by the crisp form, their quantitative information is lost. In reality, some concepts should not be considered as crisp objects at all (for example, mountains, oceans, the Yangtze River delta, coastline) since their boundaries are totally indeterminate. Fisher (1996) provided a good example of fuzzy objects by the analysis of land cover classification on satellite images. Fuzziness is actually the essence of many natural phenomena.

Fuzzy spatial object modelling has been emphasised for more than ten years. Many researches such as Cheng et al. (1997), Cross and Firat (2000) have done a lot of researches on fuzzy modelling. In China, the second-round large scale land investigation has been launched. In many cases, it is very difficult to determine where the boundary should be located. For example, when we draw the boundary between waste land and river, it is very difficult to judge whether the boundary is precise or not on the SPOT image. Under many circumstances, we admit it could be better to consider the boundary as a zone (Fig. 1). Sometimes, it is also very difficult to draw the boundaries between forest and bush, between bush and grassland, between wasteland and grassland.

Like the importance of topological relation for spatial objects in conventional GIS, modelling topological relations between fuzzy spatial objects is important when we represent fuzzy spatial objects in GIS. For example, when we query the overlap information or adjacency of two fuzzy spatial objects, the relationship between these objects should be investigated based on the topological structure. In this aspect, several methods have been proposed for modelling fuzzy spatial objects and their

\* Corresponding author. Tel.: +86 10 63881366.  
E-mail address: [tang@casm.ac.cn](mailto:tang@casm.ac.cn) (X. Tang).

# 线阵 CCD 卫星影像外方位元素求解的研究

苏文博<sup>1</sup>, 唐新明<sup>④</sup>, 范大昭<sup>1</sup>, 翟亮<sup>④</sup>, 陈利奇<sup>④</sup>

(<sup>1</sup> 信息工程大学测绘学院, 郑州 450052 <sup>④</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039)

**【摘要】**线阵 CCD 技术已广泛应用于高分辨率卫星遥感影像, 但其外方位元素的强相关性使得法方程出现病态, 难以得到稳定的解。本文在基于严密成像模型的基础上, 采用 SPOT 卫星影像对几种常见的去相关方法进行了比较, 并在谱修正迭代法的基础上, 提出了一种新的去相关方法。根据谱修正迭代法中法矩阵的特征, 对初始值乘以一个系数, 不仅没有改变原有的无偏性质, 而且使其对初值的依赖程度大大的降低。分析与试验结果表明, 这种改进是有效的。

**【关键词】**外方位元素; 相关性; 岭估计; 谱修正迭代法

**【中图分类号】**P23

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2010) 02-0049-02

## 1 引言

三线阵 CCD 影像由于其成像的诸多优点, 已成为卫星对地观测的一个新的发展方向。但其外方位元素之间存在极强的相关性, 使得平差计算得不到稳定的解。这时虽然传统的最小二乘估计仍是线性无偏估计, 但已不是最优估计。

造成这方面的原因是多方面的。主要有以下三点: ①由于卫星的主距很大, 因而造成光束很窄, 这对求解外方位元素非常不利; ②由于卫星轨道很高, 各未知参数的系数在数量级上相差很大, 且成近似线性关系, 即复线性关系, 这会导致法方程变态; ③线阵扫描航天影像的误差方程中, 假定外方位元素随飞行方向线性变化, 并不能真实地反应扫描外方位元素之间的变化规律<sup>[1]</sup>。大量的试验表明, 卫星的姿态变化很稳定, 甚至可以视为常量, 这样用上述的假定实际上是取用了过多的待求参数, 造成了求解中的相关。在克服外方位元素相关性方面, 摄影测量工作者做了大量有益的探索, 但是这些方法各有所长也各有短, 没有一种最完美的方法能适用于所有的情形。

本文提出的方法简单有效, 通过对观测点数据进行验证, 进一步证明了该方法的可行性与正确性。

## 2 CCD 影像外方位元素分析

与面阵 CCD 传感器不同, 线阵 CCD 传感器成像方式是多中心投影<sup>[2]</sup>, 采用推扫方式逐行获取影像, 在每一时刻采用中心投影的方式获取一扫描行的影像<sup>[1]</sup>, 最后拼接得到一幅完整的影像, 不同的扫描行具有不同的外方位元素。

若  $y$  为飞行方向, 在第  $i$  扫描行影像时刻其成像模型为:

$$x_i = -f \frac{a_1(X_A - X_{Si}) + b_1(Y_A - Y_{Si}) + c_1(Z_A - Z_{Si})}{a_3(X_A - X_{Si}) + b_3(Y_A - Y_{Si}) + c_3(Z_A - Z_{Si})} \quad (1)$$

$$0 = -f \frac{a_2(X_A - X_{Si}) + b_2(Y_A - Y_{Si}) + c_2(Z_A - Z_{Si})}{a_3(X_A - X_{Si}) + b_3(Y_A - Y_{Si}) + c_3(Z_A - Z_{Si})} \quad (2)$$

式中  $x_i$  为第  $i$  扫描行方向的坐标,  $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3,$

$c_1, c_2, c_3$  为姿态角所组成的旋转矩阵的元素,  $X_{Si}, Y_{Si}, Z_{Si}$  为第  $i$  扫描行的摄站坐标。

线阵 CCD 的每一行影像都有 6 个外方位元素, 把一幅影像的外方位元素全部作为自由参数进行求解通常是不可能的。卫星受外界阻力小, 飞行平稳, 姿态变化率小, 所以在一定范围内可近似的认为外方位元素随时间线性变化<sup>[3]</sup>。而且获取相邻扫描行的影像时间间隔相等, 因此可以将外方位元素表达为飞行方向坐标的线性函数。

$$\begin{aligned} \phi_i &= \phi_0 + y\phi, X_{Si} = X_0 + yX, \\ \omega_i &= \omega_0 + y\omega, Y_{Si} = Y_0 + yY, \\ K_i &= K_0 + yK, Z_{Si} = Z_0 + yZ, \end{aligned} \quad (3)$$

$X_0, Y_0, Z_0, \phi_0, \omega_0, K_0$  为中央扫描行的外方位元素。

$\dot{X}_s, \dot{Y}_s, \dot{Z}_s, \dot{\phi}, \dot{\omega}, \dot{K}$  为外方位元素的一阶变化率。

其误差方程式为:

$$\begin{aligned} V_x &= a_{11}dX_0 + a_{12}dY_0 + a_{13}dZ_0 + a_{14}d\phi_0 + a_{15}d\omega_0 + \\ &+ a_{16}dK_0 + y a_{11}d\dot{X}_s + x a_{12}d\dot{Y}_s + y a_{13}d\dot{Z}_s + y a_{14}d\dot{\phi} + y a_{15}d\dot{\omega} + \\ &+ y a_{16}d\dot{K} - l_x \\ V_y &= a_{21}dX_0 + a_{22}dY_0 + a_{23}dZ_0 + a_{24}d\phi_0 + a_{25}d\omega_0 + \\ &+ a_{26}dK_0 + y a_{21}d\dot{X}_s + x a_{22}d\dot{Y}_s + y a_{23}d\dot{Z}_s + y a_{24}d\dot{\phi} + y a_{25}d\dot{\omega} + \\ &+ y a_{26}d\dot{K} - l_y \end{aligned} \quad (4)$$

求解外方位元素大多数是基于以上的误差方程, 下面即为寻求如何得到稳定的解。

### 2.1 线角分求

其具体方法是得到定向参数的固定值, 将线元素和角元素分开成两组, 各自建立误差方程, 固定一组求另一组, 两组方程交替反复迭代直到得到稳定解<sup>[3]</sup>。该方法优点是可以避免相关性造成的无法求解, 而且解算步骤清晰、减少计算量, 收敛迅速, 能得到满意结果。其缺点是对初值的依赖程度很高, 如果初值偏差太大, 有可能出现错误的结果。而且此方法本身也不够严密。这种方法具有一定的实用价值, GPS 测量能获得非常精确的位置信息。

### 2.2 岭估计

岭估计是对法方程进行必要的处理, 使法方程的状态变好<sup>[4]</sup>。岭估计方法是从减少均方误差的角度出发而提出的一种有偏估计, 称  $X(k) = (N + kE)^{-1}B^T P L$  为参数  $X$  的岭估计, 式中  $k$  为岭参数, 12 个参数中 6 个参数为中央扫描行的外方位元素的岭估计值, 另外 6 个参数为外方位一阶变化率的岭估计值<sup>[6]</sup>。

运用岭估计进行  $k$  估计的时, 核心问题是最优  $k$  值的选取<sup>[10]</sup>, 但最优  $k$  值的选取在理论上没有解决, 一般用岭迹分析的方法来确定最优  $k$  值。就是取大量的  $k$  值进行计算, 根据不同  $k$  值对应的检查点的中误差采取合适的搜索算法来确定合适的  $k$  值。本文的试验中采取的是此方法。



**作者简介:** 苏文博 (1984-), 男, 湖北天门人, 硕士, 主要从事数字摄影测量、数字图像处理等研究。  
E-mail: swb19841117@163.com

**收稿日期:** 2008-10-10

**基金项目:** 国家科技部国际科技合作项目 (编号: 2006DFA71572 2006DFA71570); 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金项目 (编号: A1721)



# 高分辨率遥感卫星无控制定位改进模型及应用

陈利奇<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 翟亮<sup>②</sup>, 吴荣涛<sup>③</sup>, 苏文博<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>河南理工大学, 河南 焦作 454001; <sup>②</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039;  
<sup>③</sup>河南省国土资源调查规划院, 郑州 450053)

**摘要** 本文从单线阵 CCD 推扫式成像机理出发, 以 SPOT5 卫星为例, 充分利用其辅助数据, 阐述了利用改进椭球体模型进行无控制点定位算法, 按照构建的成像模型对某地区一景 SPOT-5 影像进行无控制对地目标定位, 获得了实地 41.70298m 的平面精度; 利用两个控制点对其进行修正后达到了 17.1677m 的平面精度。

**关键词** 椭球体定位; 观测向量; 轨道修正

**中图分类号** P228.1

**文献标识码** A

**文章编号** 1009-2307(2010)03-0098-03

## 1 引言

随着航天遥感技术的迅猛发展, 特别是遥感传感器技术的发展, 使得遥感影像使用范围越来越广, 现在已经成为空间信息的重要数据源和数据更新手段。遥感数据的应用范围扩大到社会信息服务领域, 被广泛应用于测绘、农业、林业、地质矿产、水文与水资源、环境监测、自然灾害、区域分析与规划、军事、土地利用等方面, 发挥着重大作用。具有正确地理编码的遥感影像可以为土地、规划、环保、农业、林业、海洋等不同的领域提供各自需要的地物特征和信息。

高分辨率遥感卫星的出现, 使得利用卫星遥感实现地面目标的高精度定位与大比例尺测图成为可能<sup>[1]</sup>。大量高精度卫星遥感影像广泛应用, 特别是线阵 CCD 影像在理论和技术上达到了摄影测量要求的水平。遥感影像中的定位问题是遥感应用中的一个关键技术, 传统的定位是依据于严密成像模型或者 RPC 模型<sup>[2]</sup>均需要依赖一定数量且分布均匀的地面控制点(GCP), 对于大片水域、沙漠、边境等地面特征不明显或者地面控制点获取比较困难的地区依据传统的成像模型实现精确定位几乎不太可能。本文研究如何利用卫星影像的辅助数据运用椭球体模型结合少量的控制点进行目标精确定位。

## 2 椭球体定位原理

依据 SPOT5 提供的关于 CCD 指向、卫星位置数据、速度数据及其对应的时间数据, 根据成像时刻光线传递方向进一步建立成像的椭球体定位模型<sup>[3]</sup>。

椭球体定位的模型:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} + \frac{z^2}{C^2} = 1 \quad (1)$$



**作者简介:** 陈利奇(1982-), 男, 河南汝州人, 硕士研究生, 主要从事航天遥感研究。

E-mail: clq518@qq.com

**收稿日期:** 2008-10-14

**基金项目:** 国家科技部国际科技合作项目: 高分辨率立体测图卫星的地面几何检校联合试验研究(编号: 2006DFA71570); 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金项目: 高分辨率立体测图卫星成像几何模型的研究(编号: A1721); 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金项目: 新型传感器测绘的地面几何标定技术研究(编号: 200922)

对于 1A 级影像上某列影像都有唯一的 CCD 探元与之对应, 由两个角度  $\Psi_x$  和  $\Psi_y$  (如图 1 所示) 来定义其在导航坐标系下 ( $O_1, X_1, Y_1, Z_1$ ) 的观测方向。每个 CCD 的观测方向可由 SPOT 的辅助数据给出。在导航坐标系下的坐标可由式 (2) 表示:

$$\vec{u}_1 = \begin{bmatrix} -\tan(\Psi_y) \\ +\tan(\Psi_x) \\ -1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中的  $\Psi_x$ 、 $\Psi_y$  为某个探元对应的两个方向角 (在 SPOT 辅助数据中可以读出)。

对应的观测方向为:

$$\vec{u}_1 = \frac{\vec{u}_1}{\|\vec{u}_1\|} \quad (3)$$

计算由导航坐标系下到轨道坐标系下的光线方向:

对于第  $i$  个像点 ( $l, p$ ), 在导航坐标系下的观测方向可由第  $p$  个 CCD 的观测方向根据上式计算  $t_i$ 。该像点成像时间可由下式计算:

$$t = t_i + l_{sp} \times (l - l_i) \quad (4)$$

其中  $l_i$  为该景影像中心行成像时间;

$l_{sp}$  为成像每行的间隔时间;

$l_i$  为扫描中心行号;

轨道坐标系 ( $O_2, X_2, Y_2, Z_2$ ) 中心在卫星的质心。Z 轴由地球的质心指向卫星的质心 X 轴由卫星飞向的速度矢量和 Z 轴叉乘确定, Y 轴由右手定则可得。

$$\vec{Z}_2 = \frac{\vec{P} \wedge \vec{V}}{\|\vec{P} \wedge \vec{V}\|} \quad \vec{X}_2 = \frac{\vec{V} \wedge \vec{P} \wedge \vec{Z}_2}{\|\vec{V} \wedge \vec{P} \wedge \vec{Z}_2\|} \quad \vec{Y}_2 = \vec{Z}_2 \wedge \vec{X}_2 \quad (5)$$

式中  $\vec{P}(\vartheta)$  和  $\vec{V}(\vartheta)$  指卫星飞行过程中的位置和速度, 可由拉格朗日插值求出。

由于卫星在飞行过程中发生偏航、滚动、俯仰与轨道坐标系并不重合。计算第  $i$  个像点在轨道坐标系下的方向为  $\vec{u}_2$ :

首先内插出该时刻点的姿态角

$$\begin{aligned} a_p(t) &= a_p(t_i) + \left( a_p(t_{i+1}) - a_p(t_i) \right) \times \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} \\ a_r(t) &= a_r(t_i) + \left( a_r(t_{i+1}) - a_r(t_i) \right) \times \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} \\ a_y(t) &= a_y(t_i) + \left( a_y(t_{i+1}) - a_y(t_i) \right) \times \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} \end{aligned} \quad (6)$$

其中:  $a_p(t_i)$ 、 $a_r(t_i)$ 、 $a_y(t_i)$  分别是在  $t_i$  时刻对应的卫星偏航、滚动、俯仰角。

$$\vec{u}_2 = M_p \cdot M_r \cdot M_y \cdot \vec{u}_1$$

式中  $M_p$ 、 $M_r$ 、 $M_y$  为由姿态角构成的旋转矩阵。

计算由轨道坐标系到地心坐标系下的光线方向  $\vec{u}_3$ :

$$\vec{u}_3 = \begin{bmatrix} X_2 & Y_2 & Z_2 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 \\ X_2 & Y_2 & Z_2 \end{bmatrix} \cdot \vec{u}_2 \quad (7)$$

## 遥感影像压缩质量评价的研究及应用

翟亮<sup>1</sup> 唐新明<sup>1</sup> 张过<sup>2</sup> 祝小勇<sup>2</sup>

(1 中国测绘科学研究院,北京市海淀区北太平路16号,100039)

(2 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路129号,430079)

**摘要:**针对目前在测绘行业尚没有一套相对完善的遥感影像压缩质量评价方案,提出了基于遥感影像的应用要求,围绕遥感影像压缩的主、客观质量评价,从多个角度研究了遥感影像压缩质量评价指标,并进行了相关试验。试验结果表明,如果资源3号卫星采用改进的SPIHT压缩算法,可以接受的压缩比不应超过4:1。

**关键词:**影像压缩;质量评价;改进的SPIHT算法

**中图分类号:**P237.4

在航空/航天遥感领域,遥感影像压缩的研究主要集中在两个方面:①针对航空/航天遥感影像数据的特点提出了一些更为有效的专门压缩算法;②通过研究压缩后的重建影像质量的衰减程度,探讨现有的压缩方法在遥感领域中的应用潜力。根据国家《航天发展“十一五”规划》和《全国基础测绘中长期规划纲要》,我国将计划在“十一五”期间发射高分辨率光学立体测图卫星(资源3号卫星),用于满足我国1:5万地形图测绘及1:2.5万地形图更新的需求。在卫星研制阶段,需要卫星用户和卫星研制方共同分析、研究,明确卫星的主要技术指标,其中一个重要指标就是数据传输压缩比。压缩比不同带来的影像畸变大小的不同,直接关系到将来卫星遥感影像数据的应用能力和应用范围。遥感影像压缩的质量评价不同于对压缩算法的评价(如算法复杂度、压缩速率等),它是以应用为驱动,以压缩后的影像为评价对象,从主观感知、构像质量和几何质量等方面进行的全面评价<sup>[1,2]</sup>。

### 1 主观质量评价

主观质量评价是人们进行遥感影像质量评价常用的方法,并且是检验客观评价指标是否与人类视觉一致的惟一标准<sup>[3]</sup>。在其他方面,如视频

质量评价<sup>[4]</sup>,主观质量评价也有着广泛的应用,并且至今占据着重要的地位。通常情况下,遥感影像质量的主观评价借鉴电视领域妨碍尺度的思想,组织有关测试者(观察者)对图像进行目视解译。测试者既可以是专家,也可以是普通人员。专家是经历过遥感影像判读和译解训练的,他们能够凭自己的观察对遥感影像质量提出严格的判断,发现普通人员所忽略的影像中的某些细节。遥感影像压缩的主观质量评价过程是一个视觉认知(交互)的过程,而认知的主体是人,人的主观感受往往是模糊的、多层次的。另外,遥感影像压缩质量受多方面畸变因素的影响,而各因素对影像质量的影响程度也不尽相同,为此,要综合考虑诸多影响因素。鉴于此,本文设计了一种针对遥感影像压缩质量评价的模糊综合评判方法,也可称为遥感影像压缩质量评价的模糊综合决策方法。其主要思路如下。

#### 1.1 建立因素集和评价集

考虑遥感影像压缩质量的不同影响因素,即评价指标,提出因素集:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_j, \dots, u_m\} \quad (1)$$

式中, $u_j$ 代表第 $j$ 个因素, $j=1, 2, \dots, m$ 。根据我国国家标准《数字测绘产品检查验收和质量评定(GB/T 18316-2001)》的评定等级——优秀( $v_1$ )、良好( $v_2$ )、合格( $v_3$ )和不合格( $v_4$ ),提出如下评价

收稿日期:2009-01-17。

项目来源:国家自然科学基金资助项目(40801178);地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放研究基金资助项目(A1721);国家科技部国际科技合作计划资助项目(2006DFA71570)。



## 我国测绘卫星的发展思路和应用展望

孙承志<sup>1\*</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 翟亮<sup>③</sup>

(<sup>1</sup> 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079; <sup>②</sup> 国家测绘局, 北京 100830  
<sup>③</sup> 中国测绘科学研究院, 北京 100039)

**【摘要】** 国家测绘局经过多年的研究开发, 已基本形成了卫星测图的科学生产工艺, 对于更大程度上发挥卫星遥感应用潜力起到了积极推动作用。为适应遥感技术的发展, 国家测绘局已于 2005 年编制了《测绘部门十一五航天规划(草案)》, 测绘卫星计划包括研制发射我国自主的测绘系列卫星和建立自主版权的测绘卫星综合应用服务体系。高分辨率测绘系列卫星包括: 高分辨率光学立体测图卫星、干涉雷达卫星、激光测高卫星和重力卫星等。随着我国航天事业和卫星制造技术的蓬勃发展, 未来的卫星测绘应用能力将得到进一步加强。

**【关键词】** 测绘; 测绘卫星; 地理空间信息; 卫星测图应用

**【中图分类号】** P223

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1009-2307(2009)02-0005-03

**DOI:** 10.3771/j.issn.1009-2307.2009.02.001

### 1 引言

测绘是指对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等进行测定、采集、表述以及对获取的数据、信息、成果进行处理和提供的活动。测绘获取的是与地表有关的地理空间信息, 是“数字中国”地理空间框架的基本内容, 是国民经济和社会信息化的重要基础。据有关资料, 人类活动所涉及的信息总量中有 80% 与地理空间信息有关, 尤其是那些全局性、战略性的重大问题, 大部分都涉及地理空间信息<sup>[1]</sup>。由于测绘所获取的地理空间信息是一切与定位有关的基础, 应用于国民经济、社会发展和国家安全的各个领域, 世界各国都把地理空间信息作为国家重要的战略资源, 以基础地理信息为核心的空间数据基础设施建设是各国建设的重点。

目前, 我国的基础地理信息现势性较差, 无法满足国民经济和社会发展对基础地理信息现势性的强烈需求, 已经成为制约地理空间信息产业发展的“瓶颈”。必须采用航天技术手段, 依靠发展测绘卫星, 实时获取各种空间信息, 以建立和维持我国高精度的空间基准, 及时更新各种比例尺的基础地理信息, 建立和维护国家基础地理信息系统, 快速生产现势性强的国家系列地图。

### 2 国内外卫星测绘应用现状

国外测绘卫星数据应用已经相当广泛, 加拿大利用卫星遥感数据修测 1:200 000 地形数据库, 法国、意大利利用卫星遥感数据测制非洲及东南亚地区大面积 1:50 000 地形图, 美国地调局负责实施的 1:100 000 至 1:500 000 全美数字地质图编制项目, 其信息来源主要从遥感图像上获取, 并更新了有关的 GIS 系统。国际商业遥感卫星正进一步向高空间分辨率、高光谱分辨率、短重访周期发展。21 世纪

初, 随着对地观测技术的进步和一些重大计划的实施, 如美国 NASA 的 EOS 计划, 卫星遥感将进入新的发展时期<sup>[2]</sup>, 代表性测绘卫星有: 法国 SPOT 5 卫星, 可用于 1:50 000 地图制图; 美国 KONOS 和 QuickBird 卫星, 可用于 1:24 000 及更大比例尺地图制图<sup>[6,7]</sup>; 日本 ALOS 卫星, 可用于 1:25 000 地图制图; 印度 CARTOSAT 系列卫星, 可用于 1:25 000 及更大比例尺地图制图; 此外, 美国的航天飞机测图任务(SRTM)已经完成了全球 80% 的陆地区域的 DEM(数字高程模型), 星载激光测高卫星也得到高度重视, ICESAT(Ice Cloud and land Elevation Satellite)卫星可测定地面分辨率为 100m 的陆地高程, 高程精度约为 10m。

我国发射的资源卫星 01/02 星已经稳定在轨运行, 获取了大量的中等分辨率的多光谱和光学影像数据<sup>[3]</sup>, 02B 星也于今年发射成功。现有资源系列卫星提供中等分辨率遥感影像, 可以用于 1:250 000 和 1:1000 000 地形图更新。02B 星和计划中的 CBERS-3/4 的高分辨率影像原则上可对 1:50 000 和 1:25 000 的基础地理信息进行部分要素的更新。但由于资源系列卫星的立体观测能力非常有限, 无法生成数字高程模型, 难以满足 1:50 000 和更大比例尺的测绘的全面需求。在测绘卫星数据的应用方面, 国家测绘局经过多年的研究开发, 基本解决了利用国外卫星数据修测地形图和更新各种比例尺的地形数据库的关键技术, 形成了科学的生产工艺。国家测绘局 1999 年已经开始大面积利用法国 SPOT 卫星数据制作 1:50 000 正射影像图(DOM)及修测相应的地形图, 利用美国 LANDSAT 的 TM 数据更新 1:250 000 数据库, 为缩短地图的更新周期提供了有效的方法。

总体上, 我国高分辨率卫星技术与国家的需求、国际发展前沿相比, 依然存在较大的差距。在观测系统平台方面, 在轨传感器空间分辨率存在代差, 在多波段高空间、高光谱分辨率、雷达卫星方面尚属空白, 高空间分辨率的遥感数据缺乏, 不能持续、稳定地提供对地观测数据和信息。覆盖全球和全国的数据缺乏, 尚不能摆脱对国外的依赖。缺乏规模化、长期稳定运行的业务系统, 无法满足国家经济和社会发展对地球观测技术的需求。必须采用航天技术手段, 发展各种高分辨率测绘卫星, 实现数据实时获取。

### 3 我国测绘卫星的发展思路

为适应航天遥感技术的发展, 国家测绘局已于 2005 年编制了《测绘部门“十一五”航天规划(草案)》, 《规划》指出: 建议从 2005 年开始启动测绘卫星计划。该计划包括研制发射我国自主的高分辨率测绘系列卫星和建立自



**作者简介:** 孙承志(1964-), 男, 高工, 武汉大学博士生, 主要从事卫星遥感、测绘科技管理等方面的研究。

E-mail: suncz@whu.edu.cn

收稿日期: 2008-11-17

**基金项目:** 科技部国际科技合作项目(2006DFA71570); 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金项目

(A1721); 国防科工委民用航天空间应用项目

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

# 一种基于时态树结构的时空数据的动态可视化方法

汪汇兵<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>①</sup>, 史绍雨<sup>①</sup>, 洪志刚<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039 <sup>②</sup>武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079)

**【摘要】**本文通过设计一种时态树结构, 运用多时态矢量空间数据动态关联算法建立地理实体变更的历史亲缘继承关系, 作为时空对象动态可视化的时态版本数据源; 基于时态树结构, 设计并实现了动态形变图和动态专题图等动态可视化表达方法。

**【关键词】**时空对象; 时态树; 动态关联; 动态可视化

**【中图分类号】** P208

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1009-2307(2009) 01-0110-03

DOI: 10.3771/j.issn.1009-2307.2009.01.037

## 1 引言

现实世界是动态的, 总是处在不断变化之中, 数据在具有空间性的同时亦具有时间性。如何有效地组织存储随时间变化的地理空间数据, 直观生动地反映其发生、发展和消亡的时空过程, 是对时态地理信息系统(TGIS)动态可视化表达的必然需求。时空数据的动态可视化是地理信息可视化技术发展的新阶段, 与单独的空间表达相比, 时空现象的表达更复杂和困难<sup>[1]</sup>。目前, 这方面的研究主要集中在扩展静态地图符号变量形成用于表达时空地理信息的动态视觉变量体系; Dillase等(1992)<sup>[2]</sup>提出了变化次序(order)、持续时间(duration)和变化比率(rate of change)三个动态视觉变量; MacEachren(1994)<sup>[3]</sup>又补充提出显示时刻(moment of display)、频率(frequency)和同步(synchronization); MacEachren(1995)<sup>[4]</sup>提出动态地图需要添加时间维(即显示时间)而时间维度上有很多变量可以用于控制与辅助表达动态地图。针对每个动态可视化变量, 需要定义其相应的使用规则。Bak(2005)<sup>[5]</sup>对动态视觉变量进行了重新归纳, 指出显示时刻、变化次序、持续时间与频率是固定的 4 个动态视觉变量, 而变化比率和同步是效果(如与其他动态变量交互作用的效果)。艾廷华(1998)<sup>[6]</sup>在 Bertin 符号变量体系基础上扩展了符号的 4 个动态视觉变量: 发生时长、变化速率、变化次序、节奏, 讨论了这些动态参量在突出显示空间定位、描述属性特征、描述动态变化几个方面的应用。关于动态视觉变量的研究目前还处在理论探索阶段, 其体系框架和应用规则还没有明确, 尤其是多种动态视觉变量的组合应用及其对读图感受的影响需要深入研究。本文的研究思路主要从时空地理信息的时序出发, 采用计算机动画技术动态表达时空数据演变过程, 解决如下两个问题:

①建立合适有效的时空数据存储、提取的组织结构, 以提高动态可视化过程中获取各时态数据的效率<sup>[7]</sup>。本文首先建立了基于要素标识的容纳时间(双时态)、空间、属性于一体的时空对象模型, 以增强系统对时间维的处理能

力, 在时空变化类型抽象分类的基础上设计了支持时空变化过程和类型的时态树结构, 并通过动态关联算法自动发现和提取时空变化结构信息存入时态树结构; ②时空数据动态可视化技术, 以提高对时空数据可视化表达和认知的能力。本文在一体化时空对象模型和时态树结构的基础上, 设计并实现了动态形变图(包括关键帧动画、插值渐变)和动态专题图(包括动态柱状图、动态饼状图、渐变色带图)。

## 2 时态树结构

### 2.1 时空对象模型(STOM)

时间和空间是现实世界中最重要的和最基本的信息。空间和时间的属性应该结合在一起。任何空间对象都有主题(属性)空间/时间属性, 这些属性反映了什么/哪里/何时的结构。STOM(Spatio-temporal Object Model)模型<sup>[8]</sup>利用面向对象的方法封装了时空对象(STO: Spatio-temporal Object)把主题、空间和时间作为一个整体。STOM模型以OpenGL简单要素规范(OGC SFS)作为空间域的基础, 采用双时态模型作为时间域的基础, 即表达对象现实生存期的起止时间(VTR/VTE)和存在于数据库中的事务时间(TTR/TTE)。

为保证数据模型的完整性约束条件, 对时空对象唯一标识符作如下限定:

①惟一性: 任何两个时空对象的标识不能重复; ②永恒性: 一旦一个时空对象产生, 其赋予的标识永久不变; ③不可重用性: 一个时空对象标识只能被使用一次, 如, 一个时空对象消失了, 其标识不能用于其它的时空对象。

### 2.2 时空对象变化分类

地理对象随着时间发生变化, 有新对象的产生, 已有对象的消亡, 已有对象的变更(几何/属性)。针对地理对象的变化, 不同的学者在各自的研究领域内划分了不同的变化类型, 如, Yuan(1995)<sup>[9]</sup>划分了 6 种类型, Homshy K 和 Egenhofer M(1997)<sup>[10]</sup>从变化的语义方面作了更为细致的阐述, 如实体的产生、消亡和实体变换。这些变化类型均不能适应大多数特定应用的需要, 而且目前还不能进行准确细致的分类。本文对地理对象变化情况进行高度抽象, 划分为以下几类:

①产生: 时间 产生了具有新标识的时空对象, 其形式化表达为 0 1 图 2a

②消亡: 时间 已有时空对象消亡, 是①的反过程, 其形式化表达为 1 0 图 2b

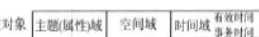


图 1 时空对象模型



图 2 时空对象变化分类



**作者简介:** 汪汇兵 (1979-), 男, 安徽贵池人, 博士生, 中国测绘科学研究院助理研究员, 主要从事时空数据库和时态地理信息系统的研究与开发。  
E-mail: wanghui@casm.ac.cn

**收稿日期:** 2008-08-25

**基金项目:** 科技基础性工作专项 (2007FY220300); 中国测绘科学研究院科技专项 (G7724); 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金课题

# 一种 ALOS 影像的定向及正射纠正方法

岳庆兴<sup>1</sup>、<sup>④</sup>, 唐新明<sup>④</sup>, 邱振戈<sup>④</sup>, 贾永红<sup>1</sup>, 张春玲<sup>Ⅳ</sup>

(<sup>1</sup> 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉 430079; <sup>④</sup> 中国测绘科学研究院, 北京 100039;

<sup>Ⅳ</sup> 中科院计算技术研究所, 北京 100080; <sup>Ⅳ</sup> 河南省测绘局, 郑州 450003)

**摘要:**以 ALOS 的任一 CCD 在瞬时轨道坐标系的俯仰、滚动、偏航 3 个姿态角和以列坐标为变量的姿态角 roll 的函数为该 CCD 的定向元素待求未知数, 外方位线元素由辅助文件给定的成像前后各 4 组位置速度向量及对应时间通过拉格朗日多项式内插得到。首先给出了基本关系式, 列立误差方程, 然后针对该方法纠正影像存在的困难, 给出了实用的检查精度和纠正的方法。结果表明, 本方法仅用 2 个控制点就可以得到很好的稳定解和较高的精度。

**关键词:** ALOS; 线元素; 姿态角改正; 拟合; 正射纠正

**中图分类号:** TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2009)105-0023-05

## 1 从辅助文件中获取平差所需基础数据

ALOS 的辅助文件中包含了非常丰富的信息, 但相互之间会有很多冗余信息, 本文只用到其中的一小部分。首先从以 SUP 开头的辅助文件中读出成像前后约 28 组卫星位置速度向量及对应时间(对姿态角及角速度不加利用), 而相邻两个成像时刻的时间间隔则是通过相邻两景有一定间隔的影像的中心行成像时刻及间隔的行数取平均获得。另外在文件后面的部分还有 ALOS 的 CCD 指向角信息 (CCDalignment 一项), 任一 CCD 在传感器坐标系的指向角由首末 CCD 指向角线性内插得到, 只取沿 CCD 方向的指向角  $\phi_y$ 。在以 LED 开头的文件中读出影像中心行及成像时间。在此基础上, 由拉格朗日多项式内插出任一行影像对应的位置速度向量。进而得到瞬时轨道坐标系到地心直角坐标的转换矩阵。

## 2 建立基本关系式及误差方程

忽略传感器坐标系和卫星本体坐标系的差别及传感器投影中心与卫星质心的差别, 3 个姿态角 roll, pitch, yaw 都设为 0。设 CCD 器件在卫星本体坐标系的观测向量为  $u_1$ , 本文认为 CCD 在垂直

CCD 线阵方向上的指向角为 0, 则  $u_1 = [0, \tan(\phi_y), 1]^T$ 。该观测向量通过卫星本体坐标系到瞬时轨道坐标系和瞬时轨道坐标系到地心直角坐标系的两次转换就得到 CCD 在地心直角坐标系的观测向量  $u_3$ 。而该向量同投影中心与 CCD 对应地面点构成的向量是对应成比例的。设瞬时投影中心为  $O(X, Y, Z)$ , 某一 CCD 对应地面点为  $P(x, y, z)$ , 这就有基本关系方程:

$$u_{32}/(Y-y) - u_{31}/(X-x) = 0 \quad (1)$$

$$u_{33}/(Z-z) - u_{31}/(X-x) = 0$$

以 3 个姿态角为未知数可得误差方程系数矩阵:

$$tmp0 = u_{11} \sin(dpitch) \sin(dyaw) + \cos(dpitch)$$

$$tmp1 = u_{11} \sin(droll) \cos(dpitch) \sin(dyaw) - \sin(droll) \sin(dpitch)$$

$$tmp2 = u_{11} \cos(droll) \cos(dpitch) \sin(dyaw) + (-\cos(droll) \sin(dpitch))$$

$$B_{11} = 1/(X-x)(r_0 tmp0 + r_1 tmp1 + r_2 tmp2) - 1/(Y-y)(r_3 tmp0 + r_4 tmp1 + r_5 tmp2)$$

$$tmp0 = u_{11} (-\cos(dpitch) \cos(dyaw))$$

$$tmp1 = u_{11} (\sin(droll) \sin(dpitch) \cos(dyaw) - \cos(droll) \sin(dyaw))$$

$$tmp2 = u_{11} (\cos(droll) \sin(dpitch) \cos(dyaw))$$

收稿日期: 2008-11-05 修订日期: 2008-12-01

作者简介: 岳庆兴(1983~), 男, 博士研究生, 研究方向, 航空航天摄影测量。

E-mail: qingxingyue@sina.com



## 资源三号及其应用

□ 孙承志  
唐新明

# 我国第一颗民用立体测绘卫星

测绘是经济社会发展不可或缺的基础保障,广泛应用于经济建设、国防建设和社会发展的各个领域。以卫星导航定位、航空航天遥感、地理信息系统技术为核心的现代测绘技术是一个国家科技发展水平和综合国力的重要体现。

进入 21 世纪,高性能计算机、高分辨率遥感、高速宽带网络等技术迅猛发展,测绘技术手段正在发生深刻的变化,测绘发展进入从以地图生产为主向以地理信息服务为主转变的新阶段,测绘服务范围、内容与方式都发生了重大转变。

根据国民经济和社会信息化建设的需要,我国空间信息基础设施建设和测绘信息产品的生产更新速度要求加快,迫切需要发展我国独立自主的测绘卫星。测绘卫星是指直接具备测图功能、满足大中比例尺制图精度要求的观测卫星,以及具备获取平面基准、高程基准和重力基准计算数据能力的高精度定位和重力卫星,其主要特征是高几何精度。测绘卫星是国家重要的测绘基础设施,是地理信息最重要的数据来源。发展测绘卫星是推动我国测绘事业进步,增强测绘保障服务能力的必然要求,是满足经济社会发展对测绘的需求、提高应对突发公共事件测绘服务水平的迫切需要。

一直以来,我国获取各种地理空间信息影像主要依靠航空摄影和采购卫星遥感影像等手段,但由于航空摄影受天气、航空管制等诸多因素影响,目前中国航空摄影的成像能力远远满足不了国民经济发展的需求,因而对高

国地理信息产业发展的瓶颈问题。资源三号卫星就是为解决这一瓶颈问题应运而生的。

资源三号卫星是我国第一颗民用高分辨率光学传输型立体测绘卫星,2008 年 3 月国务院批准立项,计划于 2011 年发射。资源三号卫星集测绘和资源调查功能于一体,主要用于 1:5 万比例尺立体测图和数字影像制作,以及 1:2.5 万等更大比例尺地形图部分要素的更新,开展国土资源调查与监测,还可为农业、灾害、资源环境、公共安全等领域或部门提供服务。

资源三号卫星工程由卫星系统、运载火箭系统、发射场系统、测控系统、地面系统和应用系统等六大系统组成。

卫星配置三线阵测绘相机和多光谱相机等有效载荷,采用三线阵成像方式,通过正视、前视、后视相机和多光谱相机获取指定地区的立体影像、多光谱影像和高分辨率影像及其它辅助数据。三线阵测绘相机前视、后视全色影像地面像元分辨率将优于 4 米,正视全色影像地面像元分辨率将优于 2.5 米,正视多光谱影像地面像元分辨率将优于 10 米。卫星将在轨道高度约 500~600 公里的太阳同步圆轨道飞行,在一个回归周期内,可对地球南北纬 84 度以内地区实现无缝影像覆盖,回归周期为 59 天,重访周期为 5 天,设计工作寿命为 4 年,重约 2630 公斤。

资源三号卫星系统由中国航天科技集团所属中国空间技术研究院研制生产,将采用航天科技集团所属上海航天技术研究院生产的长征四号乙运载火箭发射。

分辨率卫星遥感影像的需求异常迫切。国家每年需花费大量的经费购买国外卫星遥感影像,用于基础地理信息产品的生产与更新,但由于国外遥感卫星不是专门针对我国测绘需求设计的,因而在测区范围、覆盖周期等方面受到严重的制约,无法实时有效地获取地面原始影像。高分辨率卫星遥感影像贫乏已成为制约我

# 关于我国信息化测绘技术体系建设的思考

张继贤,唐新明,翟亮

(中国测绘科学研究院,北京 100039)

## Thinking about the Establishment of Chinese Geomatics Informatization Technology System

ZHANG Ji-xian, TANG Xin-ming, ZHAI Liang

**摘要:**我国将基本建成信息化测绘技术体系,初步实现基础地理信息获取空间化实时化、处理自动化智能化、服务网络化社会化。在分析我国信息化测绘技术体系的含义和建设目标的基础上,提出信息化测绘技术体系的六项主要研究内容,并针对主要关键技术进行阐述。

**关键词:**信息化测绘技术体系;地球观测基准;数据获取;数据处理/管理与服务;信息集成与应用

### 一、简 介

加快信息化建设,以信息化推动工业化已经成为我国的一项发展战略。作为信息资源重要组成部分的地理空间信息在促进社会经济可持续发展、优化自然资源开发利用、保护生态环境和保障国家安全等方面具有十分重要的作用。测绘正在更加紧密地融入到国民经济建设的各个领域和社会生活的各个方面。信息技术、空间技术、通信技术和光电技术的飞速发展导致了测绘技术的进步,社会对地理空间信息的迫切需求导致了以信息应用为导向的信息化测绘的产生。2003 年 3 月 9 日,中共中央总书记胡锦涛在中央人口资源环境工作座谈会上发表重要讲话时指出,要加快信息化测绘体系建设,提高测绘保障能力。

根据《全国基础测绘中长期规划纲要》,2020 年左右我国将基本建成信息化测绘体系,信息化测绘技术体系的攻关要作为科技工作的重中之重,产学研结合,全面铺开,通过自主创新,全面提升重大测绘技术能力的自主开发能力,取得一批重大测绘创新成果,形成测绘科技国家创新体系的核心。本文在分析我国信息化测绘技术体系的建设目标的基础上,提出了信息化测绘技术体系的建设内容,并针对建设中的关键技术进行阐述。

### 二、基本含义和建设目标

信息化测绘技术体系以数字化测绘技术体系

为基础,是数字化测绘技术体系经多学科交叉、融合后发展形成的<sup>[1]</sup>,是实现信息化测绘体系的重要支撑与保障,是信息化测绘体系的重要组成部分,信息化测绘技术体系与信息化测绘体系的关系见图 1。



图 1 信息化测绘技术体系与信息化测绘体系的关系

数字化测绘技术体系以空间数据资源和 3S 技术为核心,结合网络、存储等技术,实现了数据获取与采集、加工与处理、管理和应用的数字化,产品形式也从传统的纸质地图变成了 4D 产品。相对于数字化测绘技术体系,信息化测绘技术体系不论从技术层面、生产流程还是服务方式,都是一次重大的科学技术变革,符合科学技术发展的一般规律。

信息化测绘技术体系是以多源化、空间化、实时化数据获取为支撑,以规模化、自动化、智能化数据处理与信息融合为主要技术手段,以多层次、网格化为信息存储和管理形式,能够形成丰富的地理空间信息产品,通过快速、便捷、安全的网络设施,为社会各部门、各领域提供多元化、人性化地理空间信息服务。

简言之,信息化测绘技术体系的基本特点是地理空间信息获取实时化、处理自动化、服务网络化

收稿日期:2007-11-30

基金项目:基础测绘科研项目——信息化测绘技术体系总体方案设计(1469990711111)

作者简介:张继贤(1965-),男,陕西商州人,研究员,博士生导师,主要研究方向为摄影测量与遥感、地理信息系统、3S 集成与应用等。

## 海量遥感影像数据存储管理技术研究是实现

王华斌<sup>①</sup>, 唐新明<sup>①</sup>, 李黔湘<sup>②</sup>

(①中国测绘科学研究院, 北京 100039; ②北京市水利水电技术中心, 北京 100073)

**【摘要】**针对遥感卫星影像数据存储管理的迫切需求, 研究了海量影像数据组织管理中存在的主要技术问题, 提出了一种基于线性四叉树技术的影像金字塔模型快速索引机制, 并运用关系型数据库技术实现了遥感影像数据与元数据的一体化管理。最后讨论了海量影像数据管理系统实现技术, 并通过试验数据验证了技术方法的实用性。

**【关键词】**海量遥感影像; 元数据; 多分辨率金字塔; 线性四叉树

**【中图分类号】** TP75

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1009-2307(2008) 06-0156-03

**DOI:** 10.3771/j.issn.1009-2307.2008.06.055

### 1 引言

随着遥感技术的不断发展, 人们利用多种机载和星载传感器, 已经能够实时地获取反映地区表面动态变化的多时相、多波段、多分辨率的对地观测数据。获取的数据由单波段、多波段向超光谱方向发展, 影像数据量也在呈几何级数增长。这些信息数据量大、类型多样, 如何组织和管理这些不同尺度的海量影像数据是数据应用的前提。传统的文件存储方式给影像的查询检索带来了极大的不便; 另外一方面处理海量数据的关系数据库技术已经较为成熟, 采用关系数据库对遥感影像进行管理, 可充分发挥关系数据库的优势, 符合 GIS 向网络方向发展趋势<sup>[1]</sup>, 因此采用关系数据库系统来存储包括影像数据在内的空间数据的呼声也愈来愈高<sup>[2]</sup>。

海量影像数据存储管理研究可以追溯到 20 世纪 90 年代末, 微软公司基于其 SQL Server 和 Windows NT Server 平台开发了 Microsoft TerraServer 系统, 将美国和俄罗斯数十年来由高精度卫星拍摄的卫星影像在 Internet 上展示给全世界。2005 年 Google 公司推出虚拟地球软件 Google Earth, 它整合各种类型的航天航空影像数据, 提供了面向全球用户的高分辨率遥感影像公众服务。近些年国内也开始了影像数据管理系统的研究与建设, 如王密、龚健雅等 (2001, 2003) 进行了大型无缝影像数据库管理系统研究与设计<sup>[3]</sup>, 吴信才等 (2002) 开展了影像数据管理和发布研究, 这些研究工作为影像数据存储管理研究提供了很好的基础, 并在国家基础地理信息数据库建设中发挥了重大作用。但这些研究工作主要是面向国家空间基础设施影像数据的无缝管理和应用需求, 而遥感卫星数据具有的高重访周期、多次重复覆盖、PB 级数据等特性, 现有的研究工作无法实现遥感卫星影像数据的有效存储与管理需求。我国《航天“十一五”规划纲要》指出在“十一五”时期将建立稳定运行

的卫星对地观测系统, 发射海洋卫星、环境减灾卫星、高分辨率立体测图卫星等一系列遥感卫星。因此, 开展面向遥感卫星影像数据存储管理需求的海量遥感影像存储管理技术的相关研究有着十分重要的现实意义。

### 2 遥感影像数据存储模型研究

#### 2.1 多分辨率影像数据的线性四叉树模型

为了实现海量遥感影像信息的实时显示和高速服务, 需要对影像数据进行有效的存储管理, 而运用多分辨率金字塔和影像分块技术是上述问题的有效解决途径。应用金字塔技术对影像进行管理已经开展了大量研究<sup>[4]~[7]</sup>。本文将在前人已有工作基础上, 针对结合金字塔模型自身特点, 研究如何运用线性四叉树索引实现影像块的高效索引。

##### 1) 影像多分辨率金字塔

为了提高海量影像数据的实时缩放显示速度, 快速获取不同分辨率的影像信息, 需要对原始的数据生成影像金字塔, 并根据不同的显示要求调用不同分辨率的影像, 达到快速显示漫游的目的。影像金字塔就是由原始影像开始, 建立一系列影像级别, 各级影像反映详尽程度不同。影像金字塔结构的各层具有不同分辨率的特点, 在对影像数据浏览时, 需要根据当前显示的分辨率抽取相应金字塔层的数据, 以实现影像数据的快速浏览。设影像数据的原始分辨率为  $n_0$ , 影像金字塔倍率为  $m$ , 则第  $i$  层的分辨率  $n_i$  为:

$$n_i = n_0 \times m^i \quad (1)$$

假设以原始图像数据作为金字塔的第 0 层, 倍率  $m$  可以是任何大于 1 的整数, 例如采用 2 作为构建金字塔的倍率, 即每 2 × 2 个影像块合成为 1 个上层影像块。如果原始分辨率为 1m, 则第 1 层的分辨率为 2m, 第  $i$  层的分辨率为 2 <sup>$i$</sup> m。

##### 2) 影像数据的分块管理

影像分块是将一幅大的影像数据分割成许多小块来存放 (如图 1 所示), 在影像显示时仅根据显示区加载相应的分块数据, 从而减少数据读盘时间。遥感影像分块的目的在于把遥感影像数据划分成若干较小的物理数据块, 以便于存储与管理。影像分块大小通常采用 2 的幂次方。影像块太大或太小都会影响系统的有效性能。如果影像块太大, 则可能导致读取过多的冗余数据 (不在目标范围内的数据)。若影像块太小, 尽管减少了冗余数据, 但却增加了硬盘寻址和读写操作的次数, 不利于节省总的数据库 I/O 访问时间<sup>[4]</sup>。因此, 根据遥感影像数据情况, 选择数据块大小是影像数据存储管理必须考虑的重要因素。目前, 常采用的数据块大小为 256 × 256 像素或 512 × 512 像素。

##### 3) 金字塔模型的线性四叉树索引

多分辨率影像金字塔生成后, 为了提高检索显示区涉



**作者简介:** 王华斌 (1980-), 男, 安徽合肥人, 2005 年获得中国科学院地理科学与资源研究所硕士学位, 现在中国测绘科学研究院从事高分辨率立体测图卫星方案论证和空间数据库等方面研究。

E-mail: wanghuabin@casm.ac.cn

**收稿日期:** 2007-05-17

**基金项目:** 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金项目 (200612); 国家科技合作项目 (2006DFA71570)



## SPOT HRG 影像无控制正射纠正实验与精度分析

饶艳伟<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 王华斌<sup>②</sup>, 翟亮<sup>②</sup>

(①武汉大学遥感信息工程学院, 武汉 430079; ②中国测绘科学研究院, 北京 100039)

**【摘要】**本文根据影像正射纠正的基本原理和方法, 提出了无控制点条件下的影像正射纠正理论估算公式, 并据此公式对无控制条件下的影像进行正射纠正理论精度估算。表明了 SRTM DEM 支持下进行 SPOT 影像正射纠正具有较高的精度。并按此方法对杭州、重庆和大庆三个不同地形的区域制作 DOM, 然后利用我国 1:1 万地形图对其进行精度评定, 实验结果证明正射纠正精度估算公式正确, 同时利用 SRTM DEM 对 SPOT HRG 进行正射纠正得到的影像能够满足 1:50 000 测图精度的要求。

**【关键词】**SPOT HRG; SRTM DEM; 正射纠正; 精度分析

**【中图分类号】**TP751

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2008)03-0082-03

**DOI:** 10.3771/j.issn.1009-2307.2008.03.028

### 1 引言

随着遥感技术的快速发展, 利用线阵 CCD 传感器获取遥感影像的卫星越来越多。SPOT 系列影像质量清晰、几何关系稳定, 是国土遥感、测绘和数字地球建设等领域最主要的数据源之一。SPOT 5 号卫星的平台稳定性高, 搭载一个恒星定位器, 通过和 DORIS 系统的共同作用, 可以在没有地面控制点的情况下达到绝对定位精度为 15m; 星载高分辨率几何装置 HRG, 获取的全色影像分辨率为 5m, 超模式全色影像分辨率提高到 2.5m; HRG 装置无控制点绝对定位精度优于 50m<sup>[1]</sup>。SRTM DEM 覆盖了北纬 60°到南纬 56°之间的全部地球表面<sup>[2]</sup>, SRTM 的全球性(覆盖 80% 的陆地面积)和一致性(统一的数学基础)使得其高程数据在数字地形分析的诸多领域有着广泛的应用前景<sup>[1]</sup>。

本文将从理论上估算利用 SRTM DEM 和 HRG 影像制作正射影像的精度, 并进行杭州、重庆、大庆三个不同地形条件区域的正射纠正实验。评估 SRTM DEM 支持下的 HRG 影像正射纠正的精度水平, 探讨该技术的可行性。

### 2 SPOT 影像正射纠正的基本原理和方法

SPOT 影像是由线阵 CCD 推扫获得, 线阵 CCD 可以做垂直成像、侧视成像和前后视成像。线阵 CCD 每扫描行图像与被摄物体之间为中心投影, 影像面为多中心投影。卫星飞行过程中姿态变化相当平稳, 可认为每景影像像平面坐标系原点位于中央扫描行的中点, 各扫描行外方位元素随飞行时间变化。在线阵 CCD 垂直成像的情况下,  $t$  时刻扫描行的构像方程为<sup>[2]</sup>:

$$\begin{aligned} x &= -f \frac{(X - X_s(t))a_1(t) + (Y - Y_s(t))b_1(t) + (Z - Z_s(t))c_1(t)}{(X - X_s(t))a_3(t) + (Y - Y_s(t))b_3(t) + (Z - Z_s(t))c_3(t)} \\ 0 &= -f \frac{(X - X_s(t))a_2(t) + (Y - Y_s(t))b_2(t) + (Z - Z_s(t))c_2(t)}{(X - X_s(t))a_3(t) + (Y - Y_s(t))b_3(t) + (Z - Z_s(t))c_3(t)} \end{aligned} \quad (1)$$



**作者简介:** 饶艳伟(1980-), 男, 湖北赤壁人, 武汉大学遥感信息工程学院硕士研究生, 研究方向: 遥感图像处理及影像数据库。

E-mail: raoyanwei@126.com

**收稿日期:** 2007-01-16

**基金项目:** 高分辨率立体测图卫星的地面几何检校联合试验研究(2006DFA71570)

式中  $(x, 0)$  为像点坐标,  $(X, Y, Z)$  为地面点坐标,  $a_i, b_i, c_i (i = 1, 2, 3)$  为  $t$  时刻影像扫描行外方位元素  $(\varphi, \omega, \kappa)$  构成的旋转矩阵,  $(X_s(t), Y_s(t), Z_s(t))$  为投影中心点的坐标。

线阵 CCD 的正射纠正有直接法、间接法和两者结合的方法, 由于间接法纠正的影像不会出现空白或者重复现象, SPOT 影像的正射纠正一般采用间接法, 包括四个步骤: ①计算纠正后影像图廓范围和尺寸; ②从纠正后影像出发, 计算纠正后影像上每个像元的地面坐标  $(X, Y, Z)$ ; 算式如下<sup>[3]</sup>:

$$\begin{aligned} X &= X_0 + MX' \\ Y &= Y_0 + MY' \end{aligned} \quad (2)$$

$(X_0, Y_0)$  为正射影像图廓点地面坐标,  $M$  为比例尺分母,  $(X', Y')$  为正射影像上点  $P$  的坐标,  $Z$  值通过已有的数字高程模型(DEM)内插获得; ③利用共线方程计算该像点在原始影像上对应的像点  $p$  坐标  $(x, y)$ ; 时间  $t$  通过下式迭代计算:

$$t = - \frac{[(Xa_2^{(0)} + Yb_2^{(0)} + Zc_2^{(0)} - A^{(0)}) + (Xa_2^{(2)} + Yb_2^{(2)} + Zc_2^{(2)} - A^{(2)})t^2]}{(Xa_2^{(1)} + Yb_2^{(1)} + Zc_2^{(1)} - A^{(1)})} \quad (3)$$

$t$  时刻的外方位元素通过下式计算:

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \varphi(0) + \Delta\varphi t \\ \omega(t) &= \omega(0) + \Delta\omega t \\ \kappa(t) &= \kappa(0) + \Delta\kappa t \\ X(t) &= X_s(0) + \Delta X_s t \\ Y(t) &= Y_s(0) + \Delta Y_s t \\ Z(t) &= Z_s(0) + \Delta Z_s t \end{aligned} \quad (4)$$

像点坐标  $y$ :

$$y = (l_p - l_0)\delta = \frac{l}{\mu}\delta \quad (5)$$

其中:  $l_p, l_0$  分别表示在点  $p$  及原点  $o$  处的扫描线行数,  $\delta$  为 CCD 探测象元的宽度(HRG 装置为 6.5  $\mu\text{m}$ ),  $\mu$  为扫描线的时间间隔; ④进行灰度内插和赋值, 具体纠正流程见图 1。

### 3 影像正射纠正理论精度估算

影像纠正精度就是纠正后的卫星遥感影像上点位和真实位置的差别, 包含沿着轨道方向的误差、垂直轨道方向的误差和轨道面的误差<sup>[4]</sup>。具体的讲, SPOT 影像正射纠正的误差包括轨道误差, 姿态误差(ROLL, PITCH, YAW), 时间误差, 侧视角误差等。

当 SPOT 原始数据的侧视角较小时, 可近似作为正视影像(垂直成像)处理; 同时由于卫星成像时间较短, 时间误

## 基于 9-Intersection 模型的模糊空间对象间的拓扑关系研究

张 辉<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 杨 平<sup>③</sup>, 吴 侃<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221008; <sup>②</sup>中国测绘科学研究院重点实验室, 北京 100039;

<sup>③</sup>武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079)

**摘 要** 本文将从地理认知的角度上分析并选择一个适合于在 GIS 中应用 9-Intersection 模型的模糊空间对象的边界定义, 并构建一个能够采用 9-Intersection 模型精确判断模糊空间对象之间拓扑关系的模糊拓扑空间 (CITs), 并进行相应的证明, 最后建立简单模糊区域, 采用 empty/no-empty 算子给出模糊空间对象之间的拓扑关系的表达形式。

**关键词** 模糊边界; 9-Intersection 模型; 模糊拓扑关系

**中图分类号** P208

**文献标识码** A

**文章编号** 1009-2307(2008)02-0075-03

DOI: 10.3771/j.issn.1009-2307.2008.02.027

### 1 引言

地理信息系统 (GIS) 是基于计算机的地学信息处理系统, 能够实现地理参考数据的获取、建模、管理、处理、检索、分析以及表达等<sup>[1]</sup>。而拓扑关系是 GIS 中空间对象之间最基本也是最重要的关系之一, 在空间数据建模、空间查询、分析、推理、制图综合、图像检索和相似性分析等过程中起着重要的作用。当前的地理信息系统的空间对象数学模型都是建立在精确要素基础上的, 即空间对象的建模假设空间对象度量是无误差的、空间对象是分明 (刚性、非模糊) 的, 其主要特征是这些要素的定义是明确的, 其边界是确定的。这类地理目标之间的拓扑关系表达都是基于确定性的拓扑关系理论, 如经典的 9-Intersection 模型、RCC 模型和 V9 模型等。

然而在自然界中, 更多的地理现象是不精确的、模糊的, 其在空间分布上是连续的, 没有确切的边界来划分它们, 如地形、城乡边界、海岸线、土地利用、土地覆盖、大气压力和商业区等。对于这类地理目标, 适合于用场模型表达, 它是以模糊集和模糊拓扑理论<sup>[2,4,6,8,14]</sup>作为数学工具并利用属性隶属函数来确定目标的边界。随着对不精确空间要素研究和 GIS 应用的深入, 确定性的拓扑关系理论已经不能满足现实需求, 因此, 对具有空间连续分布、非均匀性的模糊空间要素之间的拓扑关系研究成为当前的研究热点。Clementini & Di Felice<sup>[3]</sup>在一般拓扑学的基础上给出了模糊区域的定义, 并采用 9-Intersection 模型对模糊空间对象进行了分析, 给出了模糊区域的 44 种模糊拓扑关系。Cohn 等人在 RCC-5 的基础上提出了 Egg-yolk 模型, 通过其定义的模糊区域, 分析了模糊区域间的 46 种拓扑关系。Tang & Kainz<sup>[9,11-13]</sup>基于模糊空间结构提出了一个描述模糊目标间拓扑关系的形式化模型。本文将基于模糊拓扑空间, 分析并选择一个适合于 GIS 处理模糊空间对象之间

拓扑关系的模糊空间对象的边界, 并利用此模糊边界讨论采用经典的 9-Intersection 模型判断模糊区域间拓扑关系的局限性, 并相应地提出消除此局限性的条件, 最后建立简单模糊区域, 给出采用 empty/no-empty 算子的模糊区域间拓扑关系的表达。

### 2 模糊空间对象边界的确定

空间对象边界是 GIS 中重要概念之一, 它不仅能确定空间对象的范围, 也是空间对象之间拓扑操作的重要组成部分。在模糊拓扑空间中, Warren<sup>[15]</sup>、Pu & Lin<sup>[8]</sup>、Cuchillo-Gómez & Tarrés<sup>[4]</sup>等学者分别定义了模糊集的模糊边界 (分别以边界 I ( $\partial_1$ )、边界 II ( $\partial_2$ ) 和边界 III ( $\partial_3$ ) 表示), 并讨论了相应模糊边界的性质。那么, 这三种模糊边界的定义到底哪一种比较适合 GIS 应用呢? 下面通过例子分析这三个模糊边界定义的表现形式, 并结合模糊空间要素的构建确定适合于 GIS 应用的模糊边界的定义。

首先构造一个由欧几里德空间诱导的模糊拓扑空间  $(\tilde{R}, \delta)$ , 并且  $\delta$  中的元素是所有从  $R$  到  $[0, 1]$  下半连续的严密映射族。设  $A$  是模糊拓扑空间  $(\tilde{R}, \delta)$  中的闭区间,  $A^\circ$  是  $A$  的内部, 如下所示:

$$A = \begin{cases} A(x) = 0 & \text{if } |x| > 2 \\ A(x) = \epsilon & \text{if } |x| = 2 \\ A(x) = |x| - 2 & \text{if } 1 < |x| < 2 \\ A(x) = 1 & \text{if } |x| = 1 \\ A(x) = 1 & \text{if } |x| < 1 \end{cases}$$
$$A^\circ = \begin{cases} A(x) = 0 & \text{if } |x| \geq 1.5 \\ A(x) = |x| - 2 & \text{if } 1 < |x| < 1.5 \\ A(x) = 1 & \text{if } |x| \leq 1 \end{cases}$$

在图 1 中, 直观的显示了上述三种模糊边界 (的定义)。那么, 在 GIS 中到底那种模糊边界的定义适合于 GIS 应用呢? 我们进行如下分析。

将模糊空间对象建模为一个模糊集合:

1) 从直观上的理解, 模糊空间对象的边界是对象或对象边缘的隶属度小于 1 的部分。在 GIS 实际应用中, 我们把一个模糊集的支撑 (Supp) 作为这个模糊空间对象的论域, 根据上面的三种模糊边界的定义可得出下面分析, 如果一

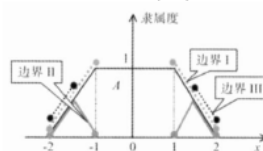


图 1  $(\tilde{R}, \delta)$  中模糊集  $A$  的三种不同的模糊边界



**作者简介:** 张辉 (1978-), 男, 内蒙古赤峰人, 在读博士, 从事虚拟仿真和模糊地理信息系统研究。

E-mail: gjczzhbz@163.com

收稿日期: 2007-04-27

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 40571127)



## 面向测图的遥感影像压缩几何质量评价

翟亮<sup>1</sup>, 唐新明<sup>1</sup>, 张 过<sup>2</sup>

(1. 中国测绘科学研究院, 北京 100039; 2. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 卫星测图应用中, 遥感影像压缩几何质量评价对于制定合理的星上压缩指标具有重要参考意义。该文从影像匹配精度评价、自动生成 DSM/DEM 的精度评价和摄影测量点定位精度评价方面进行几何质量评价, 并分析影像压缩比与不同地形类别的重建影像质量间的关系。试验结果表明, 对于国产星上 SPIHT 压缩算法, 在压缩比 4:1 的条件下, 由重建影像立体像对自动生成的 DSM 可以满足 1:5 万数字高程模型高程中误差最低要求; 在压缩比 2:1 的条件下, 重建影像立体像对摄影测量点定位精度满足所有地形的 1:5 万测图规范要求。

**关键词:** 遥感影像压缩; 几何质量评价; SPIHT 算法

**中图分类号:** TP75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-0504(2008)03-0001-06

### 0 引言

20 世纪末, 人类在空间技术和信息技术领域取得了一系列重大突破, 卫星遥感已成为继航空摄影之后的一个重要信息源, 使测绘行业产生了新的变革。根据国家《航天“十一五”规划纲要》和《全国基础测绘中长期规划纲要》, 为满足我国 1:5 万地形图测绘的需求, 我国计划在“十一五”期间发射高分辨率光学立体测图卫星(资源三号卫星)。为保障资源三号卫星技术状态满足测绘应用需要, 在卫星预研究阶段, 卫星用户和卫星研制方需要共同分析, 明确卫星的主要技术指标, 其中一个重要指标就是数据传输压缩比。压缩比会降低传感器成像能力, 对于传感器设计、卫星轨道设计、光谱波段和空间分辨率的设计以及卫星检校过程等都有影响, 其值不同, 影像畸变程度也不同; 最为重要的是影像压缩质量直接关系到卫星遥感影像数据的应用能力和应用范围, 换言之, 关系到这颗卫星所能带来的经济和社会效益。遥感影像压缩质量评价可为压缩算法的使用范围和应用能力提供理论依据, 并可以为主要压缩指标(如压缩比)的设计提供参考, 是卫星遥感影像压缩的一个重要环节。

影像压缩质量的描述是一个复杂的概念, 多数学者认为遥感影像压缩的质量评价分为主观质量评价和客观质量评价两大类<sup>[1-4]</sup>。主观质量评价一般通过事先划定的等级, 采用测试者打分或定级等方法进行; 客观质量评价包括构像质量评价(也称为判

读质量评价)和几何质量评价(主要基于遥感影像可量测性能进行评价)。面向卫星测图应用, 遥感影像压缩的几何质量评价更为重要。我国内地学者利用影像匹配算法研究重建影像几何畸变程度, 发现随着压缩比提高, 影像的几何畸变增大, 可量测性亦下降<sup>[5,6]</sup>; 有学者对扫描数字化的航空立体像对进行了 JPEG 压缩, 分析重建影像定位结果的变化, 探讨 JPEG 压缩对摄影测量点定位的影响<sup>[7]</sup>; 台湾学者评价了 JPEG 和 JPEG2000 对于自动提取 DSM 的影响<sup>[8]</sup>。国外学者也从影像压缩对影像匹配精度、自动生成 DTM 的影响等方面进行了研究<sup>[9-11]</sup>。本文主要针对资源三号卫星进行 1:5 万测图的精度要求, 从影像压缩几何质量评价方面分析我国现有压缩技术条件下满足 1:5 万测图精度要求的数据压缩比。

### 1 遥感影像压缩几何质量评价方案

从卫星测图应用的角度, 遥感影像压缩的几何质量评价包括影像匹配精度评价、自动生成 DSM/DEM 的精度评价和摄影测量点定位精度评价。

#### 1.1 影像匹配精度评价

影像匹配精度评价是指通过比较重建影像相对于原始影像上特征点位置的变化(移位), 衡量压缩算法保持原始影像几何精度的能力。具体的匹配算法很多, 本文利用最小二乘匹配方法衡量特征点位的变化。最小二乘影像匹配将最小二乘算法与特征匹配相结合, 充分利用了影像窗口内的信息进行整体平差, 从而使得配准精度达到 1/10 甚至 1/100 以上, 具体算法

收稿日期: 2007-12-21; 修订日期: 2008-03-26

基金项目: 科技部国际科技合作项目“高分辨率立体测图卫星的地面几何检校联合试验研究”(2006DFA71570); 国防科工委民用航空空间应用项目“测绘卫星成像模型及数据高精度处理关键技术研究”(E5803)

作者简介: 翟亮(1980-), 男, 博士, 主要从事卫星遥感、时空数据挖掘等方面的研究。E-mail: zhailiang@casm.ac.cn



## Potential application of particle based simulations in reservoir security management

Yang Ping<sup>2</sup>      Tang Ximeng      Shi Shaoyu      Wu Xiaoliang

(<sup>1</sup> School of Resources and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

(<sup>2</sup> Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039, China)

(<sup>3</sup> CSIRO Mathematical and Information Sciences, Wembley, WA 6913, Australia)

**Abstract** In order to model the movement progress in case of risks such as dam collapse and coastal inundation, particle-based simulation methods, including the discrete element method and smoothed particle hydrodynamics, which have specific advantages in modeling complex three-dimensional environmental fluid and particulate flows, are adopted as an effective way to illustrate environmental applications possibly happening in the real world. The theory of these methods and their relative advantages compared with traditional methods are discussed. Examples of 3-D flows on realistic topography including the flooding of a river valley as a result of a dam collapse and coastal inundation by a tsunami are introduced. Issues related to validation and quality data availability are also discussed. The results show that the simulations provide a valuable insight in a given situation for the security management of reservoir dams. Validation can only be performed where both the initial and final states can be very well characterized.

**Key words** geophysical simulations; particle based simulation methods; discrete element method; smoothed particle hydrodynamics; dam-breaks

Many problems in large facilities such as great dam involve the large scale movement of solids and fluids. They are often irregular in their timing, difficult to observe and measure, involve multiple types of physical processes on a broad range of spatial and temporal scales and can be catastrophic in their consequences. Computational modeling can play an important role both in helping to understand the nature of the fundamental processes involved and in predicting detailed outcomes of various types of events in specific locations. An example of the insights that can be gained from these fundamental processes is the role of shear concentration in the lower regions of landslides, leading to lower than expected basal friction and thereby allowing the anomalous run out observed in long run out landslides.

Particle-based modeling methods have specific advantages over traditional grid or mesh-based continuum methods for these types of problems. Two methods that are particularly well suited are smoothed particle hydrodynamics (SPH) for modeling flowing fluid and deforming solid materials, and discrete element modeling (DEM) for the flow of particulate solids. SPH was originally developed in the 1970s to solve compressible astrophysical problems<sup>[1]</sup>. Many applications involving free surface flows have been solved using the SPH method since then. Some examples include a dam and the generation of a wave in two dimensions in Monaghan, high pressure, gravity die casting and ingot casting<sup>[2,3]</sup>.

DEM was introduced by Cundall and Strack to simulate slow deformation of granular solids<sup>[4]</sup>. Since then it has been successfully used in modeling geophysical applications such as landslides and ice flows<sup>[5]</sup>. DEM has been successfully applied to many industrial and mining applications such as dragline excavators, ball mills and many groups for silo filling, as well as for a wide selection of industrial applications as in Cleary<sup>[6-8]</sup>.

### 1 Particle-Based Computational Methods

Particle-based modeling methods are a very general class of Lagrangian computational techniques for simula-

Received 2008-03-10

Foundation items: The National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (No. 2006AA12Z214), the National Fundamental Surveying and Mapping Project of China (No. 1460130524207), the Key Laboratory of Geo-Informatics of the State Bureau of Surveying and Mapping Project (No. A1717).

Biographies: Yang Ping (1980–), male, graduate; Tang Ximeng (corresponding author), male, doctor, professor, tang@cam.ac.cn.

(C)1994–2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

# 一种新型的遥感影像压缩质量评价指标

翟亮<sup>1,2</sup> 唐新明<sup>1</sup> 李霖<sup>2</sup> 洪志刚<sup>1</sup>

(1 中国测绘科学研究院,北京市海淀区北太平路16号,100039)

(2 武汉大学资源与环境科学学院,武汉市珞喻路129号,430079)

**摘要:**针对遥感影像的特性,提出了一个用于压缩质量评价的多维结构模型,该结构模型由影像特征畸变、纹理畸变和相关性损失三个“维”组成,在此基础上提出一种新的构像质量综合性评价指标。实验证明,该指标与传统的PSNR指标相比,与主观评价结果具有较好的吻合性。

**关键词:**影像质量;质量评价指标;JPEG2000;PSNR

**中图分类号:** P237.4

遥感影像压缩质量评价是图像质量评价的一个重要方面,同时也是遥感影像压缩的一个重要环节,通过评价可以对压缩算法的使用范围和应用能力提供理论依据。在航天遥感领域,卫星发射之前都要开展大量的影像压缩质量评价研究,为主要压缩指标的设计提供参考,例如我国计划发射的高分辨率立体测图卫星、高分辨率资源卫星等。国内外学者在图像质量评价领域开展了大量研究<sup>[1-10]</sup>。此外,国内学者也研究了影像的构像质量评价,提出了相应的评价指标<sup>[11-13]</sup>。

构像质量评价方法基本上可以分为以下两类:①基于数学的方法,定义相关的评价指标,如灰度标准方差和峰值信噪比等;②考虑人类感知能力的HVS评价方法。人们从20世纪70年代开始研究HVS在影像质量评价中的应用<sup>[14]</sup>。HVS是从感知上整体评价影像质量的,是一种基于人眼视觉特性的影像质量评价方法,与人类在视觉识别任务中的观测条件和观测能力有关<sup>[15]</sup>。人们对HVS的认识还存在许多未知的领域<sup>[16]</sup>,已有的HVS模型只是对人类视觉生理的简单模拟,并没有显示出相对于基于数学的方法的明显优势,更没有融入人类感知环境时的心理因素。因此,基于该原理的影像质量评价方法还不成熟,有待更深入地研究<sup>[7-8,17-18]</sup>。并且,有实验已证明基于数学的方法,如MSE,要比基于HVS的两种方法,如noise quality measure(NQM)和 struc-

tural information metric (SIM)表现得更加优秀<sup>[19]</sup>。

## 1 影像综合性评价指标

在实际中,往往希望只用一个指标就可以对整个重建影像进行衡量<sup>[20]</sup>,即如果能够设计一种影像构像质量的综合性评价指标,不仅可以反映影像的整体情况,还可以替代其他评价指标并简化评价过程。这种综合性评价指标要求不依赖于测试影像的类别,不依赖于影像评价的条件和人员,即是客观指标;同时,要求与主观质量评价结果高度一致,能够提供各种影像畸变情况之间的对比,并适用于各种影像处理方面的应用<sup>[8,21]</sup>。综合性评价指标的一种设计思想就是集成多种重要的评价指标<sup>[22]</sup>,即综合性评价指标是多种单项评价指标的一个函数。

### 1.1 综合性评价指标的设计

#### 1.1.1 灰度特征畸变

灰度特征畸变(gray character distortion, GCD)指标包含灰度平均值和标准偏差两项评价内容,可以将灰度特征畸变描述为两者的一个函数:

$$GCD = \frac{2\mu_f\sigma_f\mu_g\sigma_g}{(\mu_f\sigma_f)^2 + (\mu_g\sigma_g)^2} \quad (1)$$

式中, $\mu_f$ 和 $\mu_g$ 分别是原始影像和重建影像的灰

收稿日期:2007-08-14。

项目来源:地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放研究基金资助项目;国家基础测绘基金资助项目(14699990624201)。

## 动态分段技术及其在 GIS 中的应用

高小明<sup>1</sup>, 唐新明<sup>1</sup>, 张春玲<sup>2</sup>

(1. 中国测绘科学研究院, 北京 100039; 2. 河南省测绘局, 河南 郑州 450052)

### Dynamic Segmentation and Its Applications in GIS

GAO Xiao-ming, TANG Xin-ming, ZHANG Chun-ling

**摘要:**动态分段是一种新的线性特征的动态分析、显示和绘图技术。论述动态分段技术产生的原因和动态分段数据结构,介绍动态分段技术在交通地理信息系统、城市管网管理和地图综合等方面的应用。

**关键词:**动态分段;弧段-结点模型;路径系统;地图综合

### 一、引言

动态分段(Dynamic Segmentation)的思想是在1987年由美国威斯康星交通厅戴维·弗莱特先生首先提出的<sup>[1]</sup>。而ESRI和Intergraph公司相继在他们的软件产品Arc/Info和MGE中提出了各自的解决方案。该思想的提出解决了传统的GIS在处理线性特征时所遇到的问题,是一种新的线性特征的动态分析、显示和绘图技术,可以极大地增强线性特征的处理功能。动态分段技术主要可以应用于以下几个方面:公路、铁路、河流等线性特征的数据采集,公共交通管理,道路路面质量管理,铁路轨道质量管理,海岸线模拟,航海路线模拟以及通讯和分配网络(如电网、电话电缆、电视电缆、给排水管)模拟等领域。

### 二、动态分段的基本思想

#### 1. 弧段-结点数据模型

在现有的GIS平台系统中,多数都采用“弧段-结点”模型来描述线性特征。该模型由一组弧段组成,而弧段又由构成线性特征的一组有序坐标对组成,其中弧段的两个端点称为结点。与线性特征相关的属性信息储存在与弧段相关联的属性表(AAT)中。

弧段-结点模型可以比较好地描述静态线性特征,但由于现实世界的复杂性和动态性,该数据模型在实际操作中就存在如下明显缺陷:

1. 要素-属性的一对多关系<sup>[2]</sup>。一对多关系是指线性要素在同一位置包含多种属性信息。在弧

段-结点模型中,一条弧段只与属性表中的一条记录对应。如果每种属性都以一个字段记录,为了表达这种一对多关系,可能需要很多个字段,那么某些字段在很多记录上都是空的,将产生严重的数据冗余。

2. 分段属性<sup>[2]</sup>。分段属性是指线性地物的某一部分(段)或某几部分具有不同的属性值。如图1所示,一条道路用一条弧段表示,在该道路(弧段)上的不同部分路面质量不完全相同。在弧段-结点模型中,必须在属性变化处打断弧段,形成一系列新的小弧段,与每个变化的属性相对应。这样做必然增加了数据冗余,导致整个线性系统变得难以管理和更新,降低了处理效率,而且在属性段有重叠的情况下,将会更加复杂。



图1 分段属性

3. 结点概念的不匹配。在弧段-结点数据模型中,结点必须是多边形的顶点或弧段的起始、终止结点,而现实世界中的结点往往是与几何特征无关的位置点,如车站、开关、阀门等。如图2所示,公交站点不是正好落在道路的交叉口。这样,当用弧段-结点数据模型存储此类信息时,必须通过引入伪结点的方式将弧段断开。

4. 线性定位<sup>[2]</sup>。传统的弧段-结点数据模型是采用一个2维的坐标对表示某个特定点的位置,但线性特征通常是采用线性系统的相对定位方法,即

收稿日期:2007-05-30

作者简介:高小明(1981-),女,湖北荆门人,硕士,主要从事地理信息系统研究工作。

## 基于地理坐标框架下的地物与地形匹配解决方案研究

张辉<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 吴侃<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221008; <sup>②</sup>中国测绘科学研究院重点实验室, 北京 100039)

**【摘要】**本文在介绍了一般三维场景建模中地物与地形匹配处理方式的一些欠缺, 在此基础上, 对地物存在类型进行分类描述, 根据地物分类特征, 针对此问题提出在地理坐标框架下的地物与地形匹配的解决方案, 并与其他解决方案进行对比分析其优缺点, 最后根据本文提出的解决方案进行实例验证其可行性与通用性。

**【关键词】**地物; 地形; 匹配; 局部约束

**【中图分类号】**P282

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2007)02-0090-03

### 1 引言

随着虚拟现实以及仿真技术的发展, 越来越多的系统通过构造三维场景来表现和模拟真实的环境, 如虚拟城市、数字校园、虚拟战场等。为了满足真实感和沉浸感特别是精度的要求, 虚拟场景中的人工建筑与自然特征等三维对象不仅需要能如实地表现其几何形状和基本特征, 而且还要对其与三维地形进行现实性的匹配。基于中小比例尺地图的虚拟环境通常是在 DEM 上映射高分辨率的遥感影像或航空影像的地表 2 维纹理, 对一些重要地物使用简单的模型表示, 其现实表现性与量测精度较低, 而基于较高精度的大比例尺地图的虚拟环境的构建, 在地理坐标框架下要求具有和平面地图同样的量测精度, 并且能在类似 3D GIS 应用中能够进行各种查询和分析<sup>[1]</sup>, 所以对 3 维模型精度和现实性要求较高。然而, 在实际应用开发过程中, 三维模型采用地物、地形分离建模方式, 对于地物的三维模型, 其地物基底的 XY 坐标序列是严格地按照地理坐标获取, 其高度 Z 是地物的真实高度; 对于地形建模, 无论是采用 TIN 还是规则 GRID 表征, 构建的地形也只是对真实地形的一种逼近表征, 与现实存在的地形存在一定的误差, 且构建方法没有考虑到地物等地表特征(如地物基底平面等)约束信息。因此, 基于这种分离建模后的按照地物的真实地理坐标与地形匹配方法, 在其匹配后的场景模型将出现地物模型钻入地下或者漂浮地形之上, 如图 1 所示, 导致匹配结果与现实表征不符, 且这种方法也造成匹配后场景数据冗余, 增加了系统运行负担。对此问题, 本文将提出相应的解决方案, 最大限度地解决地物与地形按照地理坐标的匹配问题。

### 2 一般的地物与地形匹配处理方法

根据地物与地形的关系, 可将地物划分为两类, 一类是具有改变地形的地物, 一类是与地形表面吻合的地物。例如, 建筑物、道路等地物, 其特征是其具有基底平面, 其可能跨越  $\geq 2$  个的地形网格(地形三角形)或位于一个网格(三角形)之内, 此类地物与地形的匹配具有改造地形

的特征; 对于森林、灌木丛等植被等地物, 其具有和地形吻合的特性, 不具有改造地形的特点。根据划分的这两类地物性质, 其与地形的匹配策略也不尽相同。

对地形具有改变性质的这类地物, 一般的匹配方法主要是采用地物匹配地形或是地形匹配地物, 即不考虑地物的基底平面的 Z 坐标信息, 而是将地物整体下沉或向上抬起, 以达到和地形的匹配, 此种匹配在地理坐标框架下, 在这一匹配的局部区域, 位于地物基底部分的地形与现实真实状况不相符且表现精度较低, 而地物基底高程信息误差较大。如图 1 所示。在大区域此类地物较多的场景模型中将会出现大量的数据冗余存储, 降低系统运行的实时性。

对于不改变地形而与地形吻合的这类地物, 从这类地物整体上来看, 其将和地形吻合在一起, 不存在对构建的 DEM 的改变, 此时, 对于 Z 方向匹配精度, 主要体现在 DEM 的构建精度, 而对于此类地物的区域存在的边界精度没有考虑, 在进行整体建模的过程中, 就会出现这类地物在匹配上出现边界的偏移, 因此, 这类地物与地形的匹配最大的精度损失将出现在地物边界与地形的存在范围精度, 如图 2 所示。



图1 一般房屋与地形匹配关系

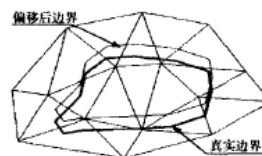


图2 与地形吻合类地物边界匹配

### 3 地物与地形匹配解决方案

对于数字地形模型的构建中外学者提出了各种相关算法, 但他们的算法实现都是以构建 TIN 为目的的, 对 GRID 研究较少。以不规则三角网(TIN)为表现形式的数字地面模型与以 GRID 表现形式相比, 更能反映原始地形的细节, 而且具有地表重构精度高及对不规则区域数据点分布适应能力强的特点<sup>[2]</sup>。但是对构建 TIN 后, 如何对地物与地形匹配, 以及实现地物特征控制的 TIN 的构建却很少涉及。因此本文将带有约束条件的 TIN 地形建模方法提出对地形与地物匹配的解决方案。下面将建筑物为例讨论如何实现地物与地形的匹配问题。

#### 3.1 在进行 TIN 构建过程中处理具有基底平面特征和吻合类地物边界的空间基信息

现在业界公认 Delaunay 提出的构建三角网的算法最好, 它尽可能避免了病态三角形的出现<sup>[3-5]</sup>。利用 Delaunay 三角网中每个三角形外接圆都不包含点集中的其他任意点这



作者简介: 张辉(1978-), 男, 内蒙赤峰人, 博士生, 从事虚拟仿真以及模糊地理信息系统研究。  
E-Mail: gjczhhbz@163.com

收稿日期: 2006-03-24



# 基于模糊综合评判方法的遥感影像压缩主观质量评价

翟亮<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>1</sup>, 李霖<sup>2</sup>, 袁捷<sup>1</sup>

(1. 中国测绘科学研究院, 北京 100039; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 介绍遥感影像压缩的主观评价方法及其分类, 并应用模糊综合评判方法对采用 JPEG2000 标准和 SPIHT 改进算法压缩后的重建影像进行质量评价。评价结果表明: 随着压缩比增加, 两种压缩算法压缩后的影像质量均逐渐下降; 当压缩比不超过 4:1 时, 两种压缩算法得到的影像效果均较好, 与原始影像差别不大; 当压缩比相同时, JPEG2000 算法的压缩效果略好于 SPIHT 算法; 在地形较复杂的丘陵和山地, 两种压缩算法压缩后的影像质量下降, 影像失真较严重。

**关键词:** 模糊综合评判方法; JPEG2000; SPIHT; 遥感影像压缩; 主观质量评价

**中图分类号:** TP75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-0504(2007)03-0024-04

根据我国航天发展战略规划和全国基础测绘中长期规划, 我国将发展高分辨率光学立体测图卫星(资源三号卫星), 主要用于我国 1:5 万地形图测绘。为了满足遥感影像的应用要求, 在卫星发射前, 需要用户和压缩技术研制单位共同协商并制定压缩指标(如压缩比), 压缩影像质量评价是提出正确指标的客观依据, 通过对遥感影像压缩的质量评价, 比较原始影像与重建影像的差异, 能够发现压缩算法对影像质量的影响。人眼是多数影像处理环境中的最终接收者<sup>[1]</sup>, 由人作为遥感影像的测试者, 对影像质量做出主观判断能够反映压缩算法引入失真的可见程度, 因而影像质量预测准确性较高, 是影像质量评价比较可靠的手段<sup>[2,3]</sup>。主观质量评价是进行遥感影像质量评价常用的方法, 并且是检验客观评价指标是否与人类视觉一致的唯一标准<sup>[4]</sup>。

## 1 主观评价方法

### 1.1 主观评价方法的分类

遥感影像质量的主观评价包含定量评价和定性评价, 其区别在于评价结果的形式: 定量评价是一系列反映影像质量的分数, 定性评价是等级类别及描述, 两者均是比较常用的手段。定量评价是根据一定的等级量表或评价尺度对影像给出分数, 可分为绝对评价和相对评价, Eskicioglu 总结了多数研究人员采用的等级量表<sup>[5]</sup>。绝对评价常用的评价尺度为“全优度尺度”, 即测试者以一组标准影像做参考, 对影像的优劣给出数字分值; 相对评价常用“群优度尺

度”, 由测试者将一批影像进行互相比较并给出相应的分值。定性评价是对影像进行从最好到最差的等级描述, 将影像分为不同的级别, 如美国航空摄影界提出的著名的国家影像解译等级量表(NIRS)<sup>[6]</sup>。

### 1.2 模糊综合评判方法

模糊现象在自然界中广泛存在, 如自然现象中的“大雨”、“中雨”、“小雨”等, 对遥感影像的质量也不能简单的以“好”、“坏”而论之。并且, 由于主观质量评价的主体是人, 人的主观感受往往是模糊的、多层次的, 是不尽相同的。另外, 遥感影像压缩质量受多方面畸变因素影响, 而各因素对影像质量的影响程度也不尽相同, 因此要综合考虑诸多影响因素。鉴于遥感影像压缩的主观质量评价具有明显的模糊性, 所以本文提出一种针对遥感影像压缩质量评价的模糊综合评判方法, 这是一种定性评价方法。模糊综合评判方法借鉴了模糊数学的一些思想, 并运用模糊决策理论进行影像质量评价, 其主要思路如下。

(1) 建立因素集和评价集。考虑遥感影像压缩质量的不同影响因素, 即评价指标, 提出因素集:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_j, \dots, u_m\} \quad (j=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

根据国家标准《数字测绘产品检查验收和质量评定》(GB/T 18316-2001) 的评定等级——优秀(v<sub>1</sub>)、良好(v<sub>2</sub>)、合格(v<sub>3</sub>)和不合格(v<sub>4</sub>), 提出评价集:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} \quad (2)$$

每个影响因素  $u_j$  对每一个评定等级都有一个隶属程度, 即  $u_j$  对  $v_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) 的符合程度, 记作  $r_{ij}$ ,  $r_{ij} \in [0, 1]$ , 其计算可由式(3)确定:

收稿日期 2006-12-25; 修订日期 2007-03-23

基金项目: 国家基础测绘项目“高分辨率立体测图卫星深化论证与关键技术研究”(14699990624201); 国家自然科学基金项目“模糊空间要素模型的理论和研究方法”(40571127)

作者简介: 翟亮(1980-), 男, 博士研究生, 研究方向为卫星遥感, E-mail: zhailiang@126.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

# 基于 Java 技术的 LBS 系统的构建

Design of LBS based on Java technology

(1.中国测绘科学研究院;2.武汉大学)王盛校<sup>1</sup> 唐新明<sup>1</sup> 范钊<sup>2</sup>

WANG SHENGXIAO TANG XINMING FAN ZHAO

**摘要:**空间定位信息服务(LBS)是移动 GIS 最有前景的应用方向之一,它是地理信息系统、通讯技术和计算机技术的有机结合。基于位置的服务将成为人们日常生活中一种重要的信息服务。本文提出了基于 Java 技术的位置服务系统的完整框架,并详细讨论了基于 GML 的服务器端多源数据融合技术和客户端地理信息服务的实现技术。

**关键词:**LBS;J2EE;J2ME;GML

**中图分类号:**TP208

**文献标识码:**A

**Abstract:**Location-based service (LBS) is one of the most promising application directions of GIS. It is the synthesis of the geographic information system, the communication technology and the computer technology. LBS will be one of important information service in the daily life. This paper puts forward an integrated frame of LBS based on Java technology. It also discusses multi-source data fusion technology based on GML on server and implementation techniques of Geo-information service on client.

**Key words:**LBS;J2EE;J2ME;GML

## 1 引言

当前,随着无线电通讯技术、互联网技术、空间数据库管理与应用技术、全球定位技术的发展,由移动通信和互联网的融合而形成的移动互联网(Mobile Web)使用户能够在任何地点、任何时间都能通过移动终端来获取各种信息服务,这其中包括基于位置的信息(Location-Based Services),LBS 是建立在定位基础上的服务,其重点在于利用位置信息为用户实现信息的增值,其工作原理是:用户终端(如手机、PDA、车载 PC 等多种移动终端)采用各种定位手段获取用户位置,并将这一位置信息通过移动通信网上传至服务器;服务器根据用户发出的服务请求做出响应,并把响应的服务信息(如地图、文本、图片等)通过移动通信网发布至用户终端。

## 2 基于 Java 的 LBS 系统框架

### 2.1 系统设计原则

LBS 的终端具有内存容量低、输入输出方式受限、使用时间短、无线信道窄等多方面的限制,这就决定了 LBS 的开发必须采用胖服务器、瘦客户端的体系结构。另外, LBS 的用户是社会大众,而非专业人员,系统的设计必须以用户为中心,增强通用性和交互性。

### 2.2 系统总体结构

根据实际的应用需求,系统设计采用客户端、服务器端和数据相互独立的三层分布式计算模式(图 1)。客户端包括 PC、掌上电脑、手机等多种用户终端;服务器端包括:前端部分采用传统 Web 服务器,用于处理用户的请求与响应,后端是 EJB 应用服务器,处理 LBS 相关请求;数据部分包括用 JDBC 相连的对象关系型数据库和一些已有的空间信息系统。

王盛校:硕士研究生

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)(2004AA131022)

## 3 基于 J2EE 的服务器设计

### 3.1 服务器概述

J2EE 服务器由 Web 服务器和 GIS 应用服务器构成。Web 服务器由 Web 容器组成,产生表示逻辑,负责与用户交互。Web 容器由 JSP(Java Server Page)和 Servlet 提供交互式 Web 页面来响应客户端的请求,并把从业务层计算出的数据返回给客户端。Web 服务器如果采用 JSP+Servlet 的方式,必须采用提供相应功能的服务器,如 IBM Websphere、BEA Weblogic 等 Web 服务器。GIS 应用服务器由 EJB 容器、数据缓存 Cache 和地图应用服务器构成。其主要功能是:响应 Web 层的请求,给 Web 层返回所请求的空间数据;与数据层进行交互,通过 JDBC 或是 SQL 连接到空间数据库,也可以通过 Java 连接体系结构(JCA)来访问遗留系统,完成空间数据的获取修改和增加;进行复杂的数学运算和事务处理,如路径规划、地理编码、数据缓冲处理和并发控制。

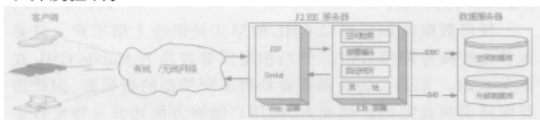


图 1 基于 Java 的 LBS 系统结构

### 3.2 基于 GML 的服务器端多源数据融合

在 LBS 中,用户感兴趣的信息包括空间数据信息,如最短路径(路径信息)、兴趣点定位(位置信息)等,以及非空间数据信息,如各种统计分析等。因此,如何有效的实现多源数据的融合也就成了 LBS 应用中的主要问题,这里的数据融合主要包括多源地理空间数据的融合和多种类型数据的融合。下面以 XML 技术为框架,建立基于 GML 的“空间数据融合模型”。

#### (1) 地理标识语言 GML 介绍

GML,即 Geography Markup Language,它是一种用于地理空

## 移动终端位置服务系统的实现

柳林<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 李万武<sup>1,3</sup>, 肖成刚<sup>4</sup>, 刘东琴<sup>1,2</sup>

(1. 山东科技大学, 山东 青岛 266510; 2. 中国测绘科学研究院, 北京 100039; 3. 山东省烟台第六中学, 山东 烟台 264000; 4. 江阴市理想空间信息技术有限公司, 江苏 江阴 214431)

**摘要:** 分析了移动终端位置服务的必要性和可行性, 阐述了移动终端服务系统的基本内容, 设计出移动终端位置服务系统的结构框架, 给出了移动终端位置服务系统中客户端、服务器端及第三方内容和地理移动服务3个关键部分的实现模式, 最后展望了移动终端位置服务系统的应用前景。

**关键词:** 移动终端; 位置服务; 定位技术; 导航; 地理信息系统; 地理移动服务

**中图分类号:** TP319 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024(2007)05-1069-03

### Implementation of mobile termination location-based service system

LIU Lin<sup>1,2</sup>, TANG Xin-ming<sup>2</sup>, LI Wan-wu<sup>1,3</sup>, XIAO Cheng-gang<sup>4</sup>, LIU Dong-qin<sup>1,2</sup>

(1. Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China; 2. Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039, China; 3. Shandong Province Yantai 6th Middle School, Yantai 264000, China; 4. Jiangyin Lixiang Informatics Company Limited, Jiangyin 214431, China)

**Abstract:** The necessity and the feasibility of the mobile termination LBS (location-based services) are analyzed, the basic content of mobile termination service system is outlined, the architecture frame of the mobile termination LBS is designed, and the mode of realizing three key parts is presented including the client side, the server end and the third party content and the geomobility server in the system for mobile termination LBS. At the end it looks forward to the application future of the mobile termination location-based service system.

**Key words:** mobile terminal; location-based service; positioning technology; navigation; GIS; geomobility server

### 0 引言

移动终端位置服务, 是通过从移动网络获取移动终端的位置信息(经纬度坐标), 或输入与位置相关的数据(如地址、电话号码等), 在地理信息系统(GIS)平台的支持下, 为用户提供相应服务的一种无线增值业务<sup>[1]</sup>。移动终端位置服务一直被业界认为是继短信之后又一杀手级数据业务。这一业务首先从美国 E911 服务发展起来。此后, 日本、德国等国家纷纷推出各具特色的商用位置服务。目前, 世界许多国家都以法律形式颁布了对移动终端位置服务的要求<sup>[2]</sup>。中国移动也向用户提供基于 Cell-ID 技术的移动终端位置服务。中国联通手机导航业务已经在全国上百城市开通, 实现了城市间的漫游导航。车载导航、手机导航已拉开移动终端位置服务的序幕。从自位置查询、他位置查询及查询某个地点诸如交通、天气状况等个人级应用, 到汽车导航、物流跟踪、智能交通等行业级应用, 逐步达到随时随地获取任何信息 (anytime、anywhere、anything)。移动终端位置服务将会大大地改变人们的生活方式, 让移动终端计算技术、GIS 技术深入普通民众<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2006-03-30 E-mail: liulin2009@126.com

**作者简介:** 柳林 (1971—), 女, 山东龙口人, 博士研究生, 研究方向为 LBS 及公众参与 GIS; 唐新明 (1966—), 男, 江苏南京人, 研究员, 博士生导师, 研究方向为模糊 GIS 及动态数据库; 李万武 (1969—), 男, 山东烟台人, 硕士研究生, 研究方向为计算机技术; 肖成刚 (1971—), 男, 四川人, 工程师, 研究方向为建设设计; 刘东琴 (1971—), 女, 北京人, 博士研究生, 研究方向为数据库及虚拟仿真技术。

### 1 移动终端服务系统概述

移动终端服务系统可以提供全方位的移动客户 (手机、PDA 等) 服务中心解决方案, 如图 1 所示。移动终端客户服务已由最初模拟语音移动通信发展到当前诸如短信、位置服务等移动增值数据通信。移动终端客户通过无线网络与移动综合业务管理系统、计费系统等应用支持服务互联, 可通过直达中继或因特网接入方式与其它第 3 方服务业务系统合群, 以实现位置服务、无线 IP 服务等。移动终端服务系统在功能、接口等方面正向“开放型”、“全方位”、“标准化”的方向发展<sup>[4]</sup>。移动终端服务系统发展了很多技术, 如 GSM、GPRS 和 CDMA。以 CDMA 为主流技术的 3G 网络最大的优点是更宽的无线数据通信带宽, 而通信带宽正是很多无线业务发展的瓶颈, 3G 将会为更多的移动增值业务发展带来希望, 其中包括移动终端位置服务业务。

### 2 移动终端位置服务系统功能分析

移动终端位置服务系统的作用是: 在移动终端位置应用

# Fuzzy topological relations between fuzzy spatial objects

TANG Xin-ming<sup>①</sup>, FANG Yu<sup>②</sup>, Wolfgang Kainz<sup>③</sup>

(<sup>①</sup>Key Laboratory of Geo-informatics of State Bureau of Surveying and Mapping Chinese Academy of Surveying and Mapping Beijing 100039 <sup>②</sup>Institute of Remote Sensing and Geographic Information System Peking University Beijing 100871 China <sup>③</sup>Cartography and Geoinformation Department of Geography and Regional Research University of Vienna Universitätsstrasse 7 A-1010 Vienna Austria)

**Abstract** Fuzziness is an internal property of spatial objects. How to model fuzziness of a spatial object is a main task of next generation GIS. This paper proposes basic fuzzy spatial object types based on fuzzy topology. These object types are the natural extension of current non-fuzzy spatial object types. A fuzzy cell complex structure is defined for modeling fuzzy regions, lines and points. Furthermore, fuzzy topological relations between these fuzzy spatial objects are formalized based on the 9-intersection approach. This model can be implemented for GIS applications due to its scientific theory basis.

**Key words** GIS; fuzzy topological relations; fuzzy spatial objects

【中图分类号】P223

【文献标识码】A

【文章编号】1009-2307(2006)0064-05

## 1 Introduction

In Geographic Information System (GIS) natural phenomena are usually modeled as spatial features including points, arcs or polygons. Generally these features are modeled based on the cell complex or simplicial complex structure mathematically. This structure has been applied in commercial GIS software widely and successfully (such as ArcGIS etc). Currently these features are represented in crisp (non-fuzzy) points, arcs or polygons. That is, these features have a determinate boundary. However, natural phenomena are not always as crisp as spatial objects described in conventional GIS data models. Many objects have a fuzzy boundary in nature, such as downtown areas, mountains, soil distribution, grasslands and forests. These objects have a common characteristic that they have no clear boundaries [1] [9]. How to model these fuzzy objects is a significant topic in GIS applications. Several efforts have been made for representation of fuzzy objects, such as [3] [4] [13].

On topological relations between fuzzy spatial objects, several models have been proposed to tackle the topological relations between fuzzy regions [5-6, 14-16, 18]. Clementini and Di Felice identified 44 relations algebraically between fuzzy objects by use of the well-known 9-intersection approach proposed by

Egenhofer and Franzosa [7], Egenhofer and Sharma [8]. 46 relations were identified by use of Cohn and Gotts' egg-yolk model, which is based on logic. Tang and Kainz [16] identified 152 relations between simple fuzzy regions in a fuzzy topological space of  $R^2$  by use of the  $4 \times 4$ -intersection approach, which is the extension of the 9-intersection approach. They also identified 44 relations between fuzzy simple regions in general fuzzy topological space of  $R^2$  by use of 9-intersection matrix.

However, fuzzy objects include not only regions but also lines and points. The topological relations between different kinds of features should be revealed.

This paper establishes a fuzzy topological structure for fuzzy spatial objects and investigates their topological relations. The structure of the paper is as follows. After the introduction of crisp cell complex, fuzzy cell is defined. Section 3 is the formalism of a fuzzy cell complex structure in which the primitives are fuzzy 0-cells, 1-cells and 2-cells. Section 4 is the model for accommodation of fuzzy spatial objects. Section 5 analyses the relations between fuzzy regions, lines and points. Section 6 is the conclusion.

## 2 Cell complex and topological relation models

### 2.1 Cell and cell complex

The structures of simplex and simplicial complex and (crisp) cell and cell complex in algebraic topology have been adopted by almost all GIS software for modeling spatial objects. We briefly review the cell and cell complex structure for discussion. An  $n$ -cell  $e^n$  is a space that is homeomorphic to an (open) unit  $n$ -disk of the Euclidean space  $R^n$ , where an open unit  $n$ -disk  $D^n$  is the set of all points  $x$  of  $R^n$  for which the norm  $\|x\| < 1$  [10] [12]. By definition, a 0-cell is a node (the minimal 0-dimensional object), a 1-cell is the link between two distinct 0-cells, and a 2-cell is the area described by a closed sequence of non-intersecting 1-cells.

A cell complex is defined by an inductive way. Start from a



**作者简介:** 唐新明 (1966-), 男, 2005 年被评为国家测绘局青年学术与技术带头人, 荷兰 Twente University 博士, 研究员, 博士生导师, 中国测绘科学研究院地理空间信息工程国家测绘局重点实验室常务副主任, 研究领域为地理信息系统和遥感。

收稿日期: 2005-08-03

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

## 基于时空数据库的动态可视化研究

杨平<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②③</sup>, 翟亮<sup>①②</sup>, 李霖<sup>①</sup>

(①武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079; ②中国测绘科学研究院地理空间信息工程  
国家测绘局重点实验室, 北京 100039; ③北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

**【摘要】** 本文针对当前时空数据库的时空表达, 进行了初步的分析研究, 提出了时空数据库动态可视化的概念, 试验结果表明, 利用计算机动画、动态符号和动态地图等技术, 对时空数据进行了动态地表达。

**【关键字】** 时空数据库; 动态可视化; 动态符号和动态地图; OpenGL

**【中图分类号】** P208

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1009-2307(2006)03-0111-03

### 1 引言

地理空间数据具有广阔的范畴、丰富的内容和复杂的结构, 为了系统而又本质地表述、传输和使用地理空间数据, 必须把握其中的基本特征, 可视化能够全面地把握地理空间数据的基本特征, 便于最迅速、形象地传递和接收空间数据所表达的空间信息。可视化技术已经成为空间信息阅读、理解进而交互作用的最重要的工具和手段。

### 2 时空数据库的动态可视化

时空数据库是存储有时间、空间以及相关属性等信息的数据库系统, 是空间数据库发展的一个新阶段。在引入时间变量之前, 空间数据库的可视化经历了二维图形图像法、三维图形图像法、虚拟现实表达等过程。时间变量的增加, 为空间数据库的可视化提出了更高的要求, 需要有与之相适应的可视化技术来更好地对时空数据进行表达。

时空数据库中的地理数据, 联系紧密且体积海量, 时间变量把数据库中的数据有机地联系起来<sup>[1]</sup>。引入时间维度后, 出现了多版本(或多时态)数据, 这里多版本数据是指以时间为坐标, 在各个标记时刻数据集的集合。使多版本(或多时态)数据按照时间发展的规律(回溯或反演)以可视化方式形象地表达的过程, 称为时空数据库的动态可视化。

时空数据库的动态可视化不仅要用到已有的各种可视化技术, 并且还要能够完成以往可视化技术所难以解决的时态问题。

#### 2.1 问题的提出

纵观可视化发展历程, 可以归纳为以下几个过程:

##### 1) 二维图形图像法

通常意义上的地理空间数据可视化, 采用的方法即是二维图形图像法, 其主要是对传统地图学以及制图学可视化方法的数字化实现。由于二维可视化含有较少的数据量, 同时沿用了成熟的可视化理论方法, 因此仍有着强大的生命力。

##### 2) 三维图形图像法

现实世界是一个三维空间, 使用计算机将现实世界表达成三维模型则更加直观逼真。三维空间的表现方式大多直接利用已有二维空间数据库的空间数据, 通过添加少量的空间信息, 将现实环境中的主要实体表达成简单的几何形体, 形成直观性的三维地图, 再给这些几何形体粘贴纹

理图像, 则形成具有一定逼真度的三维地图。

##### 3) 虚拟现实技术

空间信息理想的可视化是对现实世界真实的写照, 随着虚拟现实技术的发展, 这一理想越来越成为现实。为了进一步提高人机交互性, 将先进的计算机可视化技术与虚拟现实技术引入地理信息系统领域, 人们早就开始了虚拟现实技术(VR)与GIS结合的研究。目前, 人们已经初步实现了对地理环境的真实仿真, 这种仿真能较好地重现现实景观。

##### 4) 时空数据库的动态可视化

时空数据库的动态可视化是空间数据库可视化的新阶段, 这个阶段一个关键的问题是 multidimensional 可视化问题, 即以时间为主导的空间数据可视化的问题。目前一方面缺乏有效的数据模型; 另一方面, 在增加时间维度之后, 信息量急剧增加, 现有计算机技术难以处理与之相应的可视化<sup>[2]</sup>。要解决这些问题, 除了要建立合理的数据模型, 还需引入新的数据可视化技术, 即时空数据库的动态可视化, 作为时空可视化的一种应用技术, 时空数据库的动态可视化是指在时空数据库系统的基础上, 采用动态符号和动态地图以及计算机图形学理论, 通过计算机动画、计算机高级显示技术, 把时空数据库中存储的多时态或多版本的地理数据, 按照时间发展的规律, 以动态的方式在一定的媒介(如电子屏幕)表达的过程。通过采用动态符号和动态地图, 可以直观生动地表示各种地理信息的变化。

#### 2.2 动态符号、动态地图与动态可视化

传统的空间数据可视化采用地图作为地理信息的载体, 使用地图符号作为其表达信息的主要方式。地图符号既可显示事物和现象的空间及相互关系、质量和数量特征, 又能表示其在空间和时间中的变化。传统的地图符号依据7个视觉变量——形状、尺寸、方向、明度、密度、结构、颜色和位置来设计描述地理实体不同方面的静态性质和特征<sup>[3]</sup>。对于表达事物和现象的动态特征, 传统的符号体系是有局限的, 这就需要对地图符号的变量进行扩展, 来增加地图符号的动态特征描述, 通过引入地图符号动态视觉变量——时间变量, 可以很好地表达地理实体的动态特性。

动态符号除了要求实现常规视觉变量, 还要求能够表达时间变量, 为此作者设计了动态符号设置对话框(见图1、图2)。图1为动态参数设置对话框, 利用此对话框可以设置动态表达的相关变量, 其中持续时间选项用于设定符号延续的时间(也就是要素变化的实际时间映射到计算机中的

收稿日期: 2005-07-04

基金项目: 国家基础测绘项目(1460130524207); 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室资助



## 多级格网时空索引

史绍雨<sup>①,②</sup>, 唐新明<sup>②,③</sup>, 吴凡<sup>①</sup>, 雷兵<sup>②</sup>, 汪汇兵<sup>②</sup>

(①武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079; ②中国测绘科学研究院重点实验室, 北京 100039;

③北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

**【摘要】**在时空数据库中, 地理实体模型包括地理对象空间信息和时态信息。为了快速查询实体的空间和时间信息, 这就需要一个高效的时空索引机制。本文在分析和参考目前几种时空索引方法的基础上提出了一种新的时空索引方法——多级格网时空索引, 并介绍了多级格网时空索引的算法。

**【关键字】**时空数据库; 时空索引; 多级格网; 版本

**【中图分类号】**TP311

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2006)03-0054-02

### 1 引言

由于GIS应用的飞速发展, 如交通监测、土地覆盖变化监测等, 时空数据库在最近十年来获得极大的关注。在这些新的应用中, 需要处理实体在时间轴上的空间变化, 这就需要在时空数据库中存储地理实体的空间信息和时间信息, 因此时间是一个非常重要的作用。时空数据库就是为真实世界精确建模<sup>[2]</sup>, 时空数据库的地理实体模型将时间作为实体的一维, 对数据进行更新时, 时空数据库只是通过对地理实体进行逻辑删除, 在数据库中并未删除记录。常见的时空数据库模型模型有两种<sup>[1]</sup>, 即基于矢量的时空数据库模型和基于栅格的时空数据库模型。矢量型时空数据库模型是建立在矢量数据模型的基础上的, 代表性的模型有STC和STO等。栅格型时空模型是建立在栅格数据基础上的, 典型的模型如基于事件的时空模型如Event-based Spatiotemporal Data Model(ESTDM)和OOgeomorph等。

目前, 主要存在两种构造空间索引的方式<sup>[3]</sup>。第一种是基于空间分割(space-driven)的索引结构, 它主要将2维空间分割成细小的单元, 如四叉树索引。第二种空间索引是基于实体对象的索引结构, 如R-Tree索引。当前研究的时空索引方法主要是扩展现有的空间索引结构。

### 2 几种时空索引方法介绍

目前, 已经有很多种时空索引方法被提出:

TR-Tree<sup>[2]</sup>是类似于R-Tree<sup>[5]</sup>索引的一种时空索引结构。TR-Tree是一种平衡树, 它支持同时对空间和时间信息进行索引。TR-Tree其叶结点的结构形式是:  $\langle \text{MBR}, \text{ObjectID}, \text{birth-time}, \text{end-time} \rangle$ , MBR是实体的最小外接矩形, 子结点的结构形式为  $\langle \text{MBR}, \text{child-pointer}, \text{birth-time}, \text{end-time} \rangle$ , 在这里的MBR包含其所有子结点的MBR, child-pointer指向下一级子结点。TR-Tree同R-Tree一样具有高效的时空查询, 但是如果进行时间窗口查询, 有可能遍历整个树结构, 影响查询效率。

2-3TR-tree<sup>[3]</sup>是一个基于2+3TR-tree和TB-tree的索引结构, 其索引结构包含两个独立的R-Tree结构: 一个是二维的R-Tree索引结构, 另外一个三维的R-Tree索引结构。其中二维R-Tree索引结构存储的是实体产生时的空间信息, 而其中的三维R-Tree索引结构存储的是实体的历史信息。进行独立的时间查询和空间查询时有较高的查询效率, 但在进行时空查询时, 则须对这两种树进行查询, 进而影响时空查询效率。

MV3R-Tree<sup>[6]</sup>索引结构结合了MVR-Tree和3D-Tree两

种索引结构, 其索引的结构形式  $\langle S, t_{start}, t_{end}, \text{pointer} \rangle$ , S表示实体的最小外接矩形(MBR)。在MV3R-Tree索引结构中3D-Tree索引是一个辅助索引, 它处在MVR-Tree索引的叶结点上, 它能有效地对时间点和大范围的时间窗口进行查询, 但对小范围的时间窗口查询时, 要先进行优化来选择其中一种索引来进行查询。

### 3 多级格网时空索引结构

多级格网时空索引根据实体的MBR的疏密, 来确定多级格网的级别和宽度。将地图按宽度来等分, 再将等分的格网细分到所确定的级别。

#### 3.1 多级格网编码方式

多级格网索引根据实体的MBR选择网格级别, 如果结点的矩形范围包含实体对象的MBR且其子结点的矩形范围与实体MBR相交, 则实体的网格编码为结点的网格号。多级格网编码采用“Z”字型编码方式, 编码以数字组成, 编码的位数表示实体所处的网格级别, 以图1为例, 实体B的网格编码为333, 可以看出实体B的网格级别为3和其父结点网格编码为33。多级格网索引与Quad-Tree索引有点类似, 但在多级格网索引中实体只有一个网格号, 减少了数据冗余, 提高查询效率。

#### 3.2 多级格网时空索引

在时空数据库中的时间维有三种形式, 即实际时间(Valid-time)和事务时间(Transaction-time)以及双时态时间(Bi-temporal)。实际时间是实体实际存在的时间, 有时又称现实世界时间(real-world time)或真实时间(real time), 而事务时间是指在数据库中记录该事件的时间, 又称数据库时间(database time), 双时态时间就是在时空数据库中同时存储实际时间和事务时间。假设多级格网时空索引存储的是实体的实际时间, 则多级格网时空索引记录包含了多级格网的实体对象的ID号、格网编码、实体的开始时间, 实体的结束时间(表1)。

表1 索引记录

ObjectID	GridNo	Begin-time	End-time
----------	--------	------------	----------

在多级格网时空索引中的每个实体都有一格网编码和一组实体的开始时间和结束时间。对于一个现势实体, 其生命周期是一个右开区间  $[\text{Begin-time}, \text{End-time})$ , 我们用“\*”来表示当前的时间。假如在时间 $t_1$ 一个新的实体产生, 其生存周期为  $[t_1, *)$ 。当一个实体在时间 $t_2$ 时消亡时, 在时空数据库中对其进行逻辑删除, 将其消亡时间从“\*”改为 $t_2$ 。如果在某一时间点 $t$ ,  $\text{Begin-time} < t < \text{End-time}$  则这个实体在时间点 $t$ 上的状态是存在的。

收稿日期: 2005-09-02

基金项目: 国家基础测绘项目(1460130524207)

## 时态 GIS 的空间实体关联技术应用研究

俞松<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②③</sup>, 雷兵<sup>①②</sup>, 杨平<sup>①②</sup>, 周晓青<sup>①②</sup>

(<sup>①</sup>武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079; <sup>②</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039;

<sup>③</sup>北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

**【摘要】**在自然界中大多数现实世界的实体都是动态的, 地图上的公路、铁路、居民地等只是相对于一个很短的时间里是静态的, 经过一个长的时间这些实体都将发生改变。本文根据不同时态地理实体的各种特征比较, 将两个时态的数据进行关联, 建立几何、位置和属性的变化模型, 将这个动态的过程表现出来。试验表明, 本文的算法是有效的。

**【关键词】**时态 GIS; 空间实体; 动态; 关联

**【中图分类号】**P208

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2006)03-0117-03

### 1 引言

为满足国民经济和社会发展对地理信息现势性的需求, 我国各级比例尺的基础地理信息数据库不断进行更新, 在更新过程中, 产生了大量的历史数据。由于历史数据的使用频率比现势数据小的多, 很容易被人们忽略, 其实历史数据有着广泛的应用, 它们是预测预报和决策分析的重要依据。在地籍信息系统中历史数据是土地估价、土地交易等不可或缺的数据。在国家基础地理信息系统中, 历史数据是研究地理变迁的基础。

目前我国关于动态数据库研究仍处于起步阶段, 随着信息时代的来临, 空间数据库将不断地进行更新。国内绝大多数数据库的更新一般都将过时的历史信息从数据库中删除, 这些历史数据和现势数据存放在不同地方, 彼此之间没有建立关联。在地理信息更新过程中, 强调了地理信息的现势性, 忽略了历史地理信息的有效保存, 阻碍了对地理信息变化规律的分析和变化反演的实现。因此, 有必要进行历史数据与现势数据空间实体之间的关联, 在此基础上建立国家基础地理信息的动态数据库, 目前我国有关省局都在开展基础地理信息动态数据库的建库试验, 并在地理环境变迁(如沙漠化、水域变化等)方面开展实际应用, 为国民经济和社会发展提供迫切需要的国家极为重视的自然地理条件的动态数据, 使国家基础地理信息系统更好地为国民经济建设服务。

### 2 时态 GIS 概念

时态 GIS 是通过将时间概念引入到 GIS 中, 分析空间信息随时间的变换, 描述系统在某时刻、时段或时间轴变化的过程, 可以重现过去或预测未来状态, 挖掘或发现系统沿时间变化的规律<sup>[2]</sup>。

现实世界中的一切事物, 无论简单或复杂, 均有一个从产生、到发展演变、最后消亡的过程。从 GIS 的角度, 将现实世界的事物分为点、线、面、体以及简单对象、复杂对象等, 统称为时空目标。TGIS 的任务就是对多时态及时空数据库(也称历史数据库), 以动态的方式来描述时空目标的时空过程。

时空过程实质是一系列沿时间轴的时空目标的变化过程, 包括量变和质变。时空目标的描述包括几何、拓扑和属性三个基本方面, 因此, 时空变化包括沿时间轴的空间变化、拓扑变化和属性变化。事实上, 后一时刻的拓扑关系、空间状态、属性特征与前一状态的相应值有关系。在不同的时刻, 空间对象的空间状态、拓扑关系和属性特征可能全部

变化、两项变化或单项变化; 空间状态的变化也可能是空间位置、空间形状、空间分布全部变化、或其中两项变化或单项变化。以地籍变更(包括土地分割、合并、所有权等)为例, 一次地籍变更可能仅仅是所有权的变化, 则属于属性特征变化; 也可能既有属性特征变化; 也可能既有土地的分割(或合并), 也有所有权的变化, 此时除属性特征变化以外, 同等重要的是发生了空间状态的变化, 包括空间位置和空间形状。此外, 就地籍 GIS 而言, 可能还牵涉到地块之间相邻关系的变化, 即可能还发生了拓扑关系的变化<sup>[1]</sup>。

### 3 动态数据模型

根据动态数据库设计的需要我们提出了动态数据模型。动态数据模型能有效地表达、记录和管理现实世界的地理实体及其相互关系随时间不断发生的变化, 能反映现实世界中空间实体及其相互间的动态联系, 为动态数据组织和动态数据库模式设计提供了基本的概念和方法<sup>[3]</sup>。

动态数据的基本模型是基于对象的时空数据模型, 如图 1 所示:

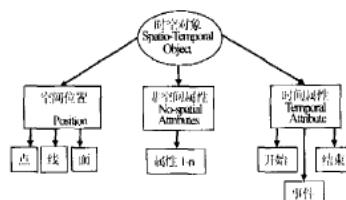


图 1 动态数据基本模型

空间对象扩充时间属性后而成为动态时空对象, 空间、时间和属性是地理空间实体的三个最基本的特征。该模型的核心, 是以基于对象的基本思想组织地理时空。其中对象是独立封装的具有唯一对象标识的概念实体。每个地理时空对象中包括了对象的时态性、空间特性、非空间特性和相关的行为操作及其与其他对象的关系。时间、空间及属性在每个时空对象中具有同等重要的地位。每个空间对象唯一的对象标识符可用作几何信息和属性信息的桥梁或中介。在数据库中增加时间信息时, 同样利用这个对象标识符作为联系几何、属性和时间信息的桥梁或中介。在某个特定的时刻, 空间对象的标识符是唯一的。当空间对象的几何信息发生变化生成新的空间对象时, 将赋予新的对象标识符, 新老空间对象的标识符之间的对应关系将被记录下来便于时空操作。对于复杂地理实体, 不仅要记录

收稿日期: 2005-07-20

基金项目: 国家基础测绘项目(1460130524207)

## 版本增量式时空数据模型研究

汪汇兵, 唐新明, 洪志刚  
(中国测绘科学研究院, 北京 100039)

**【摘要】** 时空数据模型是时态地理信息系统的关键和核心。本文在分析国内外已有研究成果的基础上, 结合国家基础测绘项目, 提出了“版本-增量”式时空数据模型, 采用“版本管理-动态关联”以及“动态分级索引”技术实现时态地理数据的存储管理和查询检索。该模型能有效降低数据冗余, 提高数据访问效率。

**【关键词】** 时空数据模型; 版本-增量; 版本管理-动态关联; 动态分级索引

**【中图分类号】** P208

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1009-2307(2006)05-0131-04

### 1 引言

时空数据库和空间数据库已经分别得到了较广泛的研究, 然而同时支持时间和空间的数据建模和时空数据库只是近 10 年才引起人们的注意。时空数据库是在空间数据库的基础上增加时间要素而构成的三维(无高度维)或四维数据库。时间维的加入大大丰富了数据库的内容, 一方面增加了数据库管理的复杂性, 另一方面, 海量的数据为空间和时间分析提供了极其广阔的舞台。常见的时空数据库模型有两种, 即基于矢量的时空数据库模型和基于栅格的时空数据库模型。它们是基于传统的矢量数据模型和栅格数据模型基础上派生的。前者代表性的模型有 STC(Langran and Chrisman 1988) 和 STO(Worboys 1994a 1994b), 后者典型的模型如基于事件的时空模型如 Event-based Spatiotemporal Data Model (ESTDM) (Pauquet and Duan 1995) 和 OOgeomorph (Raper and Livingstone 1995) 等<sup>[1]</sup>。

时空数据库由于需要存储大量历史数据, 使得数据库容量急速膨胀, 造成数据存储、管理与访问上的复杂性和难度。现有的模型大多侧重于时间域和空间域的一个方面, 而且是逻辑层面(概念模型)上的, 不适于进行数据库设计实现。本文提出的“版本-增量”式时空数据模型, 从数据存储和访问层面出发, 采用“版本管理-动态关联”以及“动态分级索引”技术实现时态地理数据的存储管理和查询检索。该模型能有效减少数据冗余(这本身也能提高数据访问的速度), 提高数据访问效率。

时空数据模型设计的基本指导思想如下<sup>[2]</sup>:

- 1) 降低冗余存储: 如减少空间公共边、时间不变数据的重复存储。
- 2) 支持各种复杂时空对象的构造: 时空对象通常具有层次性(聚集层次和概括层次)、变长字节存储性、时空有序性等结构特点。模型必须提供有效的手段支持如此结构特点的对象数据模型。
- 3) 表达丰富的时空语义: 尤其表达时空结构和空间拓扑关系等空间语义, 表达事件序列和时间相关性等时间语义。



**作者简介:** 汪汇兵(1979-), 男, 安徽贵池人, 2004 年获得武汉大学地图学与地理信息系统硕士学位, 现在中国测绘科学研究院工作, 主要从事 GIS 专业研究。E-mail: wanghb@casm.ac.cn

**收稿日期:** 2005-08-17

**基金项目:** 国家基础测绘资助项目(146013052407); 地理空间信息工程国家重点实验室开放基金资助项目

- 4) 兼顾检索效率和用户应用要求: 需要折中考虑数据的空间内聚性, 合理选择时间标记对象的粒度。

### 2 版本-增量式时空数据模型

数据模型是对真实世界现象的抽象和表达, 是用来描述数据的一组概念和定义, 是数据库的框架结构, 也是用户对数据库的逻辑视图。GIS(地理信息系统)数据模型通常利用地理学的点、线和多边形或离散化了连续场来形式化地、概念框架式地进行表达。换言之, 数据模型应该定义数据类型、关系、操作和维护数据库整体性的规则。

时态 GIS(TGIS or TemporalGIS)的关键问题是建立合适的时间与空间联合的数据模型—时空数据模型, 更有效地组织、管理时空要素和完善时空要素的属性、空间和时间语义, 以便重现历史状态、跟踪变化、预测未来。时空数据模型通常由数据结构、数据操作和完整性约束三部分组成, 是时空数据库的概念基础。时空数据库是时态 GIS 的组织核心。

#### 2.1 时空数据的基本特征

在研究时空数据模型之前, 笔者先对时空数据的特征做初步的分析:

- 1) 传统空间数据以矢量、栅格和矢栅混合数据结构来描述和存贮空间目标, 时空数据则要在在此基础上考虑时间因子, 进行时空建模。
  - 2) 与传统空间数据相比, 时空数据的数据量更大。传统 GIS 一般对空间数据的当前状态进行“快照式”描述和存贮, 状态更新时, 历史数据被删除或被孤立地备份。时空数据不仅包含现状信息, 还有历史信息 and 过程信息等, 其语义信息更丰富。
  - 3) 时空数据不仅具有定位信息和属性信息, 而且具有时间特征。有效的时空数据管理, 要求定位数据(又称几何数据或图形数据)和非定位数据(又称属性数据或描述数据)彼此独立的进行变换, 即当属性改变时, 空间位置保持不变; 反之亦然。而时间是物体存在的形式之一, 时间信息反映空间物体的时序变化和发展的过程和规律。
  - 4) 时空数据支持时空分析。时空数据比传统空间数据具有更多的信息, 不仅可以进行传统的空间分析, 还可以扩展至包含时间信息和空间信息的时空分析。GIS 的重要能力之一是其强大的分析能力, 对于一个强有力的时态 GIS 而言, 其分析功能必须扩展以处理时态因素。因此时空数据管理平台可以支持功能更全、更合理的决策参考。
- 众所周知, 空间、时间和属性是构成地理信息的三种基本成分, 传统 GIS 是静态的, 不能很好地处理时间性。上述的时空数据的基本特征缘于时空数据包含了时间因子, 可以说时间性(或时态性)是时空数据的本质特征。根据上述特征, 设计合理且易于实现的时空数据模型是本文的研究重点。

#### 2.2 时空数据模型的基本概念

##### 2.2.1 时间的表达

GIS 研究的对象是存在于地球表面及其附近空间中,

# 国家基础地理信息数据库内容的完善

翟亮<sup>1</sup>,唐新明<sup>2</sup>,周一<sup>3</sup>,李霖<sup>1</sup>,吴岚<sup>4</sup>

(1. 武汉大学资源与环境科学学院,湖北武汉430079; 2. 中国测绘科学研究院,北京100039; 3. 广东省国土资源厅信息中心,广东广州510075; 4. 国家测绘局,北京100830)

## Contents Refinement of NFGIS Database

ZHAI Liang, TANG Xin-ming, ZHOU Yi, LI Lin, WU Lan

**摘要:**提出基础地理信息数据库的完善的定义,并详细阐述数据库内容的完善。我国已建成一系列基础地理信息系统数据库,这些国家级的数据库向全社会各类用户和各类专业信息系统提供了统一、权威的空间载体,在国民经济建设、社会发展、国家安全和国防等方面发挥了十分重要的作用。随着国民经济建设和社会发展以及国家信息化的迅速发展,广大地理信息用户对基础地理信息提出了许多新的、更高的要求,这些需求很多涉及到国家基础地理信息系统数据库完善的问题。数据库内容的完善是数据库完善的重要方面,包括对核心地形要素数据库(DLG)的内容进行调整,对地理要素进行详细定义以及对地理要素的分类分级体系进行细化等。

**关键词:**基础地理信息数据库;完善;地理要素

### 一、前言

我国测绘行业自20世纪90年代以来,通过应用卫星定位系统、遥感、地理信息系统和网络等技术为主体的数字化测绘技术,对传统模拟测绘技术体系进行改造,建立起初具规模的数字化测绘技术体系,极大地提高了我国数字化测绘的生产力水平,建成了全国1:25万地形数据库、全国1:25万地名数据库、全国1:25万数字高程模型、全国1:100万地形数据库、全国1:100万地名数据库、全国1:100万数字高程模型库、全国1:400万地形数据库、全国1:400万重力数据库、部分地区1:5万4D产品系列、全国七大江河1:1万4D产品系列等等。这些基础地理信息系统数据库已经在国民经济建设中发挥了巨大的作用,并且结合各省、自治区、直辖市正在或即将开始建设的省级1:1万数据库,共同构成“数字中国”地理空间基础框架的公共基础空间数据平台<sup>[1,2]</sup>。

然而,对于哪一种地理信息数据集/库对用户最有价值这个问题,还没有形成一致意见。因此需要搞清楚哪些地理信息数据集/库在使用?什么人/单位在使用?并且需要知道这些数据集/库是否满足他们(用户)的需要<sup>[3]</sup>。20世纪80年代后期,随着国民经济建设和社会发展以及国家信息化的迅速发展,广大地理信息用户对基础地理信息提出了许多

新的、更高的要求,这些需求很多涉及到国家基础地理信息数据库完善的问题。

### 二、国家基础地理信息数据库的完善

所谓国家基础地理信息数据库完善,是指在我国现已建成的基础地理空间数据库的基础上,对核心地形要素数据库(DLG)的内容进行调整;对地理要素的分类分级体系进行细化;对基础地理信息的采集技术和方法进行凝练;对基础地理信息数据库的建设进行精化;对现有数据库产品的种类和形式进行丰富;对基础地理信息的共享和分发服务体系进行优化,以充分发挥国家基础地理信息数据库的价值,更好地满足广大地理信息用户的需要。

### 三、数据库内容的完善

全面了解国家基础地理信息在各专业部门/行业的用途和使用目的、数据精度、现势性和数据更新周期等信息,明确地理信息用户对于国家基础地理信息系统数据库的要素内容、属性信息等的需求,并以此为依据确定各比例尺基础地理空间数据库的内容、产品模式等,才能更好地满足用户的需要,也才能最大限度地发挥基础地理信息在国民经济建设中的作用。

按传统地形图式地理要素划分为10大类:测量控制点、居民地、工矿建筑物、公共设施和独立地物、

收稿日期:2004-11-15

基金项目:国家基础测绘资助项目(1469990324221)

作者简介:翟亮(1980-),男,河南安阳人,博士生,主要从事基础地理信息系统、时空数据库等方面的研究。

## PPGIS 在城市规划决策中的应用

柳林<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 李万武<sup>③</sup>, 曲国庆<sup>①</sup>, 赵玉梅<sup>④</sup>

(<sup>①</sup>山东科技大学地球信息科学与工程学院, 山东青岛 266510 <sup>②</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039

<sup>③</sup>山东科技大学信息科学与工程学院, 山东青岛 266510 <sup>④</sup>鲁东大学地理与资源管理学院, 山东烟台 264025)

**【摘要】**在介绍 PPGIS 概念的基础上, 给出了基于 PPGIS 城市规划决策系统的框架, 分析了基于元数据的分布式空间数据库的数据组织方式, 提出了公众参与城市规划决策系统中公众冲突的解决机制, 并在传统适宜性分析模型的基础上建立了公众参与的适宜性分析模型。

**【关键词】**公众参与 GIS 分布式数据库; 城市规划决策; 冲突协调

**【中图分类号】**P208

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2006)06-0111-03

### 1 PPGIS 概述

地理信息系统和社会科学及 WebGIS 技术、协同式空间决策技术、分布式数据库技术、地理信息互操作技术、系统可视化及仿真技术相结合产生了公众参与地理信息系统即 PPGIS (public participatory geographic information system)。公众参与地理信息科学被定义为: ①是一种对地理信息或者地理信息系统技术的研究; ②由既可以是个体也可以是最基层的普通公众使用; ③是参与影响他们生活的公众过程(数据获取、制图、分析以及决策)<sup>[1]</sup>。PPGIS 是面向社会公共问题, 基于开放式的计算机网络环境, 利用 WebGIS、CSDSS 分布式数据库以及地理信息互操作、网络信息服务等新技术构建的计算机应用系统。PPGIS 区别于其他 GIS 技术的最大特点就在于它的社会性<sup>[2]</sup>。在公众参与模式方面, Smyth 针对以前 Amstein 提出的传统的公众参与式的 8 个阶梯提出了包括在线讨论、网络调查和在线决策支持系统的电子参与模式<sup>[3,4]</sup>。根据 Renate Steimann 的参与模式<sup>[5]</sup>给出公众电子参与梯度图(见图 1)。公众参与地理信息系统是跨社会科学和自然科学的研究, 是社会行为与 GIS 技术在某一地理空间上的结合, 公众具有获取、交换有关数据或信息并参与或共享 GIS 进而参与决策的权利和机会, 体现个人、社会、非政府组织、学术机构、宗教组织、政府和私人机构之间的合作伙伴关系。其目的是提升社会民主和生态的可持续发展等<sup>[6]</sup>。本文仅从技术角度探讨用于城市规划决策管理的 PPGIS 系统。

### 2 系统设计开发

本系统是基于网络的开放的城市规划空间决策支持系统, 是由公众参与土地利用、公用设施选址、道路选线、绿化方案选择、直至城市的总体规划方案选择等与城市规划决策有关的信息平台。



作者简介: 柳林(1971-), 女, 山东龙口人, 山东科技大学博士研究生, 研究方向为 LBS 及公众参与 GIS。  
E-mail: liulin-y@163.com

收稿日期: 2006-03-13

### 2.1 数据组织模式

本系统需要与所在城市有关的基础地理信息数据, 包括行政分布图、交通道路图、土地利用现状图、地下管网图、地形图、人口分布图等。而这些数据分布在不同的城市职能部门, 所以可采用分布式空间数据库管理系统来组织这些数据, 以便本系统使用。分布式数据库由若干个站点集合而成, 这些站点又称为节点, 他们通过网络连接在一起。每个节点都是一个独立的空间数据库系统, 它们都拥有各自的数据库和相应的管理系统及分析工具。整个数据库在物理上存储于不同的设备上, 而在逻辑上则是一个统一的数据库, 用户在应用时可以不考虑数据存储的具体物理位置, 就象对集中式数据库一样来访问分布式数据库<sup>[7]</sup>。分布式空间数据库的结构有多种, 本系统采用基于空间元数据的结构。基于空间元数据的分布式空间数据库包括一个中心服务器和多个用于提供空间数据服务的服务器。中心服务器用于对上述所有服务器进行总控管理。客户对分布式数据库的访问一般是通过中心服务器进行, 也可以直接访问各个分服务器<sup>[8]</sup>。其结构图见图 2。

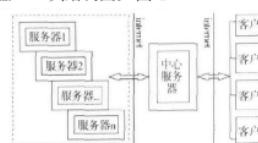


图 2 分布式数据库管理系统结构图

### 2.2 系统开发模式

本系统服务器端采用 ESRI 公司的 MapObjects 功能控件开发, 以 Visual Basic 和 美国 ESRI 公司的 MapObject 作为系统的应用开发平台, 在可视化开发环境中, 用 Visual Basic 将 GIS 组件嵌入到应用程序中, 使得系统易于开发, 具有可配置性、可扩展性、开放性及灵活性, 也缩短了软件的开发周期和成本。客户端是采用 Java Applet 嵌入到 Internet 浏览器中。

### 2.3 系统结构设计

鉴于互联网的通用性, 及为以后系统的全国联网, 本系统采用基于互联网的 B/S 结构。功能结构图见图 3。浏览器端采用 OLE 技术开发, 其主模块为采用 Java Applet 开发的公众参与功能模块 PPTool 模块, 包括地理操作子模块和信息反馈子模块。地理操作子模块用来实现客户端公众的基本地理操作, 包括属性查询、位置查询、空间分析、地图浏览、地图编辑、显示输出等功能。信息反馈子模块用来实现公众与系统的信息交互, 包括规划项目相关信息的查询, 公众参与决策信息和公众简历信息的输入与保存。这一基于 WebGIS 的功能模块比英国利兹大学地理系计量地理中心的“真实规划”(Planning for real)的研究项目开发的公众参与模块 GeoTools<sup>[9]</sup>的地理操作



## 遥感影像压缩的构像质量评价

翟 亮<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2</sup>, 李 霖<sup>1</sup>

(1 武汉大学 资源与环境科学学院地图科学与信息工程系, 湖北 武汉 430079, 2 中国测绘科学研究院地理空间信息工程国家测绘局重点实验室, 北京 100039)

**摘 要:** 本文分析了 JPEG2000 压缩算法的基本原理, 对某地区的数字航空遥感影像进行了压缩试验, 通过比较不同压缩比下各种评价指标的变化, 来研究 JPEG2000 压缩算法对重建影像构像质量的影响, 评价结果表明压缩比的增加, 重建影像灰度平均值、标准方差和信息熵在一定范围内波动; 同时, 随着压缩比的增加, 重建影像纹理越来越粗, 视觉效果降低, 并且重建影像与原始影像的一致性程度降低, 差别越来越大。

**关键词:** JPEG2000 遥感影像压缩; 构像质量评价

**中图分类号:** P237 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-5867(2006)06-0046-04

## Image Quality Assessment for Compressed Remote Sensing Images

ZHAILiang<sup>1,2</sup>, TANG Xin-ming<sup>2</sup>, LILin<sup>1</sup>

(1 Cartography and Information Engineering Department School of Resource and Environment Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China, 2 Key Laboratory of Geo-Informatics of SBSM, Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039, China)

**Abstract** This paper analyzed the basic principle of JPEG2000 compression algorithm. Taking the digital aerial remote sensing image as a compression case study, it discussed the effect for the quality of rebuilding image by JPEG2000 compression algorithm through the comparison the variations of assessment indicator in different compression rate. The assessment result shows that the average gray value, standard deviation, and information entropy are fluctuant in a certain range; the texture becomes roughness, the visualization effect and the coincidence between original image and rebuilding image decrease with the growth of compression rate.

**Key words** JPEG2000; remote sensing image compression; image quality assessment

### 0 引言

在航空、航天遥感领域, 对于影像压缩的研究主要集中在两个方面: 一方面是针对航空、航天遥感影像数据的特点提出一些更为有效的专门压缩算法; 另一方面是通过研究压缩后的重建影像质量的衰减程度探讨现有的压缩方法在遥感领域中的应用潜力<sup>[1]</sup>。本文应用多种客观评价指标, 通过比较不同压缩比下各种评价指标的变化, 来研究 JPEG2000 压缩算法对构像质量的影响, 并得出相关结论。

### 1 遥感影像压缩和质量评价

#### 1.1 影像的压缩比

如果  $n_1$  和  $n_2$  分别代表两个表示相同信息的数据集

合中所携带信息单元的数量, 则第一个数据集 (用  $n_1$  表示的集合) 的相对数据冗余  $R_D$  可以定义为:

$$R_D = 1 - \frac{1}{C_R} \quad (1)$$

这里  $C_R$  通常称为压缩比, 定义为:

$$C_R = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

对于  $n_1 = n_2$  的情况,  $C_R = 1$ ,  $R_D = 0$  表示相对于第二个数据集 (用  $n_2$  表示的集合) 信息的第一个数据集的表达式不存在冗余数据。

#### 1.2 JPEG2000 压缩算法

JPEG2000 采用了离散小波变换、位平面编码和基于上下文的算术编码等一系列新技术, 支持无损和有损压缩两种方式, 具有很多优点, 例如, 高压比、渐进传输、感兴趣区域压缩、容错性和框架结构的开

收稿日期: 2006-08-09

基金项目: 地理空间信息工程国家测绘局重点实验室经费资助项目、国家基础测绘项目: 高分辨率立体测图卫星深化论证与关键技术研究 (编号: 14699990624201)

作者简介: 翟亮 (1980-), 男, 河南安阳市人, 博士生, 主要从事时空数据挖掘、卫星遥感等研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

## 动态数据库模型的研究与应用

田娇娇<sup>①</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 杨平<sup>②③</sup>, 汪汇兵<sup>②</sup>, 翟亮<sup>②③</sup>

(<sup>①</sup>中国地质大学, 地球科学与资源学院, 北京 100083

<sup>②</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039 <sup>③</sup>武汉大学, 资源与环境科学学院, 武汉 430079)

**【摘要】** 现有的时空数据库模型不能完全满足国家基础地理信息动态数据库的要求。本文分析总结了常用的空间数据库模型的结构和功能, 提出了动态“版本-差量”模型, 并利用此模型对国家基础地理信息动态数据库进行了建库试验。试验表明该模型可以很好的描述和管理复杂的基础地理信息数据, 方便的查询任意时刻的空间信息及其空间关系。

**【关键词】** 动态数据库; 动态“版本-差量”模型; 时空数据库模型

**【中图分类号】** P208

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1009-2307(2006)01-0123-03

### 1 前言

随着航空摄影、卫星遥感技术的发展, 可以获取的基础地理信息数据越来越多, 这些数据不仅具有空间分布特性, 而且具有很强的时态特性。即一方面要准确记录地理信息的属性特征, 另一方面还要反映地理要素的现势性和变化特征。传统的关系数据库或空间数据库, 虽然能够描述某个时刻的自然地理状况, 数据更新速度也很快, 但是在研究海岸带变迁、水域变化、植被覆盖变化、荒漠化、城镇居民地变迁等自然地理环境的变化时就会面临众多困难。如: 随着数据的更新许多历史数据被现势数据代替而无法保存; 许多过程数据被忽略, 不能很好的反映真实状况等。

动态数据库是存贮有时间、空间以及相关属性等信息的数据库系统。动态数据库中的地理数据联系紧密且体积海量, 时间变量把数据库中的数据有机地联系起来。动态数据库功能的完善对数据库模型提出了更高的要求。动态数据库模型不仅要能有效地表达、记录和管理现实世界的地理实体及其相互关系随时间不断发生的变化, 而且要能反映现实世界中空间实体及其相互间的动态联系, 为时空数据组织和时空数据库模式设计提供基本的概念和方法。因此, 动态数据库模型的提出和研究具有重要的现实意义。

### 2 时空数据库模型

目前, 规范化的时空数据库模型尚处于探索阶段, 以 Max J. Egenhofer<sup>[1]</sup>、Donna Pequet<sup>[2]</sup>、Michael F. Woboy<sup>[3]</sup>、Geoffrey Edwards<sup>[4]</sup>、Yvan Bédard<sup>[5]</sup>为代表的学者们从概念、理论、结构、实现技术等方面对时空数据库模型进行了广泛的研究。纵观时空数据库模型, 可以归纳为以下几种类型:

#### 1) 时空立方体模型 (The space-time cube)

时间立方体模型最早是由 Hagerstrand 于 1970 年提出, 后来 Rucker Szego 等进一步对其进行了探讨<sup>[7]</sup>。时间立方体模型用二维坐标轴来表示现实世界的平面空间, 用一维的时间轴来表示平面位置沿时间的变化, 组成一个三维的立方体。该模型的优点是对时间语义的表达非常直观, 缺点是随着数据量的增加, 对立方体的操作会变得越来越复杂, 以至于最终变得无法处理。

#### 2) 快照序列模型 (Sequent snapshots)

连续快照是 GIS 中实现时态维最简单的方法。在一定的时间间隔或特定的时刻, 所有的数据 (包括空间数据和属性数据) 都作为新的一层存储到数据库中。在快照序列模型中, 每一个层次是同一内容在某个时间点上所有单元的集合, 显示了某个地理分布在不同时间的状态。该模型的缺点是在层次之间没有明确的时态关系, 并且由于需要保存大量没有发生任何变化的时间和空间属性, 从而引起大量的数据冗余, 浪费存储空间。

#### 3) 基态修正模型 (Base state with amendments)

也称之为底图叠加模型 (Base map with overlap)。其基本思想是先确定出地理现象的初始状态, 即基态, 然后按一定的时间间隔记录发生变化的区域。通过对每次变化内容的叠加, 即可得到每次变化的状态 (快照)。图 1 为现已提出的基态模型的几种基态修正的方法。它直接记录和维护单个空间目标及拓扑信息的变化, 不存储每个状态的全部信息。该模型的优点是可以显著地减少时空数据负担, 大大地节约计算机的存储空间, 并且方法简单, 容易实现<sup>[8]</sup>。该模型的缺点是只适用于存储变化频率相对较小的空间地物的动态数据库, 并且存储的是相对于基态的变化量, 那么在获取“非起始”状态数据时需要进行叠加操作, 这对于栅格模型比较适合, 而对于矢量模型效率则比较低<sup>[9]</sup>。

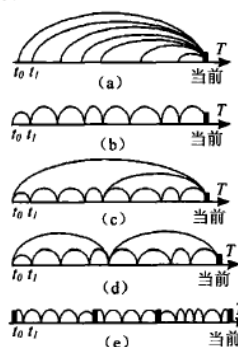


图 1 基态修正模型的五种基态修正方式<sup>[10]</sup>

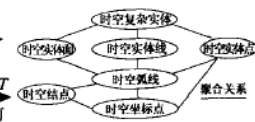


图 2 时空对象模型<sup>[11]</sup>

收稿日期: 2005-10-01

基金项目: 国家基础测绘项目 (1460130524207)

# 国家基础地理信息 1: 5 万数据库内容完善的需求调查

翟亮<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②③</sup>, 吴岗<sup>④</sup>, 李霖<sup>①</sup>

(<sup>①</sup>武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079; <sup>②</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039;

<sup>③</sup>北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871; <sup>④</sup>国家测绘局, 北京 100830)

**【摘要】**通过对国内外基础地理信息的发展进行探讨, 在深入研究我国现有 1: 5 万地形要素的内容和属性信息的基础上, 设计调查问卷, 其内容涉及国家基础地理信息在各专业部门/行业的用途、使用目的、数据精度和数据更新周期以及 1: 5 万数据库的要素内容、属性信息等, 采用小组座谈、网络等形式进行了用户需求调查。

**【关键词】**国家基础地理信息; 1: 5 万数据库; 完善; 需求调查

**【中图分类号】**P208

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2005)03-0109-03

## 1 引言

20 世纪 80 年代后期, 发展多尺度基础地理信息数据库成为国家的重要战略决策。其中, 国家基础地理信息 1: 5 万数据库是我国继 1998 年完成 1: 25 万数据库建设后又一重大的地理信息系统建设工程, 它包括: 数字栅格地图数据库、数字高程模型数据库、数字正射影像数据库、核心地形要素数据库、地名数据库、土地覆盖数据库、控制点数据库、元数据库等。

本文主要围绕国家基础地理信息 1: 5 万数据库内容的完善, 将首先从总体上回顾一下国内外基础地理信息的发展, 主要以美国和英国为例, 探讨其有益的经验, 并对我国基础地理信息内容的调研进行探讨和分析, 制定了基础地理信息内容的调查表, 并进行了实际调研。

## 2 国内外基础地理信息的发展

基础地理信息的内容是各国在空间数据基础设施(NSDI)建设时的一项重要议题。美国对于各种各样的数据集(库)价值的讨论一直持续不断, 并由此出台了一系列数据内容和要素优先级的选取标准。为了寻找适合 NSDI 的核心数据, 美国地理信息委员会(National States Geographic Information Council, 简称 NSGIC)和美国联邦地理数据委员会(Federal Geographic Data Committee, 简称 FGDC)在上个世纪九十年代末联合进行了一次全美基础地理信息调查。调查结果表明, 基础地理信息内容包括: 空间定位参考、正射影像、高程、交通、水系、管辖区和地籍信息<sup>[1]</sup>。通过对调查结果进行分析, 尽可能地反映出美国 GIS 用户对基础地理信息的需求。

在英国也已经获得了范围广泛的地理空间数据, 其数据质量要高于一般的国家。英国政府大约有 500 多个地理空间数据集(库), 但是, 这么多丰富的资源分布全国各地不同的系统中, 经常缺少文档记载, 用户了解很少。为了解决这个问题, 英国政府采取了一些措施以促进数据共享, 并为前期的 NSDI 做准备。1995 年, 英国军械测量局(Ordnance Survey)开展了全国范围的咨询活动, 以调查公众对于国家地形图数据库(National Topographic Database,

简称 NTD)当前乃至将来的需要。这项咨询活动主要针对 168 个关键团体和个人, 包括政府部门、地方当局、公共事业部门、军方、通信部门、软件供应商、学术和相关的教育机构、娱乐产业、立法部门等。这次咨询活动的结果于 1996 年 6 月公布。接着, 他们确定了国家地形图数据库(National Topographic Database, 简称 NTD)的内容<sup>[2]</sup>。

在中国, 同样也存在许多不同的数据集(库), 例如, 我国测绘行业自上个世纪九十年代以来, 通过应用卫星定位系统、遥感、地理信息系统和网络等技术为主体的数字化测绘技术, 建成了全国 1: 25 万地形数据库、全国 1: 25 万地名数据库、全国 1: 25 万数字高程模型、全国 1: 100 万地形数据库、全国 1: 100 万地名数据库、全国 1: 100 万数字高程模型库、全国 1: 400 万地形数据库、全国 1: 400 万重力数据库、部分地区 1: 5 万 4D 产品系列、全国七大江河 1: 1 万 4D 产品系列等等, 这些基础地理信息系统数据库已经在国民经济建设中发挥了巨大的作用, 并且结合各省、自治区、直辖市正在或即将开始建设的省级 1: 1 万数据库, 共同构成“数字中国”地理空间基础框架的公共基础空间数据平台<sup>[3,4]</sup>。

然而, 随着国民经济建设和社会发展以及国家信息化的迅速发展, 广大地理信息用户对基础地理信息提出了许多新的、更高的要求, 这些需求很多涉及到国家基础地理信息数据库完善的问题, 例如, 国家基础地理信息数据库中应该包括哪些地理要素的内容才能够最大限度地满足地理信息用户的需求?

因此, 需要对不同专业领域和部门进行调研, 了解国家基础地理信息在各专业部门/行业的用途和使用目的等信息, 明确地理信息用户对于国家基础地理信息数据库的要素内容、属性信息等的需求。本次调查以国家基础地理信息 1: 5 万核心地形要素数据库的内容需求为核心, 这也是国家基础地理信息数据库完善的有机组成部分, 并且通过对 1: 5 万核心地形要素数据库内容的研究可以为其他尺度的基础地理信息数据库(如 1: 25 万数据库)内容的完善提供借鉴。

## 3 问卷调查的一般性问题

调查研究是一门科学, 是马克思主义认识论在实际工作

收稿日期: 2004-09-01

基金项目: 国家基础测绘项目“国家基础地理信息系统的整合、完善与更新”, 项目编号: 1469990324221

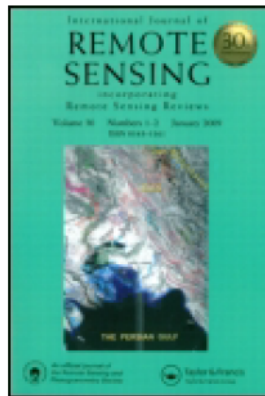
© 1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

This article was downloaded by: [Deakin University Library]

On: 12 April 2012, At: 17:45

Publisher: Taylor & Francis

Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



## International Journal of Remote Sensing

Publication details, including instructions for authors and subscription information:

<http://www.tandfonline.com/loi/tres20>

### Reasoning about changes of land covers with fuzzy settings

X. M. Tang<sup>a b</sup>, W. Kainz<sup>c</sup> & Y. Fang<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, Beijing, 100871, China

<sup>b</sup> Key Laboratory of Geo-informatics of State Bureau of Surveying and Mapping, Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing, 100039, China

<sup>c</sup> Cartography and Geo-information, Department of Geography and Regional Research, University of Vienna, Universitätsstraße 7, A-1010 Vienna, Austria

Available online: 22 Feb 2007

To cite this article: X. M. Tang, W. Kainz & Y. Fang (2005): Reasoning about changes of land covers with fuzzy settings, International Journal of Remote Sensing, 26:14, 3025-3046

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/01431160500057863>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Full terms and conditions of use: <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden.

The publisher does not give any warranty express or implied or make any representation that the contents will be complete or accurate or up to date. The accuracy of any instructions, formulae, and drug doses should be independently verified with primary sources. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand, or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

1：5万数据库内容需求调查结果的 分析

翟 亮<sup>1,2</sup> 唐新明<sup>3</sup> 王中元<sup>1,2</sup> 吴 岚<sup>4</sup>

(1 武汉大学资源与环境科学学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)  
(2 武汉大学教育部地理信息系统重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)  
(3 中国测绘科学研究院,北京市海淀区北太平路 16 号,100039)  
(4 国家测绘局,北京市海淀区三里河路 9 号,100830)

**摘 要:**围绕国家基础地理信息 1：5 万核心地形要素数据库内容的完善,对不同专业领域和部门,通过问卷进行调研,了解地理信息用户对于国家基础地理信息的要素内容、属性信息等的需求。针对反馈结果,进行了统计分析,并提出了 3 种不同的数据库内容完善方案。方案的最终确定还需要采取空间分析的手段进行修正,使之可以作为数据库内容完善的参考。  
**关键词:**核心地形要素数据库;完善;聚类分析;K-均值聚类  
**中图法分类号:**P208

1 地理信息用户的问卷调查结果分析

问卷是获取用户信息的一种工具,本次调查采取问卷的方式。设计者必须明白如何对所有可能的回答结果进行处理和分析<sup>[1]</sup>。  
本次调查的目标是全面了解国家基础地理信息在各部门/行业的应用情况,明确地理信息用户对 1：5 万核心地形要素数据库的要素内容、属性信息、数据精度和现势性等的需求情况。问卷的设计以国家 1：5 万地形图图式为依据,主要针对某些地理要素进行提问,对于一些已经达成共识的问题,如某些地理要素的分类和具有重要意义的地理要素将不再征求意见。

1.1 被调查者对国家基础地理信息应用的基本情况

本次调查采取小组座谈和网站(页)问卷调查两种方式<sup>[2,3]</sup>,自 2004 年 8 月 1 日开始至 2004 年 10 月 1 日结束,收到反馈问卷 295 份,其中有效问卷 274 份,问卷有效率为 93%。  
调查发现,75%左右的被调查者使用数字化的地理数据,表 1、表 2 分别是基础地理信息数据的使用目的和对于基础地理信息比例尺的需求情况的统计。对于数据的现势性问题,70%左右的被调查者认为,重要的、常用的要素每半年至 2 年更新一次,不太重要、不常用的要素每 2 年至 5 年更新一次。

表 1 基础地理信息数据在各单位的使用目的

Tab.1 Purpose of Application of Geographic Data to Every Organization						
	使用目的					
	生产地形图	建立基础地理信息数据库	制作专题地图	建立空间数据库	本部门的数据分析	其他
人数/个	56	88	174	108	132	32
百分比/%	20.4	32.1	63.5	39.4	44.9	11.7

表 2 比例尺的需求情况

Tab.2 Requirements of Data Scale							
比例尺	1：100 万	1：50 万	1：25 万	1：10 万	1：5 万	1：2.5 万	1：1 万
人数/个	63	48	110	117	197	33	122
百分比/%	23.0	17.5	40.1	42.7	71.9	12.0	44.7

收稿日期:2005-02-09。  
项目来源:国家基础测绘研究基金资助项目(1469990324221)。



## 关于我国国家基础地理信息系统数据库按内容分级的探讨 ——以 1:5 万数据库为例

王中元<sup>①②</sup>, 唐新明<sup>②</sup>, 翟亮<sup>①②</sup>, 高小明<sup>①②</sup>

(<sup>①</sup>武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079 <sup>②</sup>中国测绘科学研究院, 北京 100039)

**【摘要】**在诸多地理信息系统中, 基础地理信息系统是各类地理信息系统用户的统一空间载体, 面向全社会和各专业部门, 因而国家基础地理信息系统数据库的产品需求既是最广泛的, 也是最复杂的。本文针对社会上不同行业、部门对国家基础地理信息系统数据库产品的不同需求程度, 以 1:5 万数据库为例, 采用调查、统计分析和空间分析的方法, 把国家基础地理信息系统数据库按内容创造性地分为三个等级, 并得出“国家基础地理信息 1:5 万数据库内容等级划分方案”, 为下一步三级数据库产品生产提供了参考。

**【关键词】**国家基础地理信息系统; NFGIS 数据库; 分级; 聚类分析

**【中图分类号】**P208

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307 (2005) 06-0082-03

### 1 引言

本文针对社会上不同用户对于 NFGIS 的不同使用情况, 结合国家基础测绘项目“国家基础地理信息系统的整合、完善与更新”, 通过对全社会进行全面细致的用户调查, 并对调查结果进行统计分析, 结合空间分析, 提出了建立一个能够满足不同级别用户需求的多等级的 NFGIS 数据库体系的思想, 同时结合本次实际调查在最后给出了分级的结果。

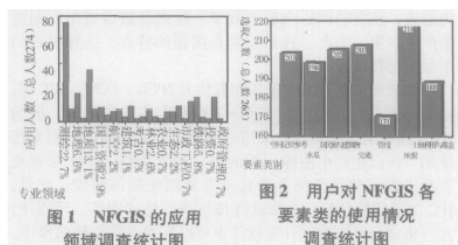
### 2 用户调查及调查结果统计<sup>[12]</sup>

本次调查选择了 NFGIS 中最为重要和最为常用的 1:5 万数据库作为典型代表, 一方面对 NFGIS 用户的基本信息做了详细的调查和统计; 另一方面将 NFGIS 数据库中的地理要素和属性按照“空间定位参考、水系、居民地与建筑物、交通、管线、境界、地貌以及土地利用与覆盖”的八大类划分方法, 筛选其中 108 个用户需求情况不太明确的地理要素, 以问卷的形式调查用户对这些要素的应用情况——应用则为“选取”, 不应用则为“舍弃”。实施过程中, 从发出的 295 份问卷中筛选了其中的 274 份定为有效问卷, 对问卷内容进行了详细的汇总统计。

图 1 中横轴为我国 NFGIS 的主要应用领域, 纵轴表示用户对 NFGIS 在各领域的应用比例情况。从图上我们可以看出, NFGIS 几乎已经应用到所有相关的空间信息领域, 包括诸如测绘、地质、地理、国土资源、能源、交通、水利、电力、信息工程、农业、林业、城市规划与建设、生态、海洋、航空、地震、通讯、气象等等, 因此从侧面可以看出 NFGIS 在社会上的应用已非常广泛, 而且在社会不同领域的应用比例相差很大, 因此有必要对其数据库的内容进行调查, 以进一步完善 NFGIS 体系, 更好的服务于社会。

图 2 中横轴表示 NFGIS 中不同的要素类, 纵轴表示使用各要素类的用户个数, 从图中我们可以看出不同的用户对 NFGIS 数据库中各要素类的使用各不相同, 有些甚至差别很大;

图 3 中横轴表示 NFGIS 中选自本次调查的七个要素类, 各个红色小矩形表示 108 个要素, 纵坐标表示用户对各要素的选取比例。由图中我们可以看出用户对 NFGIS 数据库内容中不同的要素需求程度相差很大。



以上可以看出, 当务之急有必要制定一个满足不同用户需求的多等级 NFGIS 数据库体系, 以适应当今地理信息技术和社会发展的需要。

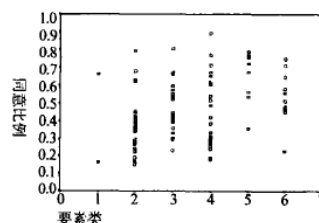


图 3 用户对 NFGIS 中 108 个要素的使用情况调查统计图

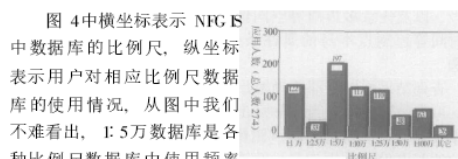


图 4 中横坐标表示 NFGIS 中数据库的比例尺, 纵坐标表示用户对相应比例尺数据库的使用情况, 从图中我们不难看出, 1:5 万数据库是各种比例尺数据库中使用频率最高、使用量最大的一种数据库。从而, 这一统计结果说明了我们选取 1:5 万比例尺数据库作为我国 NFGIS 数据库的代表是真实可靠的。

收稿日期: 2005-01-20

基金项目: 国家基础测绘项目“国家基础地理信息系统的整合、完善与更新”(1469990324221)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

# 地学影像——大陆间的纽带

——记第二十届 ISPRS 大会

张继贤<sup>1</sup>, 唐新明, 曾钰, 商瑶玲, 李成名, 赵仁亮, 燕琴, 李晓霞,

周晓光, 李学友, 李英成, 汪汇兵, 史绍雨

2004 年 7 月 12 日至 23 日, 国际摄影测量与遥感学会(以下简称 ISPRS)第 20 届大会在土耳其伊斯坦布尔会展中心举行。ISPRS 下设七个专业委员会。大会包括组织委员会会议、技术会议和展览会等。其中技术会议包括全体会议、技术会议、专题会议、论文展示会、特别会议和青年论坛等。

## 1 前言

此次约 120 个国家和地区的 2448 名代表出席了大会。大会共收到论文 1718 篇,其中包括 9 篇大会报告,567 篇口头报告,1151 篇张贴论文。本次大会主题为“地学影像——大陆间的纽带”(GEO-IMAGERY BRIDGING CONTINENTS),强调地学影像的获取、处理与应用在社会发展中所发挥的作用。会议涵盖了摄影测量、遥感和空间信息科学的最新发展,主要内容包括微/小卫星的发展;数字航空摄影技术;航空影像直接空间定位技术;传感器的辐射校准和几何校准技术;高分辨率影像获取和自动制图;运用激光扫描生成 DTM 和地形提取;地理空间基础框架的建立;基于 Web 的地图制图、GIS 和可视化、3D GIS 技术以及遥感技术用于水资源、海洋、农业和林业的可持续发展等。

## 2 全体会议

本次大会共举行了三次全体技术会议。

瑞士 ETH 的 Armin Gruen 教授作了题为“从 2.5 维制图到 3D 建模,摄影测量——一门技术的时代已经到来”的演讲报告,阐述了摄影测量中 3D 建模的有关理论与技术,它不同于普通的三维立体建模,而是在基于影像的基础上,建立具有真实再现现实景观的、可满足测量、分析、管理等不同需求变化的三维可视图像。

美国 ESRI 公司总裁 Jack Dangermond 博士在他的题为“地学知识及其对地学专家的启示”的演讲报告中阐述了地理信息系统(GIS)的概念、应用和技术,尤其强调地理信息的重要性。他提到,人口、消费、土地利用等因素导致自然环境和生物多样性退化的问题日趋严重,这些改变使得我们有必要将世界作为一个系统来进行呈现、认知和管理,因此地理信息尤为重要,它是实现这个目标的关键和源泉。

荷兰 ITC 国际地理信息科学与地球观测学院院长 Martin Molenaar 教授从 ITC 的角度出发阐述了应提升地理信息产业的服务能力。他首先指出在以下两个方面需要提升这

种能力:需要产生相关的经济、实时和可靠的地理信息(涉及到技术、信息流和规章制度)的领域;地理信息科学和对地观测发挥积极作用的领域(如过程重建、仿真研究等)。

英国 Surrey 大学的 Martin Sweeting 教授作了题为“能快速再次对地观测的小卫星群”的报告。他引述了小卫星的基本特性和小卫星技术的新近发展,并且分析了当前对地观测卫星与小卫星的区别,介绍了小卫星对地观测数据的广泛应用领域,如洪水监测、火灾监测、火源探测、农作物监测等。

Gerd Hirzinger 教授(德国, German Aerospace Center, DLR)演讲的题目是“从机器人视觉到多传感器 3D 世界建模”,他从医学机器人应用、虚拟旅游(以火星虚拟旅游为例)等运用机器人激光扫描技术的影像真实 3D 建模技术,并以乌克兰部分地区的全景制图为例予以说明。

Peter Woodsford(英国, EuroSDR)在演讲中指出随着对空间数据和交互式 Web 服务的需求增长,数字鸿沟正在不断拉大。他因此呼吁组建更多更强大的计算平台用来解决计算机可读性语义、活动智能体技术和 Web 语义服务问题。

Ghassen Asrar 博士(美国, NASA)让与会者领略了 NASA(美国国家航空航天局)的工作,他向与会者展示了一个融合对地观测和地球科学模型的集成系统,现在可用于预测自然和生态事件,如:火灾探测与监控、自然生态灾难的预测、地表温度和气候预报以及水资源管理等。

康奈尔大学的 Steve Squyres 博士作了关于火星探测的论文演讲,他向大会展示了美国国家航空航天局“火星探险漫游者”计划所获得的高质量火星地表影像,这些影像呈现出不同的岩石和矿产类型。“火星探险漫游者”运用 NAV-CAM(导航照相机)定位探险机器人的实时轨道。

德国柏林自由大学的 Gerhard Neukum 教授的论文也是关于火星探测,他带来了欧洲航天局“火星快车”高分辨率立体摄像试验所取得的初步成果。“火星快车”探测器所负载的仪器设备目前已在火星停留六个月,携有主要由三个地表和地表下仪器组成的高分辨率立体摄像仪(HRSC),专门用来编制高分辨率火星地表三维地图和某些地区地图;可见光和红外线波段编制矿物学地图的分光计(OMEGA),专门用来研究火星土壤的矿物质成分;地表下探测雷达/高度计(MARSIS),专门用于火星地表探测、测定地表下土壤成分和研究电离层;紫外线和红外线大气分光计(SPICAM),专门用来研究火星大气成分。

<sup>1</sup> 本材料由下列人员提供,唐新明(总体)、曾钰(一委)、商瑶玲(二委)、李成名(三委)、赵仁亮(四委)、燕琴 李晓霞(五委)、周晓光 李学友(六委) 李英成(七委),排名不分先后。

## 空间信息网络的若干问题分析

翟亮<sup>1,2</sup>, 唐新明<sup>2,3</sup>, 李霖<sup>1</sup>, 杨平<sup>1,2</sup>

(1 武汉大学 资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079 2 中国测绘科学研究院 地理空间信息工程国家测绘局  
重点实验室, 北京 100039 3 北京大学 遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

**摘要:** 网格的出现为当代的空间信息科学带来了发展机遇, 也对空间信息科学提出了新的挑战。将网格技术引入到空间信息的处理和应用中来, 成为测绘工作者必须面对的重要课题和任务。本文系统分析了空间信息网格的概念、开展空间信息网格研究的必要性以及空间信息网格的特性, 同时提出了面向服务的空间信息网格体系模型。

**关键词:** 网格; 空间信息网格; 空间信息服务

**中图分类号:** P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-5867(2005)06-0001-04

## Some Problems' Analysis of Spatial Information Grid

ZHAILiang<sup>1,2</sup>, TANG Xinming<sup>2,3</sup>, LILin<sup>1</sup>, YANG Ping<sup>1,2</sup>

(1 School of Resource and Environment Science Wuhan University, Wuhan 430079, China 2 Chinese Academy of Surveying  
and Mapping Beijing 100039 China 3 Institute of Remote Sensing and Geographic Information Systems,  
Peking University Beijing 100871, China)

**Abstract** The emergence of grid has brought many chances to spatial information science as well as new challenges. It is a big problem for surveying and mapping researchers to incorporate grid technology into spatial information processing and application. The paper analyzes the concepts, necessities and characters of spatial information grid and proposes a service-oriented spatial information grid system model.

**Key words** Grid; Spatial Information Grid; Spatial Information Service

### 0 引言

网格概念最早于 20 世纪 90 年代中期提出, 用于表述在高端科学和工程上分布式计算的一种基础设施。到现在为止, 网格技术的研究取得了很大的成就。但网格概念本身却被混淆了, 至少大多数人认为它是包含从高性能网络到人工智能 (Artificial Intelligence) 的一切事物<sup>[1]</sup>。目前, 普遍认为, 网格是第三代 Internet 是一种分布并行的资源系统, 它将高速互联网、高性能计算机、大型数据库、传感器、远程设备等融为一体, 采用标准、开放、通用协议和界面, 让人们透明地使用通信、计算和存储等资源, 为人类提供更多的功能和服务、功能和交互性<sup>[1-3]</sup>。网格技术不仅为当今的科学家、工程师和企业等提供了一个强有力的工具, 如粒子物理领域海量数据的处理、医学影像处理、地球观测、气象地震预报预测等, 而且将为普通百姓的生活带来深刻变化, 如个性化服务 (personal ava-

tar)、在虚拟教室里进行培训和教育、远程医疗、远程访问图书馆或博物馆等<sup>[4-5]</sup>。

### 1 空间信息网格

网格的出现, 为当代空间信息科学带来了发展的机遇, 也对空间信息科学提出了新的挑战。将网格技术引入到空间信息的处理和应用中来, 成为测绘工作者必须面对的重要课题和任务。空间信息技术所处理的空间数据不同于一般的文档数据。空间数据的空间特征、空间关系特征和非结构化特征使得空间数据的管理和检索有别于一般的文档数据。空间数据的时态特性, 以及空间数据的多源异构特性即数据内容、数据模型和数据格式的差异, 更加大了空间数据处理的难度<sup>[6]</sup>。

#### 1.1 基本概念

在网格技术环境下, 研究空间数据的获取、存储、显示、编辑、处理、分析、输出、分发以及共享等问题具有重大

收稿日期: 2005-08-15

基金项目: 国家基础测绘项目和地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金项目资助 (1469990424233)

作者简介: 翟亮 (1980-), 男, 河南安阳人, 博士生, 主要从事基础地理信息系统、时空数据库、数据挖掘等方面的研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

# 全国七大江河流域重点防范区 1:1 万数字高程模型(DEM)数据库的建立

唐新明, 李 莉, 季小燕, 王东华, 商瑶玲, 刘建军, 宋鸿运, 李力勤, 廖安平, 翟 勇, 严荣华  
(国家基础地理信息中心, 北京 100044)

## Establishment of 1:10 000 Scale DEM Data Base for Priority Flood Control Areas of China Seven Great River Valleys

TANG Xin-ming, LI Li, JI Xiao-yan, WANG Dong-hua, SHANG Yao-ling,  
LIU Jian-jun, SONG Hong-yun, LI Li-meng, LIAO An-ping, ZHAI Yong, YAN Rong-hua

**摘要:** 全国七大江河流域重点防范区 1:1 万数字高程模型数据库建库是一项海量数据库建库工程。如何建立图幅达上万幅、数据量几十个 GB 的空间数据库是建库的核心问题。总结 1:1 万 DEM 数据库的建库经验, 提出在建库之前必须进行充分有效的大规模的建库试验。在数据库结构和管理系统的建立时必须牢固树立以应用为核心。在数据质量控制问题上, 应采用以计算机自动和辅助检查为主, 以图面检查为辅的原则。

**关键词:** 数字高程模型; DEM; 数据库

### 一、简介

我国是一个灾害频繁发生的国家, 洪水的危害尤其巨大。由于自然环境的变化和一些人为因素, 近年来洪水发生的频率, 特别是特大洪水发生的周期缩短, 危害程度日益严重。如何防治水灾, 在洪水到来之际有效地进行抵御, 把洪水造成的损失缩小到最小限度是防洪减灾的基本任务。建立全国七大江河流域重点防范区 1:1 万数字高程模型数据库, 其主要目标就是要为这些防范区提供高精度的数字高程模型, 为防洪减灾提供数字形式的测绘信息产品。为此, 国家测绘局在 1998 年对七大江河流域重点防范区进行了数字高程模型的规模化生产, 并建立了全国七大江河流域重点防范区 1:1 万数字高程模型数据库。

### 二、建立 1:1 万数字高程模型数据库的核心问题

#### 1. 资料特点

全国七大江河重点防范区包括松花江、辽河、海河、黄河、淮河、长江和珠江流域共 7 个流域。区内大部分为平原和丘陵, 山地较少, 只有珠江上游地区等地山地分布较多。涉及 14 幅 1:100 万地形图, 9 个 3°带。地跨 17 个省、自治区和直辖市(广东、广西、

上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、河南、陕西、河北、山东、天津、辽宁、吉林、黑龙江)。共包括 1:1 万地形图 13 781 幅, 总面积约 34 万平方公里。7 个流域的重点防范区成块状或条状分布, 流域之间没有联系, 有些流域的重点防范区还有若干子块。

区内原始资料大多来自地形图, 部分来自影像地形图, 部分区域采用数字摄影测量方法利用航片直接生成。其中地形图和影像图大多是 20 世纪 80 年代和 90 年代成图, 部分为 70 年代地图, 少量是 60 年代地形图。地形图和影像图大多为 1:1 万比例尺, 长江流域个别图幅采用 1:5 000 地形图, 松花江流域部分区域采用 1:5 000 地形图。地形图出版单位众多。等高距主要有 1 m、2.5 m 和 5 m 3 种, 个别为 0.5 m 和 10 m。有些区域(松花江流域 303 幅, 长江流域 4 幅)无 1:1 万地形图, DEM 采用数字摄影测量方法生成。

区内的数据类型较多, 除了 DEM 数据之外, 还有用于生成 DEM 的矢量数据, 地形图及航片扫描数据、元数据以及其他文档资料。矢量数据共分 4 层(高程点和等高线层, 静止水体层、人工要素层和辅助层), 平面坐标系统有 54 和 80 坐标系, 高程系统有 56 和 85 高程系统。地形图扫描数据主要为 TIFF 格式的原始地形图的扫描结果。元数据为文本文件。建立 DEM 的方法主要采用根据不规则三角网

收稿日期: 2002-03-06; 修回日期: 2002-03-19

作者简介: 唐新明(1966-), 男, 江苏如东人, 硕士, 副研究员, 主要从事 GIS 研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

# GIS 支持下的福建省宁化县 土地资源现状详查

唐新明

中国测绘科学研究院

全国土地资源现状详查是国家土地管理局组织开展的规模浩大的一项系统工程。整个工作一般以航空像片及地形图为基础,以区县为单位,经过资料准备、外业测绘、内业制图、面积量算后,通过多级平差、层层汇总和统计,最终得出详查结果。其中土地资源现状详查的内业包括正射投影改正、地图清绘、面积量算、扣除田埂系数、三级平差和汇总统计等五个步骤。目前绝大多数单位采用常规方法进行内业工作,不仅需要耗费大量的人力、物力和财力,而且其结果仅仅是统计数据,缺乏图形要素。如何克服常规方法的缺点,提高内业的工作效率,解决图形和统计数据的一致性,更好地为土地管理服务,一直是土地资源现状详查中的瓶颈。为此,国家土地管理局提出采用新技术新方法加快这一工作的设想,并组织有关科研单位和大专院校进行研究。福建省宁化县土地资源现状详查的内业工作就是在此背景下开展的。中国测绘科学研究院采用 GIS 方法完成了宁化县的土地资源现状详查的内业工作。

本文从土地资源现状详查的目标和设计入手,介绍了 GIS 系统的配置、数据库的建立、质量控制和技术特点,探讨了基于 GIS 的土地资源现状详查的方法,并与常规方法进行了分析和比较。

## 一、目标和任务

面对土地资源现状详查中,内业工作量巨大的矛盾,我们提出采用 GIS 技术进行详查内业的设想,并开发了土地利用管理与分析信息系统—LAMS 软件。在此基础上,承担了福建

省宁化县土地资源现状详查的内业工作,做了 GIS 技术与生产相结合的尝试。

宁化县位于福建省的西部。东北、东南分别和建宁县、清流县、明溪县接壤,南边和长汀县相邻,西接江西省石城县,总面积约 2500km<sup>2</sup>,涉及 1:1 万地形图 118 幅。整个详查内业的目标是:一方面,完成宁化县的土地资源现状详查的内业工作。另一方面,研究 GIS 技术进行详查的方法和原理,建立宁化县土地资源信息系统,提高土地资源现状详查的应用水平。根据这一设想,其主要任务是:

1. 根据宁化县土地资源的特点,进行系统的总体设计,制定合理的技术路线,并研究适合于土地资源现状详查的 GIS 技术规范。
2. 根据系统特点、用户需求和应用,确立 GIS 软硬件配置。
3. 配合土地资源的分析和管理工作,开发必要的软件工具。
4. 在技术路线和规范的指导下,建立宁化县土地资源数据库。
5. 根据土地资源现状详查的任务要求,制作相关的图件和报表。
6. 在数据库的支持下,进行若干应用分析研究。
7. 整个系统的移植和实时运行。

## 二、软硬件环境

宁化县土地资源现状详查内业的硬件平台包括前端运行系统和后端支持系统两大部分。后端支持系统的硬件以 VAX 机为主,配备大幅面高精度的输入输出设备构成;软件以



# ARC/INFO 数据文件内部格式初探

唐新明

(中国测绘科学研究院)

吴岚

(国家测绘局)

## 摘要

本文在 ARC/INFO 数据模型的基础上, 简单介绍了 ARC/INFO 的矢量数据结构, 针对 ARC/INFO 数据文件内部格式不透明的问题, 提出了分析 ARC/INFO 数据文件内部格式的方法, 开发了在 VAX 机上相应的数据转换软件, 并给出了主要数据文件的内部格式, 仅供大家参考。

## 一、前言

ARC/INFO 是美国环境系统研究所(ESRI)在多年从事 GIS 软件开发和应用研究的基础上, 于 80 年代初推出的 GIS 软件。它以模块的形式组成工具箱(TOOL BOX), 用于数字形式空间数据的输入、处理、分析、显示和输出。目前已推出基于工作站/服务器、小型机和微机等多种平台的系列版本。由于它具有强大的矢量及栅格数据的输入、图形及图像编辑、数据库管理、三维立体模型、网络分析、空间查询、叠加和分析功能, 加之方便的编程语言和良好的用户界面, 使用户可进行系统的二次开发和功能扩充, 因此能适应不同对象的 GIS 应用需求。它已在科研、教育、管理和决策等部门得到广泛应用, 其领域涉及土地、林业、农业、石油、煤炭、城市规划、地理、测绘、交通、环境等等。目前国内工作站用户已超过 200 个, 微机用户不计其数。它对我国的 GIS 的理论研究、数据库建设、模型研究等具有广泛而深远的影响。

由于 ARC/INFO 内部数据文件是不透明的, 用户难以了解其内部数据的存贮和组织结构。本文即在此背景下提出的, 在简单介绍 ARC/INFO 的矢量数据模型和数据文件结构之后, 阐述了分析 ARC/INFO 数据文件内部格式的方法, 开发了相应的软件, 并给出了 VAX 机 ARC/INFO V3.2 及 V4.0 版本及微机 ARC/INFO 3.4 版本主要数据文件的内部格

式。用户可在 ARC/INFO 以外, 直接读出 ARC/INFO 中的数据, 根据自己的需要编写有关的应用程序, 并可将结果直接写回。对于 GIS 系统设计来说, 设计者可在分析 ARC/INFO 数据结构利弊的基础上, 为自行开发的系统定义良好高效的内部数据结构。同时, 可直接与 ARC/INFO 进行数据交换。

## 二、ARC/INFO 的矢量数据模型

COVERAGE 是 ARC/INFO 矢量数据的基本存贮单元。在一个 COVERAGE 中, 地图要素是按照简单的点、线和多边形来存贮的。要素的位置信息用 X、Y 坐标表示, 相互关系用拓扑结构表示, 属性信息用二维关系表的形式存贮。在 ARC/INFO 中, 主要的地图要素(如图 1 所示)包括:

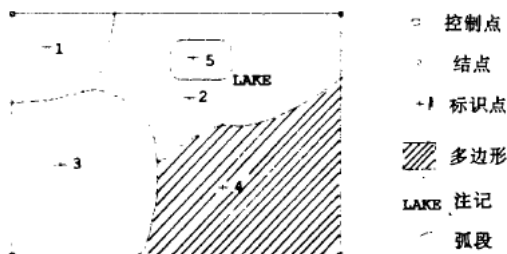


图 1 COVERAGE 中的主要地图要素

1. 弧段(ARC): 表示线性要素、多边形的边界或者两者同时表示。一个线性要素可由许多弧段组成, 每个弧段都有一个用户标识码

# 时空数据库模型 和时间地理信息系统框架

唐新明\*

吴岚

(国家基础地理信息系统中心) (国家测绘局)

**【摘要】**时空数据库和时间地理信息系统是目前国际上GIS领域比较热门的研究方向。本文在时间数据库概念的基础上,介绍了时间数据库和时空数据库几种常用的数据模型,提出了时间地理信息系统中进行时空管理和分析所应有的基本功能框架。

**【关键词】**时空数据库模型 时间地理信息系统框架

## 1 前言

时空数据库是包括时间和空间要素在内的数据库系统。时间数据库在八十年代得到了广泛的研究,取得了众多的成果。Clifford 于1982年最早提出关系型历史数据库模型。此后Gadia(1988)提出支持双时间数据库的查询语言TempSQL。其中最著名是Snodgrass 于1987年设计的时间数据库及查询语言(TQuel)。时空数据库是在空间数据库的基础上增加时间要素而构成的三维(无高度维)或四维数据库。时间维的加入大大丰富了数据库的内容。它一方面增加了数据库管理的复杂性。另一方面,海量的数据为空间和时间分析提供了极其广阔的舞台。时间数据库有下列几个方面的特性:(1)动态性。传统的数据库系统对数据进行静态或准动态的数据库管理。在数据库更新时,过时的数据将从数据库中删除。在时间数据库中,过时的数据不再从数据库中删除,对历史数据也可以进行更新,使系统和现实世界一直保持着全方位的动态交换。(2)全面性。由于数据库是所有数据的集合体,它不象现势数据库,而可以提供任何时刻和时间段的数据,使数据库成为真正意义上的数据库。时间数据库在下列两个方面具有重要意义:a.使数据库成为真正意义上的资源清单。目前的数据库基本上不存储旧的、过时的数据,而时间数据库则包括任何历史数

据,使数据库可以成为任何一个系统和部门的完整的电子信息档案库。b.为动态监测和分析提供了丰富的数据。一方面,它可以为分析提供横向的现势和纵向的历史数据,对历史、当前和将来进行对比、分析、监测和预测预报,从而为预测预报系统、决策支持系统和其他分析系统服务。时空数据库和时间地理信息系统对所有与地理信息有关的领域有广泛的应用前景。特别是对经常性变化的空间信息的管理具有重要的意义。目前,TGIS在地籍、土地利用、房地产、交通、能源等方面有着良好的应用。

时空数据库在80年代末期开始为人们所重视。自Langran和Chrisman于1988年提出时间地理信息系统(Temporal GIS,简称TGIS)的概念以来,TGIS得到了广泛的研究。Worboys(1992)、Peuquet和Wentz(1992)、Claramunt和Theriault(1995)、Raper和Livingstone(1995)、Yuan(1996)等人提出并讨论了时间数据库模型。Al-Taha(1992)、Frank(1994)和Cohn(1991)等人在时间和空间推理方面展开了研究。Raper和Livingstone(1995)、Voigtman(1996)等人设计了时空数据库查询语言。当前,TGIS的研究重点主要在四个方面:(1)时空数据库模型:如何设计并建立一个有效的数据库结构来存储时空数据。(2)时空分析和推理:即如何根据数据库中的大量的时间序列数据和空间数据进行包括时间推理和空间推理在内的数据分

\* 唐新明,男,1996年获ITC硕士学位,长期从事GIS软件和应用研究,现研究方向为时间GIS的理论、模型、时间数据库查询语言及DEM数据库建立等方面。

唐新明\*

吴岚

(国家基础地理信息中心 北京) (国家测绘局 北京)

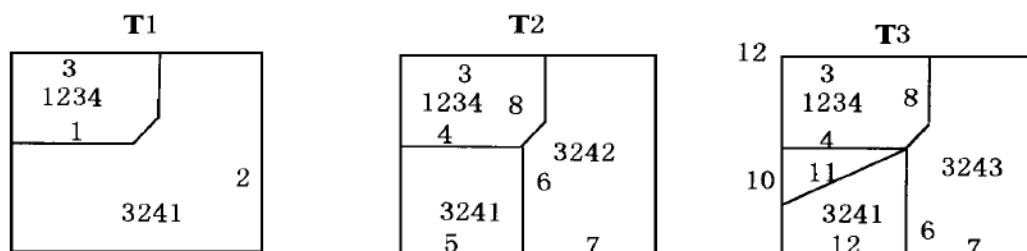
## 5 时空数据库模型

常见的时空数据库模型有两种,即基于矢量的时空数据库模型和基于栅格的时空数据库模型。它们是基于传统的矢量数据模型和栅格数据模型基础上派生的。这两种模型均可处理上述八种变化。在绝大多数模型中,对渐进变化的处理是通过减小时间微粒,把渐进变化分解为许多个突然变化来处理的。

## 5.1 矢量型时空数据库模型

矢量型时空数据库模型是建立在矢量数据模型的基础上的。代表性的模型有 STC(Langran and Chris-

man 1988) 和 STO(Worboys<sup>[35,36]</sup>)。STC-Space-Time Composite,认为在空间上和时间上相同的内容为一个 STC,所有属性的变化都用离散时间记录。它可以对象在空间(及属性)的最大相同部分中表示时间性,但不能表示物体的空间变化如运动。STO-Spatial-temporal Object 认为世界是由一个时空原子(Spatial-temporal Atom)所组成,时空原子为时间空间和属性相同的均质实体。在该模型中时间维是与空间维(在此模型中为二维)垂直的,它可表示实体在空间和属性上的变化。但没有涉及对渐变实体的表示。



STC 模型:

实体: 1234: (arc) T1 3, 8, 4

3241: (arc) T1 8, 7, 12, 10, 4 / T2 4, 6, 12, 10 / T3 6, 12, 11

3242: (arc)

3243: (arc)

/T3 3, 8, 11, 10

/T2 6, 7, 8 / T3 Null

/T3: 6, 7, 8

STO 模型:

实体: 1234: (arc) T1 1, 3

/ T3 3, 8, 12

3241: (arc) T1 1, 2 / T2 6, 5, 4 / T3 6, 12, 11

3242: (arc)

/ T2 8, 7, 6

/ T3 Null

3243:

/T3 8, 7, 6

图7 STC和STC模型示例

\* 唐新明,男,1996年获ITC硕士学位,长期从事GIS软件和应用研究,现研究方向为时间GIS的理论、模型、时间数据库查询语言及DEM数据库建立等方面。

# 基于等高线和高程点建立 DEM 的精度评价方法探讨

唐新明\* 林宗坚 吴岚

(中国测绘科学研究院 100039) (国家测绘局 100083)

**【摘要】**本文回顾了基于等高线和高程点建立 DEM 常用的几种方法。提出了对 DEM 进行精度评价时需要注意的几个方面,及基于点、线和面的 DEM 的精度评价方法。

**【关键词】**DEM 精度分析 精度评价

**【中图分类号】**P208 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-3177(1999)55-0007-04

## 1 前言

建立 DEM 的方法有多种。从数据源及采集方式讲有:<sup>[1]</sup> 直接从地面测量。例如用 GPS、全站仪、野外测量等。<sup>[4]</sup> 根据航空或航天影像,通过摄影测量途径获取。例如,立体坐标仪观测及空三加密法,解析测图仪采集法、数字摄影测量自动化方法等等。<sup>[4]</sup> 从现有地形图上采集,例如格网读点法、数字化仪手扶跟踪及扫描仪半自动采集法等。由于第一种方法需到实地量测大量的高程,基本上只用于内插 DEM 的检测和其他用途。目前,第二和第三种方法在测绘生产上经常采用,其中航测内业法主要用于大中比例尺较小间距的高精度 DEM 制作,第三种方法可应用于基于各种比例尺地形图,特别是中小比例尺地形图(比例尺 1:50,000 或更小)的 DEM 的制作。

当前国家基础地理信息系统的建设正在全国范围内蓬勃开展,全国 1:25 万地形数据库已接近尾声,1:5 万、1:1 万地形数据库已进行了总体设计,基于这些地形图的多种格网间距的 DEM 的建立也已启动。如何确定根据地形图建立的 DEM 的精度,如何评价这些 DEM 的精度等等问题,是由地形图数字化建立 DEM 需要切实考虑的问题。其核心是对生成 DEM 时的各种误差的准确评价和分析。本文提出了对 DEM 进行精度评价时需要注意的几个方面,并提出了基于点、线和面的 DEM 的精度评价方法。

## 2 主要高程内插算法回顾

高程内插算法主要有:分块内插、剖分内插和单点

移面三种(柯正谊等,1993)。分块内插是把需要建立数字高程模型的地区切割成一定尺寸的规则分块(通常为正方形)。它的尺寸大小则根据地貌复杂程度和数据源的比例尺选定,在每一分块上展铺一张数学面,相邻分块之间要求有适当宽度的重叠带,以保证数学面能够比较平滑地与它相邻分块的数学面的拼接。剖分内插则是用通常不规则的平面格网完全覆盖数字高程模型的水平投影。这种不规则网包括不规则三角网(TIN)、四边形及其他泰森多边形等等。每一剖分有独立的内插数学面,相邻剖分仅由它们的公共支撑点联系,如 TIN 的三角形顶点。一般不考虑剖分间的平滑问题。分块和剖分这两种内插的分块范围在内插过程中一经选定,其形状、大小和位置,在该范围内保持不变,凡是落在分块或剖分上的待插点,都用展铺在该分块或剖分上的唯一确定的数学面进行内插。单点移面其范围则随待插单点位置的变化而移动,待插点位于移面形心。单点内插的数学模型有一次、二次或三次距离函数等等。

另外,根据二元函数逼近数学面和参考点的关系,内插方法又可分为纯二维内插和曲面拟合两类,前者要求数学面通过内插范围内的全部参考点,即所有参考点和数学面上对应点的高差为零。后者不要求数学面严格通过参考点;但须满足某种条件,例如要求内插范围内所有参考点与数学面对应点的高差平方和为最小,即服从最小二乘法条件等。

数字高程模型的分块算法包括纯二维插值和分块曲面拟合。前者包括高次多项式、二元样条和多层叠加

\* 唐新明,男,1996 年获 ITC 硕士学位,长期从事 GIS 软件和应用研究,现研究方向为时间 GIS 的理论、模型、时间数据库查询语言及 DEM 数据库建立等方面。

# 模糊区域拓扑关系模型

唐新明<sup>1</sup>, 方裕<sup>2</sup>, Wolfgang Kainz<sup>3</sup>

(1. 国家基础地理信息中心, 北京 100044; 2. 北京大学遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871;

3. 维也纳大学地理系, 维也纳)

**摘要:** 拓扑关系是地理信息系统中空间要素之间最基本也是最重要的关系之一, 是进行绝大多数空间查询和分析的基础。非模糊空间要素之间的拓扑关系在一般拓扑学等理论的基础上已有相关的模型和描述, 并在实践中得到广泛的应用, 如何建立模糊空间要素之间的拓扑关系是建立模糊要素地理信息系统的基础。该文在模糊拓扑学的基础上提出了模糊区域的定义, 建立了用于分析模糊区域之间拓扑关系的理论和模型, 提出了  $4*4$ -intersection 拓扑关系矩阵, 并分析了不同拓扑关系矩阵对于非模糊区域之间、模糊区域之间建立拓扑关系的区别和联系, 最后采用不同公式对模糊区域之间的关系进行了系统的描述。

**关键词:** 模糊拓扑空间; 模糊区域; 模糊拓扑关系;  $9$ -intersection 模型;  $4*4$ -intersection 模型

**中图分类号:** P208; O189.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-0504(2003)02-0001-10

## 0 前言

GIS 是用于存储、检索、查询、分析和显示空间要素的信息系统, 其核心是对空间要素进行合理有效的建模, 其中关于空间要素之间关系特别是拓扑关系的处理是模型的最基本也是最核心的问题之一, 几乎所有的空间检索、查询和分析都离不开要素之间拓扑关系的表达。例如, 一个简单的查询“谁是我的邻居?”就需要知道“我”和其他地块的拓扑关系。如何分析要素之间的拓扑关系是建立拓扑关系的前提。早在 1979 年 Corbett<sup>[1]</sup>就提出采用代数拓扑学的方法来描述制图要素之间的拓扑关系。Allen<sup>[2]</sup>在逻辑学的基础上提出了 13 种时间间隔之间的拓扑关系。关于空间要素拓扑关系的系统阐述是 Egenhofer 和 Franzosa<sup>[3]</sup>在点集拓扑的基础上提出的  $4$ -intersection 和  $9$ -intersection 模型。该模型以一般拓扑学为基础, 创造性地提出了用于分析空间要素之间拓扑关系的抽象模型, 并在数据存储、数据查询和检索、数据一致性检验以及空间推理等许多方面得到了广泛推广和应用<sup>[4-14]</sup>, 空间要素之间拓扑关系的分析方法还包括逻辑代数、偏序和格论等方法。例如 Randell<sup>[15]</sup>等人在逻辑学的基础上定义了“Region Connection Calculus (RCC)”。Kainz<sup>[16]</sup>等人采用偏序和格论的方法分析拓扑关系。但目前  $9$ -intersection 模型是分析非模糊空间要素拓扑关系的最常用的模型。

然而空间要素并不总是像许多 GIS 模型中描述的非模糊空间要素。在自然界中更多的实际上是模糊物体。所谓模糊物体是指边界不确定的物体, 例如山脉、河流等自然地理现象实际上是一种模糊的空间要素。模糊的形成主要有两方面的原因<sup>[17]</sup>: 一是由于物体的定义不明确而导致的模糊性。例如, 在土地覆盖类型中森林常定义为在某个区域树木的高度一般大于 5 m。这里的“一般”的概念是模糊的、不精确的。二是由于要素本身就是模糊的, 无法给出物体的明确定义, 例如“太平洋在哪里?”。

自 Zadeh<sup>[18]</sup>于 1965 年提出模糊集以来, 模糊逻辑和模糊数学已经取得了长足的发展。目前模糊数学已成功地运用于包括工业控制、医学等众多领域。在 GIS 方面, 模糊数学也已经广泛应用于影像分类、数据挖掘等方面。在模糊空间要素的建模方面, 目前存在的问题包括: 如何定义模糊要素、如何分析模糊要素之间包括拓扑关系在内的各种空间关系、如何对模糊要素进行分析以及如何表示模糊空间要素。其中如何分析模糊空间要素之间的拓扑关系是建立模糊空间要素模型的核心问题之一。一些学者已经进行了有益的探讨<sup>[19-24]</sup>。Clementini 和 Di Felice 采用了  $9$ -intersection 模型对模糊空间要素进行了分析, 在一般拓扑学的基础上给出了模糊区域的定义, 建立了一个代数模型 (Algebraic Model), 并总结出两个模糊区域之间的 44 种拓扑关系。Cohn and Gots 在 RCC-5 的基础上提出鸡蛋-蛋白模型 (Egg

收稿日期: 2003-01-06; 修订日期: 2003-02-14

基金项目: 荷兰 ITC 博士研究项目; 863 计划 (2001AA135150) 项目

作者简介: 唐新明 (1966-), 男, 副研究员, 荷兰 ITC 在读博士, 主要研究方向为动态数据库、模糊地理信息系统等。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



广泛的应用市场:中央和地方政府,公共服务部门,私营企业,个人等,这不仅因为其提供的产品及服务质量非常高,也因为军械测量局的战略方向的调整。1999年获得的贸易基金身份,标志着军械测量局从政府资助的行政部门逐渐转变为自负盈亏的商业机构。因此,军械测量局非常注意产品有广泛的市场,并非常容易使用。新产品的研发也是面向市场的。在1999年发表的一份报告中预测,建立在军械测量局的产品经济基础设施约1000亿英镑的规模。

以下是一些应用的具体案例:

帮助国家统计局完成2001年人口普查。地理信息是收集、分析和展示人口统计信息的框架,军械测量局的ADDRESS-POINT产品,包含了全英国2600万个邮政地址的地理信息,给国家统计局的人口数据提供了清晰、无歧义的载体。

2001年4月与口蹄疫的斗争:军械测量局提供了1390副手持GPS接收机和近46000张地

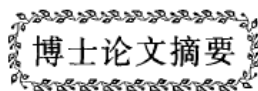
图,帮助政府紧急处理部门迅速定位受感染地区,以通知公众和相应处理机构,防止口蹄疫的传播。还派遣了120多名工作人员协助政府部门,以及英国和外国的兽医专家监控家畜的活动和治疗。

为威尔士提供洪水预警:

威尔士有许多河流易受洪水袭击。军械测量局帮助威尔士环境署建立了一个洪水预警地理信息系统。该系统集合了数字地图,水文观测数据,天气预报数据等,能提供更好的洪水预警。

欧洲道路管理系统:

军械测量局的道路图,线路图,自动车辆定位系统结合在一起提供每分钟的交通流量,整个交通系统的地理和统计数据。这些数据可以现场显示在战略信息系统中,并存储在数据库中。这些信息通过无线广播,道路信息公告牌,无线通讯装置(手机),Internet等渠道到达旅行者手中,帮助他们规划行程。



P20

## 模糊拓扑空间中空间对象模型的建立 及其在土地覆盖变化中的应用

唐新明

(中国测绘科学研究院,北京 100039)

### Spatial Object Modelling in Fuzzy Topological Spaces with Applications to Land Cover Change

**关键词:**空间对象 模糊拓扑关系 数学模型 土地利用

目前所有的地理信息系统的数学模型都是建立在刚性(非模糊)要素基础上的。其主要特征是这些要素的定义是明确的,其边界是确定的,即要素的内涵和外延是一致的。例如地籍系统中,宗地的归属是确定的,宗地的权属界线是非模糊的。在常规的地理信息系统中,空间物体被抽象化为类别定义明确及边界表达确定的非

模糊空间要素。有关学者已经在经典拓扑学的基础上对空间要素以及空间要素的拓扑关系进行了全面地阐述,基于代数拓扑学的空间要素模型已经广泛地应用于几乎所有的地理信息系统数据模型中。这种模型可以表达具有明确边界的空间物体。

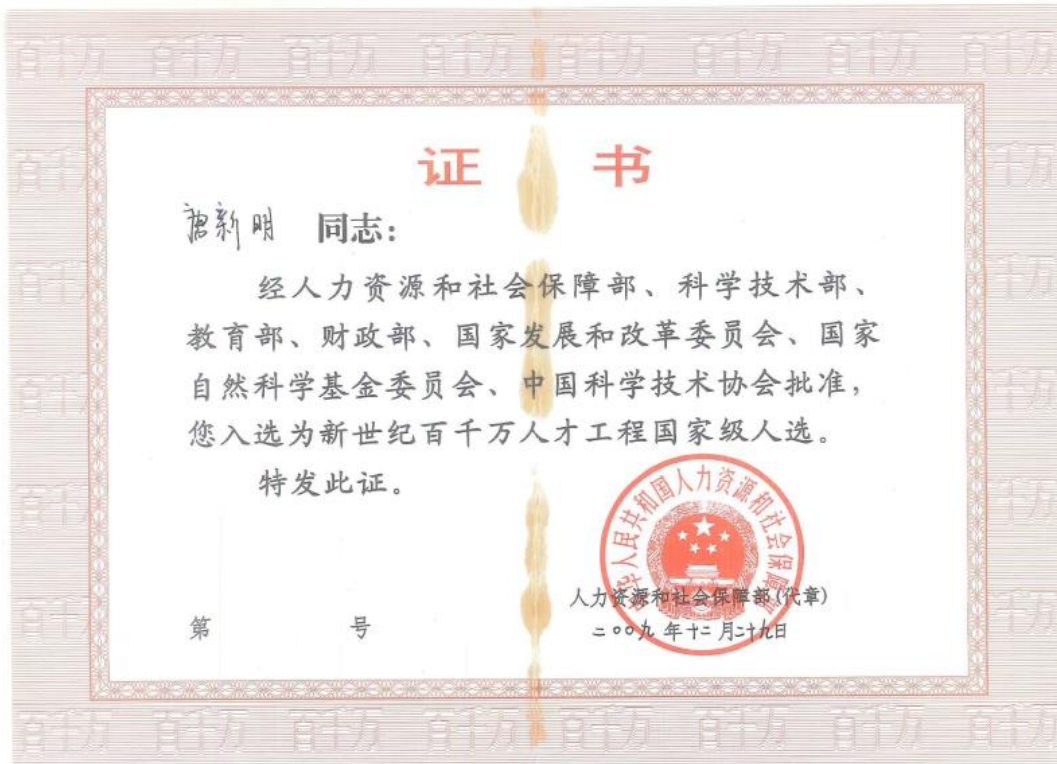
然而在自然界中,更多现象是模糊的,在空

— 6 —



### 三、社会职务及荣誉称号证明扫描件

序号	年份	称号	颁发单位
1	2009	新世纪百千万人才工程国家级人选	人力资源和社会保障部
2	2011	“十一五”测绘地理信息科技杰出贡献奖	国家测绘地理信息局
3	2012	国家测绘地理信息局科技领军人才	国家测绘地理信息局
4	2017	全国创新争先奖状	科协
5	2011	高分专项应用系统副总师	国防科工局
6	2004	ISPRS 工作组主席	ISPRS
7	2018	武汉大学博士生导师	武汉大学研究生院
8	2018	河海大学博士生导师	河海大学研究生院
9	2018	GEO 执委会联合主席代表	国际对地观测组织





“十一五”测绘地理信息科技杰出贡献奖

# 荣誉证书

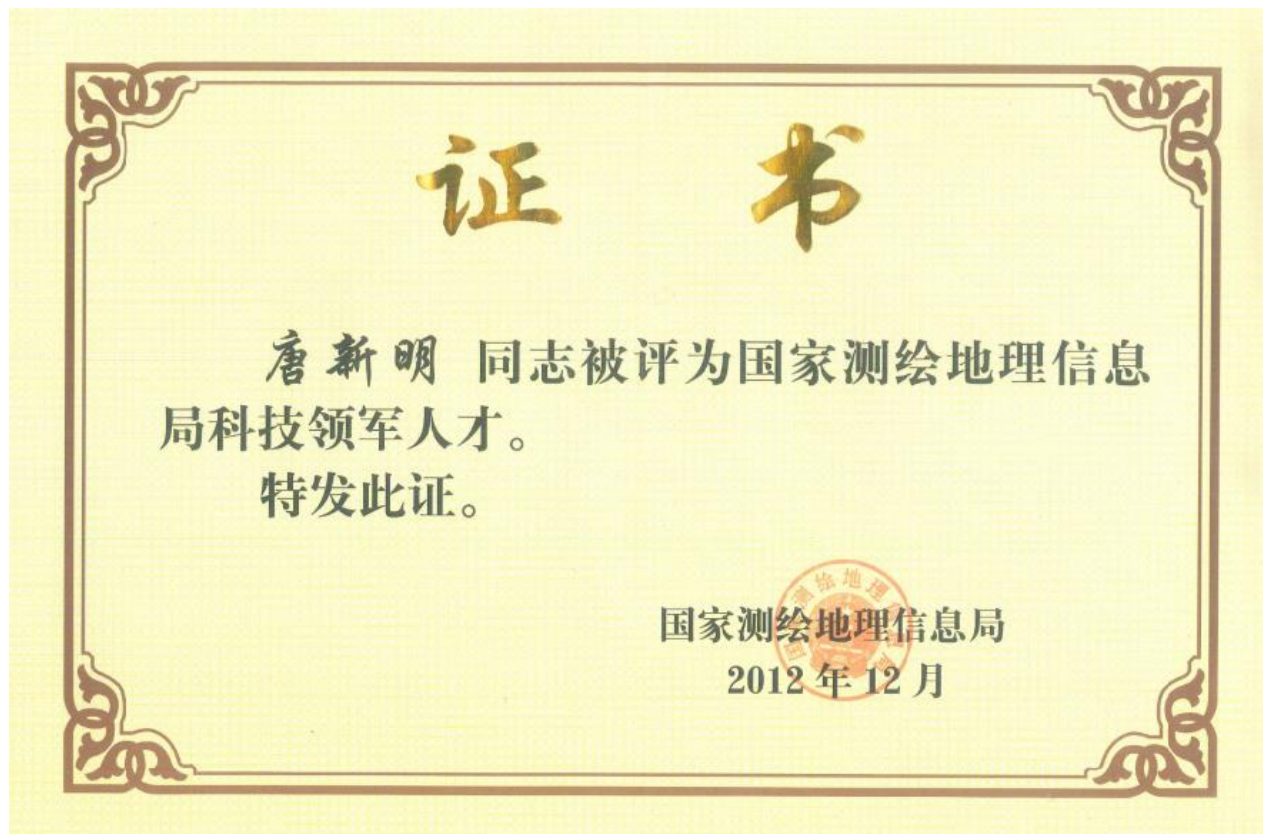
授予 唐新明 同志  
“十一五”测绘地理信息  
科技杰出贡献奖。

特颁此证，以资鼓励。



二〇一一年十二月







# 全国创新争先奖状

获 奖 者：唐新明

所在单位：国家测绘地理信息局卫星测绘  
应用中心

授奖日期：2017年5月



## 任 命 书

根据国家国防科技工业局科工干〔2011〕5号文件，任命  
唐新明 同志为高分辨率对地观测系统重大专项(民用部  
分)应用系统副总设计师。

特发此证。

国家国防科技工业局局长  
高分专项(民用部分)工程领导小组组长



二〇一一年一月二十一日



ISPRS WG XINMING T / WG I/4 - Calibrati X / Members / 最近 - 腾讯微云 / Google 翻译 / 回复: 软件-科技成

☆ http://www2.isprs.org/commissions/comm1/wg4.html “食人猴”在菲律宾被发

# Photogrammetry and Remote Sensing

Information from imagery

2019-05-16 Home The Society Members Commissions Documents Publications Education Calendar Links News

## Commissions

- Commission I
- Working Groups
- WG I/1
- WG I/2
- WG I/3
- WG I/4**
- Activities
- WG I/5
- WG I/6
- WG I/7
- WG I/8
- WG I/9
- WG I/10
- ICWG VII
- ICWG VII
- Commission II
- Commission III
- Commission IV
- Commission V

DSM GEODATA

## WG I/4: Calibration and Validation of Satellite Sensors

### Our Mission


ISPRS Working group I/4 aims to promote the development of new methodologies and techniques related to parameter design and simulation of space borne optical system, geometric/radiometric calibration and validation of optical satellite sensors and other systems such as LiDAR.

To reach this purpose, the WG organizes/co-organizes special sessions, workshops or symposiums to exchange the latest progress in the related research areas, and participates, contributes in several academic events organized by ISPRS or other communities.

Furthermore, the WG promotes the distribution and sharing of satellite (including but not limited to ZY3) images of several countries for the research related to calibration, validation, DEM/DEM generation and stereo mapping.






### Working Group Officers:

**Chair**



**Xinming Tang**  
Satellite Surveying and Mapping Application Center  
National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation  
No.1 Baishengcun, Zizhuyuan  
Haidian District  
Beijing 100048  
China  
☎ +86 10 68412138  
✉ +86 10 68412678  
✉ tangxinming99@qq.com  
△ hxxm

## ISPRS WG I/4



内网定制新玩法
在手机打开
0 下载数
下载


文彦考研

11 地图综合与空间尺度变换	0754 艾廷华	同上	已招硕博连续1名
12 空间数据挖掘			
13 地理空间大数据分析	0900 刘纪平	同上	
14 地理信息安全监管			
15 时空数据库	0903 唐新明	同上	
16 卫星遥感影像处理			
17 制图综合	1806 王家耀	同上	
18 地图制图与地理信息工程			
19 遥感信息处理	1652 沈焕铨	同上	已招硕博连续1名
20 遥感应用			
64 网络地理信息系统	1968 陈玉敏	同上	
65 数字地形分析			

专业代码、名称及研究方向	指导教师	招生方向	招生计划	考 试 科 目	备注
03 形变监测及安全监控理论与技术 04 卫星大地测量及应用 05 多源遥感信息融合及应用 06 虚拟现实技术与三维 GIS 07 卫星精密定位 08 遥感图像处理与分析 09 资源环境遥感 10 地理信息系统原理与方法	岳建平 刘焱雄 安 如 李 浩 岳东杰 邵全琴 雍 斌 唐新明 王 静 王 红 吴大夏 杨英宝 王晋年	02、03、05、07 04、07 05、06 03、05、06 02、03、05、07 05 04、05 05 05、06 05、06 03、05、06、09 05、08、09、10 08、09		⑨3007 卫星定位技术与应用或 3038 现代工程测量 或 3104 遥感数字图像处理	(2) ②中未考科目 (3) ⑤中未考科目 (任选一门)
081802 ▲地球探测与信息技术			3		
01 应用地球物理 02 应用地球化学 03 地质体监控与信息技术 04 地质信息三维建模与可视化 05 地球物理探测仪器	周志芳 孙树林 陈志坚 陈建生 袁宝远 骆祖江 张发明 谭红兵 张宏兵 饶文波	03-05 03-05 03-05 02、05 03、04 02、04、05 04 02 01、05 02		①1001 英语或 1002 俄语或 1003 日语或 1004 德语 ②2002 计算数学或 2003 概率论与数理统计 ③3111 高等地球物理	同等学力加试科目: (1) 政治理论 (2) ②中未考科目 (3)3039 构造地质学



# 科学技术部 国家遥感中心

国遥字〔2018〕39 号

## 感谢函

自然资源部国土卫星遥感应用中心：

地球观测组织（Group on Earth Observations, GEO）是目前地球观测领域规模最大的政府间多边合作组织。我国作为 GEO 的创始国及联合主席国，全面参与并履行各项权利和义务。

2018 年度我国参与的 GEO 相关工作已圆满结束并取得了丰硕成果，得到社会各界高度评价。贵单位唐新明、叶芳宏、张涛、郭佳欢等同志在支撑 GEO 全会、展览、计划管理委员会等工作方面做出了突出贡献。现特发此函，对贵单位给予的大力支持表示衷心感谢！

在 GEO 发展的新阶段，我们真诚地希望与贵单位深化合作，进一步发挥我国在地球观测领域的综合优势，贡献中国智慧和力量。

GEO 中国秘书处  
(国家遥感中心代章)

2018 年 12 月 27 日

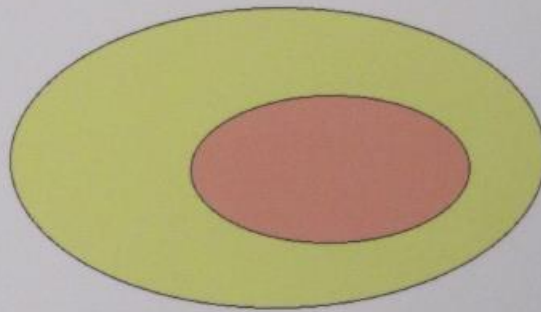
## 四、其他

### 1. 出版的主要论著和论文集

序号	名称	出版社	作者	年份
1	Spatial Objects Modeling in Fuzzy Topological Spaces: with applications to land cover change		唐新明	2004
2	模糊空间对象模型理论及其应用	测绘出版社	唐新明	2006
3	光学遥感影像压缩质量评价	测绘出版社	翟亮, 唐新明	2011
4	Advances in Spatio-Temporal Analysis	CRC Press	唐新明, 刘耀林, 张继贤等	2007
5	Proceedings of international symposium on spatio-temporal modeling, spatial reasoning, spatial analysis, data mining and data fusion		唐新明, 刘耀林, 张继贤等	2005
6	ISPRS Proceedings of "Mapping without the sun" - Techniques and Applications of Optical and SAR Imagery Fusion	ISPRS Archives	张继贤, 唐新明, 燕琴等	2007
7	资源三号卫星测绘技术总体设计	科学出版社	唐新明, 孙承志, 高小明	2018
8	资源三号卫星数据几何处理方法	科学出版社	唐新明, 张过, 祝小勇	2018
9	资源三号卫星影像产品及应用	科学出版社	唐新明, 周平	2018
10	对地观测卫星激光测高数据处理方法与工程实践	科学出版社	唐新明, 李国元	2019

# Spatial Object Modelling in Fuzzy Topological Spaces

with Applications to Land Cover Change



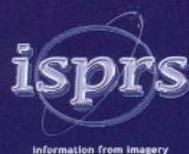
$$I_{\alpha\beta} = \begin{bmatrix} A^* \cap B^* & A^* \cap \alpha(\beta B) & A^* \cap (\alpha\beta)^* & A^* \cap B^* \\ \alpha(\alpha\beta) \cap B^* & \alpha(\alpha\beta) \cap \alpha(\beta B) & \alpha(\alpha\beta) \cap (\beta B)^* & \alpha(\alpha\beta) \cap B^* \\ (\alpha\beta)^* \cap B^* & (\alpha\beta)^* \cap \alpha(\beta B) & (\alpha\beta)^* \cap (\beta B)^* & (\alpha\beta)^* \cap B^* \\ A^* \cap B^* & A^* \cap \alpha(\beta B) & A^* \cap (\alpha\beta)^* & A^* \cap B^* \end{bmatrix}$$

Tang, Xinming









ISPRS Book Series

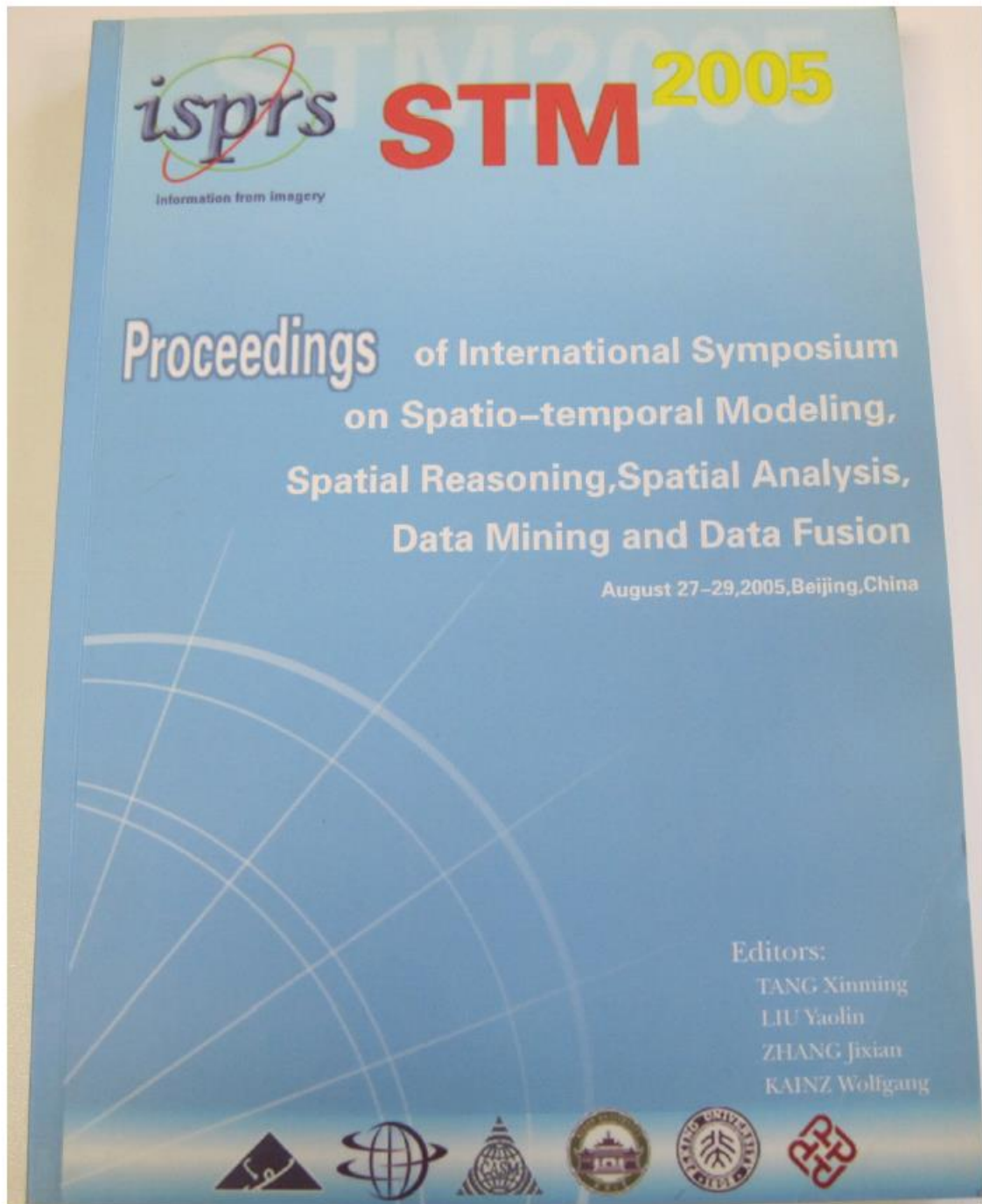


## Advances in Spatio-Temporal Analysis

Edited by Xinming Tang, Yaolin Liu, Jixian Zhang and Wolfgang Kainz









International Society for Photogrammetry and Remote Sensing  
Société Internationale de Photogrammétrie et de Télédétection  
Internationale Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung



THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL  
INFORMATION SCIENCES ARCHIVES INTERNATIONALES DE PHOTOGRAMMÉTRIE, DE TÉLÉDETECTION  
ET DE SCIENCES DE L'INFORMATION SPATIALE INTERNATIONALES ARCHIV FÜR PHOTOGRAMMETRIE,  
FERNERKUNDUNG UND RAUMBEZOGENE INFORMATIONSWISSENSCHAFTEN

VOLUME  
VOLUME  
BAND

**XXXVI**

PART  
TOME  
TEIL

**7/C54**

## **"Mapping without the Sun"**

— Techniques and Applications of Optical and SAR Imagery  
Fusion

**Chengdu, China**

**25 – 27 September 2007**

### **Editors**

Jixian Zhang, Xinming Tang, Qin Yan, Yonghong Zhang

### **Organisers**

ISPRS WG VII/6 - Remote Sensing Data Fusion  
ISPRS WG VII/7– Innovative Problem Solving Methodologies for Less Developed  
Countries  
ISPRS WG II/1 – Spatio-Temporal Modeling

### **Sponsors**

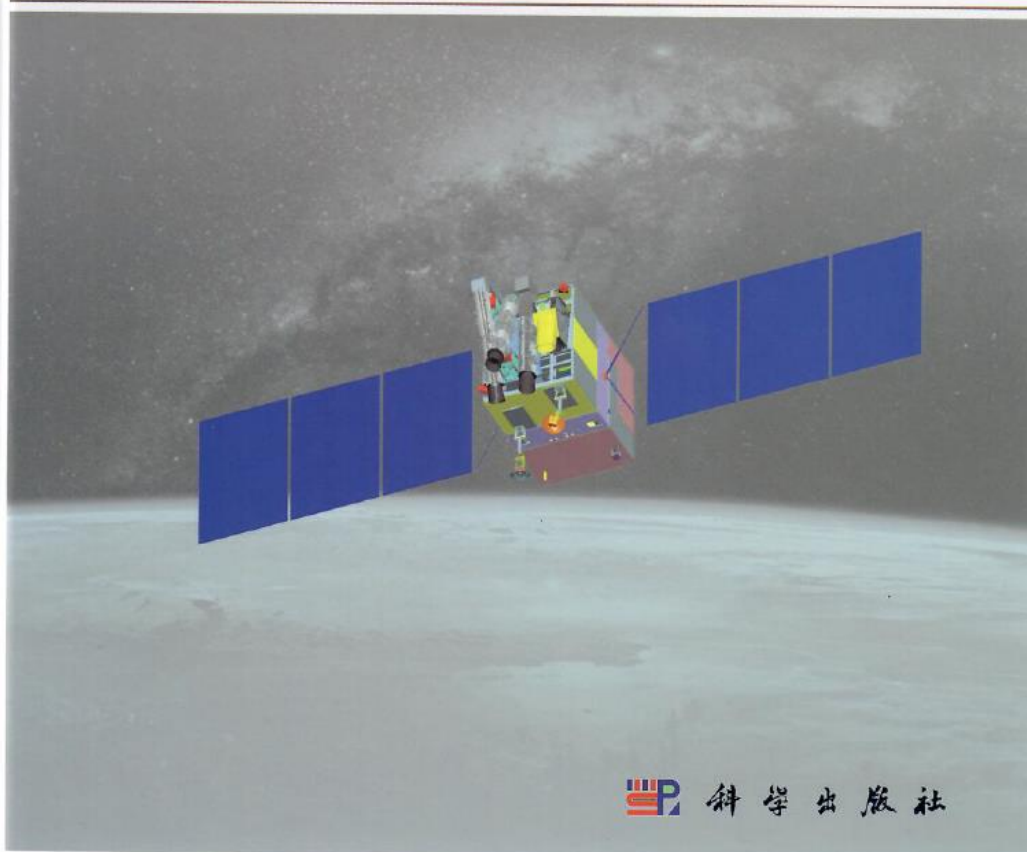
State Bureau of Surveying and Mapping, China  
Chinese Academy of Surveying and Mapping (CASM)  
Sichuan Bureau of Surveying and Mapping, China  
Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, China (BICEA)

ISSN 1682-1750



# 资源三号卫星 测绘技术总体设计

唐新明 孙承志 高小明 等 / 著





# 资源三号卫星 数据几何处理方法

唐新明 张 过 祝小勇 等 / 著

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS84}} = \begin{bmatrix} X_{\text{GPS}} \\ Y_{\text{GPS}} \\ Z_{\text{GPS}} \end{bmatrix} + R_{\text{orbit}}^{\text{WGS84}} R_{\text{body}}^{\text{orbit}} \left[ m \cdot R_{\text{camera}}^{\text{body}} \begin{bmatrix} -\tan(\psi_X) \\ \tan(\psi_Y) \\ -1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_x \\ D_y \\ D_z \end{bmatrix} \right]$$

 科学出版社

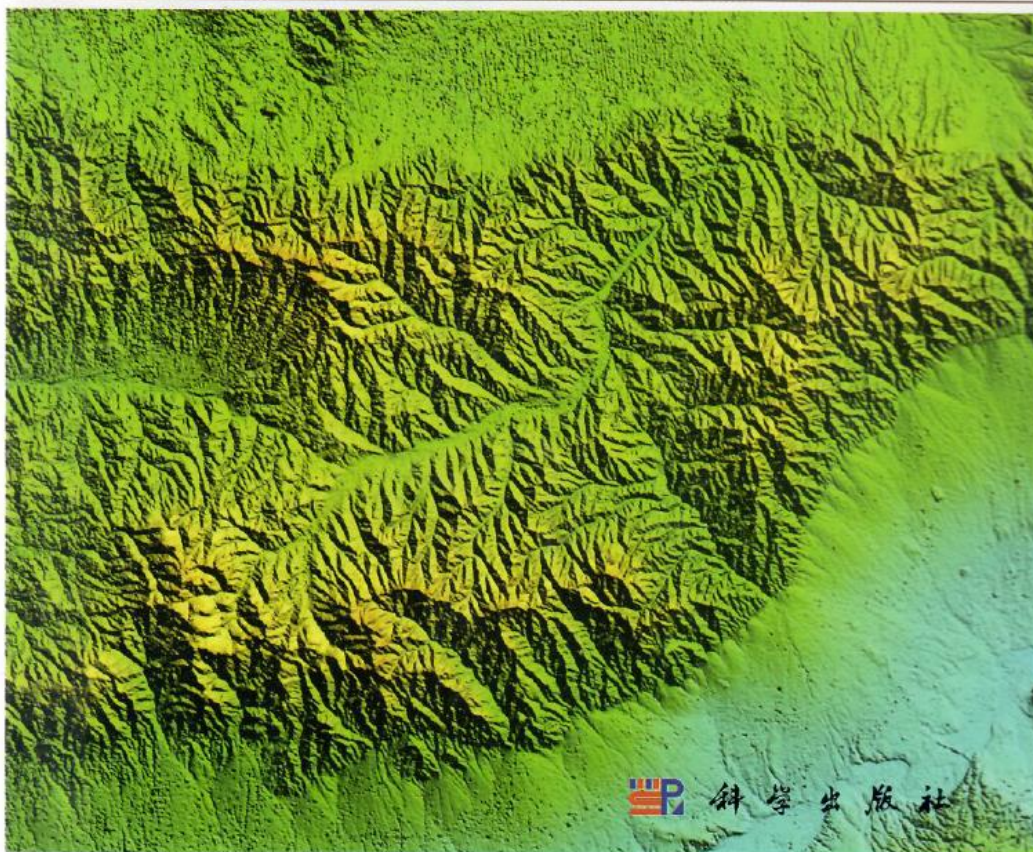




卫星测绘系列专著

# 资源三号卫星 影像产品及其应用

唐新明 周 平等 / 著



科学出版社





卫星测绘系列专著

# 对地观测卫星激光测高 数据处理方法与工程实践

唐新明 李国元 / 著



科学出版社

## 2. 主持编制的标准

序号	起草人	类型	编号	名称	发布时间
1	刘小强, 唐新明, 张过, 安德恭, 解修平, 张静, 王霞, 周平	CH/T	9023-2014	基础地理信息数字成果 1:25 000 1:50 000 1:100 000 数字表面模型	2014
2	解修平, 唐新明, 张过, 刘小强, 王霞, 殷小庆, 宋耀东, 周平	CH/T	3013-2014	数字表面模型航天摄影测量生产技术规程	2014
3	王霞、唐新明、曹宁、周平、张过、郭莉、马聪丽、赵世湖、李鸿洲、杜健、程立君	CH/T	3019-2018	1:25 000、1:50 000 光学测绘卫星遥感影像产品生产技术规范	2018
4	唐新明, 周平, 王霞, 张过, 刘昌儒, 樊文锋, 郭玉芳, 曹宁, 张恒	GB/T	35643-2017	光学遥感测绘卫星影像产品元数据	2018
5	唐新明, 王霞, 周平, 张过, 高小明, 付兴科, 马聪丽, 赵世湖, 郭丽	GB/T	35642-2017	1:25 000 1:50 000 光学遥感测绘卫星影像产品	2018

ICS 07.040  
A 75  
备案号: 49376—2015



中华人民共和国测绘行业标准

CH/T 9023—2014

---

基础地理信息数字成果  
1:25 000 1:50 000 1:100 000  
数字表面模型

Digital products of fundamental geographic information—  
1:25 000 1:50 000 1:100 000  
digital surface models

2014-12-18 发布

2015-01-01 实施

---

国家测绘地理信息局 发布

## 前 言

本标准的起草规则依据 GB/T 1.1—2009。

本标准由国家测绘地理信息局提出并归口。

本标准起草单位：国家测绘地理信息局测绘标准化研究所、国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心、武汉大学。

本标准主要起草人：刘小强、唐新明、张过、安德恭、解修平、张静、王霞、周平。

ICS 07.040  
A 77  
备案号: 49371—2015



中 华 人 民 共 和 国 测 绘 行 业 标 准

CH/T 3013—2014

---

数字表面模型  
航天摄影测量生产技术规范

Technical specifications for producing digital surface model  
with space photogrammetry

2014-12-18 发布

2015-01-01 实施

---

国家测绘地理信息局 发 布



## 前 言

本标准的起草规则依据 GB/T 1.1—2009。

本标准由国家测绘地理信息局提出并归口。

本标准起草单位：国家测绘地理信息局测绘标准化研究所、国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心、武汉大学。

本标准主要起草人：解修平、唐新明、张过、刘小强、王霞、殷小庆、宋耀东、周平。

ICS 07.040  
A 77  
备案号:61431—2018



# 中华人民共和国测绘行业标准

CH/T 3019—2018

## 1 : 25 000 1 : 50 000 光学遥感测绘 卫星影像产品生产技术规范

Technical specification for producing 1 : 25 000 1 : 50 000 imagery  
products of optical remote sensing satellite for surveying and mapping

2018-01-16 发布

2018-04-01 实施

国家测绘地理信息局 发布

## 前言

本标准的起草规则依据 GB/T 1.1—2009。

本标准由国家测绘地理信息局提出并归口。

本标准起草单位：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心、武汉大学、国家测绘地理信息局测绘标准化研究所、北京吉威数源信息技术有限公司。

本标准主要起草人：王霞、唐新明、曹宁、周平、张过、郭莉、马聪丽、赵世湖、李鸿洲、杜健、程立君。

ICS 07.040  
A 77



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 35643—2017

## 光学遥感测绘卫星影像产品元数据

Metadata for imagery products of optical remote sensing  
satellite for surveying and mapping

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家测绘地理信息局提出。

本标准由全国地理信息标准化技术委员会(SAC/TC 230)归口。

本标准起草单位:国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心、武汉大学、国家测绘地理信息局测绘标准化研究所。

本标准主要起草人:唐新明、周平、王霞、张过、刘昌儒、樊文锋、郭玉芳、曹宁、张恒。



ICS 07.040  
A 77



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 35642—2017

## 1 : 25 000 1 : 50 000 光学 遥感测绘卫星影像产品

1 : 25 000 1 : 50 000 imagery products of optical remote sensing  
satellite for surveying and mapping

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家测绘地理信息局提出。

本标准由全国地理信息标准化技术委员会(SAC/TC 230)归口。

本标准起草单位：国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心、武汉大学、国家测绘地理信息局测绘标准化研究所。

本标准主要起草人：唐新明、王霞、周平、张过、高小明、付兴科、马聪丽、赵世湖、郭莉。