3S集成背景下全球导航卫星系统与地图学教学探索*

常占强[1,2], 刘晓萌[1,2]

(1. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048; 2. 首都师范大学三维信息获取与应用教育部重点实验室, 北京 100048)

摘要:进入21世纪以来,全球导航卫星系统(GNSS)、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)融合后形成一项现代信息技术——3S集成技术.本文系统地论述了3S集成技术的根基,随后就当前GNSS与地图学教学中凸显问题进行探讨,并提出相应举措.主要包括:(1)对GNSS教学内容的补充与完善.在讲授用观测方程计算出GNSS接收机在地球坐标系中的坐标后,补充地球空间三维坐标系转换到大地坐标系及大地坐标转换为地图投影坐标的方法与过程;(2)GNSS与地图学教学内容的调整、整合与衔接.采取把握课程主线、突出重点的原则,在地图学课程中适度增加地图数据来源的介绍,从而将GNSS与地图学教学内容自然无缝地衔接起来.这些举措在教学实践中收到了良好的效果,对于3S集成及相关学科教学具有一定的借鉴意义.

关键词:3S集成;GNSS;地图学;GIS;RS;教学内容衔接

中图分类号:G64 **DOI**:10.19789/j.1004-9398.2021.02.013

0 引 言

多学科交叉、优势互补、相互渗透、相互融合和有机集成是现代信息技术发展的重要趋势.全球导航卫星系统(global navigation satellite system,GNSS),遥感(remote sensing,RS)和地理信息系统(geographic information system,GIS)在空间和属性信息的采集、动态分析与管理等方面各具特色,有较强的互补性,使得这3种技术在应用中紧密结合,并逐步朝着一体化方向发展.3S集成(integration of GNSS,RS and GIS)是将GNSS、RS和GIS技术依据实际需要融为一个统一的整体,进而形成一种功能更强大的空间信息技术与方法的过程[1-7],是GNSS、RS和GIS技术发展到一定程度的必然产物.随着信息技术的飞速发展,3S集成及应用已成为空间信息技术的一种趋势.当前,3S集成系统正在经历一个从低级到高级的发展和完善过程[7-8].对于相关学科教学工作而言,3S集成技术发展与集成同时也是深化教学内涵的重要机遇.尤其是对于教学内容围绕3S集成技术开展或以其作为基础平台的地学、测绘学和环境科学等学科而言更是如此.本文在系统论述3S集成技术中,各学科所扮演的角色及3S集成根基的基础上,对当前GNSS和地图学教学中凸显的一些问题开展探讨.

1 3S集成系统构成及集成的根基

1.1 3S集成系统构成

作为3S的关键技术之一,GNSS泛指中国的北斗卫星导航系统(Beidou)、美国的GPS、俄罗斯的Glonass、欧洲的Galileo以及区域增强卫星导航系统,是一种全球性、全天候、连续和实时提供精密的三维坐标的空间信息获取技术[9-12].利用GNSS可精确获取任意点的空间坐标数据,确定各种地表覆盖边界,是GIS获取地理与专题信息的主要方法与手段[13-20].

RS即"遥远的感知",是一种使用空间运载工具和现代化电子、光学探测仪器,探测和识别远距离研究对象的技术[21],主要用于快速获取地面目标及其环境的属性信息、发现地表的各种变化.随着现代RS技术的迅猛发展,新型传感器平台不断涌现,

收稿日期:2020-04-14

* 国家自然科学基金重点项目(41930109/D010702)

微波RS、高光谱RS不断成熟,空间、时间及光谱分辨率大幅度提高[22-25],现正以空前的速度为人类提供极为丰富的最新地物属性信息,是GIS的空间数据源.RS技术极大地拓展了GIS的应用领域和方式.

GIS是在计算机软硬件系统与互联网技术的支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理数据进行储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统[2-3],是3S集成的核心部分.GIS通过空间信息平台,对GNSS和RS来源的时空数据进行综合处理、集成管理及动态存取等操作,并借助数据挖掘技术和空间分析功能提取有用信息,使之成为决策的科学依据[2,5,7].在3S集成体中,三者所扮演角色或发挥的作用而言,GIS相当于人脑.GNSS和RS相则当于人的2只眼睛,负责获取海量信息及其空间定位,是GIS数据采集和及时更新的主要技术手段和有力支撑.GNSS、RS和GIS技术构成一个有机整体,实时对地观测、分析和应用的运行系统,为科学研究、政府管理、社会生产提供了新一代的观测手段、描述语言和思维工具[2-4].可见,三者之间相互作用融合成"一个大脑,两只眼睛"的形式[1,5-7],如图1所示.

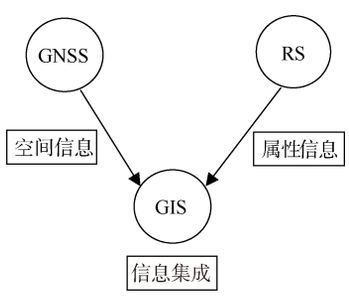


图1 3S集成示意

1.2 3S集成技术的根基

当前,3S集成已在不同的技术层次上得到逐步实现.初级阶段表现为三者互相调用一些功能,实现系统之间的联系;高级阶段表现为三者之间不只是相互调用功能,而是直接共同作用,形成有机的一体化系统,对数据进行动态更新,快速准确地获取定位信息,实现实时现场查询和分析判断[2,4-5].然而,不管3S集成的层次与方式如何,三者必须具有共同的根基与基础.只有如此,才使得GNSS和RS技术所获取的各色丰富信息经过GIS技术得以积累与深化.

地图学是GIS的基础,而GIS是地图学的延伸与发展.GIS中的诸多基础概念与内容来自地图学[26-30],如地理坐标、地图投影、地图符号系统和地图概括等.利用RS技术获取的各种影像数据经过处理(辐射校正、几何纠正、色彩增强、解译和分类等),得到的最终成果需要变换为地理坐标(大地坐标)或地图平面投影坐标系上.利用GNSS技术获取的数据成果也需要将地球空间三维坐标系转换为大地坐标系(地理坐标),且很多情况下还需进一步转换到地图投影坐标系中.由此可见,无论3S集成技术,还是单独利用GNSS、RS和GIS技术,其最终的工作成果都要表示在地图上,即3S集成最终的工作成果需在共同的地理框架下——地理坐标或地图投影坐标系统,故地图是3S集成的根基与基础.

2 GNSS与地图学教学中凸显的问题

2.1 GNSS内容涵盖面广而课时量较少

GNSS横跨多学科,是由多学科相互渗透而形成的一门技术科学.其涉及内容极广,是数学、物理学、天文学、信号与系统、测绘学等科学相互融合的结晶[9-13].当前GNSS教学中面临的主要问题是:一方面课程内容涵盖内容众多,需要较多先修课程与基础知识,且实践性很强[31-32];另一方面GNSS课时非常有限.高等院校中将GNSS课程一般设为48甚至36学时.这对于地学(地理学、地质学等)与环境科学专业方向的学生而言,欲在先修课程严重不足而又学时如此紧张情况下,从课程中汲取完整的知识体系难度非常大;而对教师而言,在此情况下欲取得较好的教学效果也极富挑战性.

2.2 地图学与GNSS教学内容的衔接问题

地图是地学、测绘科学和环境科学等研究成果最直接、最佳的表达方式[22-26].地图学是地理信息技术的基础,是地学与测绘专业的核心基础课程.如上所述,地图为3S集成的根基与基础.这就要求在地图学课程教学中,需要将GIS、GNSS与RS各课程内容无缝衔接或对接起来.然而,现有地图学与GNSS课程教学中并没有真正做到.如国内课程教材的GNSS定位原理部分(绝对、相对定位),介绍用GNSS卫星地球坐标与测码(测相)伪距建立观测方程,计算出GNSS接收机在地球坐标系中的坐标即告结束.显然,此内容还没有与地图学中

的地理坐标对接起来,是不完整、不完善、不充分的.尤其是在3S集成背景下,更需将GNSS与地图学的内容无缝衔接起来.因为GNSS中的地球坐标系为空间三维直角坐标系,与3S中所使用的地图建立不了对应关系,无法实际应用.即这种空间三维直角坐标系对地学、环境科学技术而言基本无实用价值,必须将其转换为大地坐标系或地图投影坐标系.

3　GNSS与地图学的教学探索

3.1　GNSS与地图学教学内容的调整与整合

鉴于GNSS内容综合性强而课时量少的问题,采取把握课程主线、突出重点的原则.将重点聚焦在天球与地球坐标系、GNSS卫星载波信号分量、GNSS的伪距测量与相位测量、GNSS绝对与相对定位和GNSS的地学应用等主要知识点上.而对一些非主流的内容,授课时仅做简要介绍,或将其作为课后作业引导学生完成,最大限度地节约了课堂教学时间,在短时间内使学生掌握GNSS定位技术必备的知识与理论体系,对GNSS有一个总体的概念,同时对学生的自学能力也有积极的促进作用,达到具有利用GNSS开展地学(地理学、地质学)、环境科学研究与工程应用的专业水平与工作能力[31].此外,针对GNSS具有跨多学科、内容涵盖广的特点,在强化该课程先修课程的同时,将尝试请物理学、信号处理等方面专家对GNSS中的相关内容进行必要的深化与补充,以获得更好的效果.另一方面,由于地图与GIS中的空间位置信息越来越多来自GNSS的观测成果,而属性信息来自RS处理成果.为此在地图学中适当增加地图数据来源部分的介绍,实现地图学与GNSS的教学内容的自然无缝衔接.

3.2　GNSS教学内容的补充与完善

依据GNSS卫星坐标、观测伪距,建立伪距观测方程,用最小二乘法求解出任意点的空间三维地球坐标系,最后转换为地图坐标系,其总体流程如图2所示.

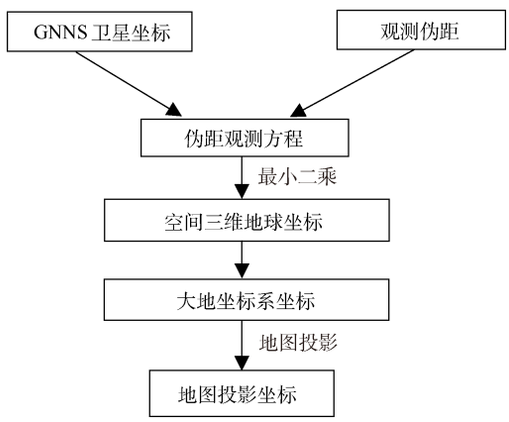


图2　求取任意一点地图投影坐标的过程

GNSS课程中的定位原理部分,首先介绍利用GNSS卫星坐标与测码(测相)伪距建立观测方程,计算出GNSS接收机在地球坐标系中的坐标.其次补充如何将地球空间三维坐标系任意点的坐标到大地坐标系(地理坐标)的转换,即$(X,Y,Z)\rightarrow(B,L,H)$,过程如图3所示,将GNSS求解的结果与地球表面上的点对应起来.不仅如此,绝大多数情况下还要将地理坐标转换为地图投影坐标.最后将大地坐标系(B,L,H)经过高斯-克吕格投影或UTM投影转换为地图投影坐标系,即$(B,L)\rightarrow(x,y)$,以实现大地坐标(地理坐标)到地图投影坐标之间的科学转换,如图4所示.至此彻底完成了GNSS与GIS数据坐标框架的衔接.这就意味着对地图学与GNSS课程的教学内容进行了无缝衔接,为3S技术集成奠定了坚实的基础.

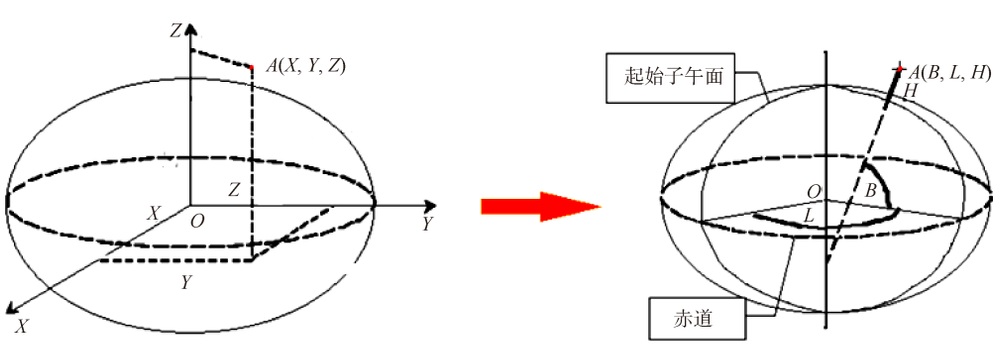


图3　从空间直角坐标系到大地坐标系的转换

注:X,Y,Z为空间直角坐标系三维坐标;B,L,H为大地坐标.

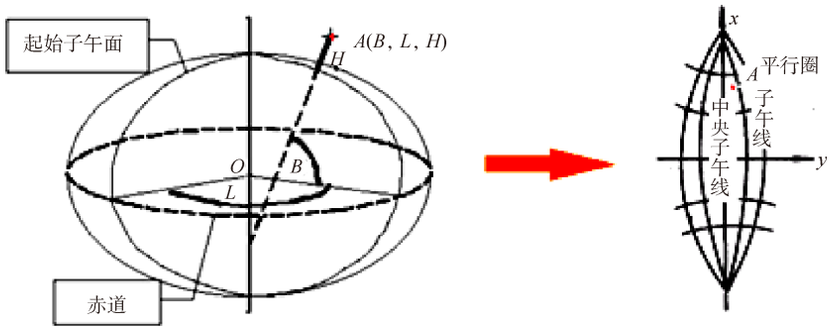


图4　大地坐标到地图投影坐标的转换

注:(B,L,H)为大地坐标;(x,y)为地图投影坐标.

4　结束语

高等院校专业课程教学内容需在夯实自身基础前提下,紧跟时代脉搏与步伐、追踪学术前沿.特别是对于快速发展的3S相应学科教学而言,更需夯实基础,才能将各学科内容进行有机整合,形成合力,以获取最大的系统效应.地图是3S集成技术的根基所在,因此,将3S与地图学教学内容无缝衔接非常关键.本文针对当前GNSS与地图学教学中凸显的问题,提出了对GNSS和地图学的相关教学内容进行补充完善、衔接的举措.教学实践证明,这些举措不仅可引导学生理解与掌握3S技术知识链,而且有助于其对3S集成建立起一个整体的概念,从而收到了良好的效果.近年来,大数据、云平台、深度学习和人工智能等新兴信息技术得到迅猛发展,3S集成理论研究与应用势必将掀起新一轮浪潮.据此,高校教师应勇于探索、开拓创新,努力汲取新知识,优化更新知识结构,进一步丰富与深化教学内容,确保其先进性与实用性,以不断提升教学质量与知识水平,助力教学科研工作迈向新台阶.

参 考 文 献

[1] 李德仁.论RS,GPS与GIS集成的定义、理论与关键技术[J].遥感学报,1997(1):64-68.
[2] 邬伦,刘瑜,张晶,等.地理信息系统:原理、方法和应用[M].北京:科学出版社,2001.
[3] 汤国安,龙毅,李云梅.地理信息系统专业建设的探索与实践[J].中国大学教学,2009(9):45-47.
[4] 王振中.3S技术集成及其在土地管理中的应用[J].测绘科学,2005(4):62-64.
[5] 李鹏.基于"3S"集成技术的土地利用动态遥感监测[J].测绘与空间地理信息,2012,35(7):145-146+149.
[6] 刘万.3S技术集成服务地理国情监测[J].测绘与空间地理信息,2015,38(12):134-135+140.
[7] 丁锐,谢骏锴.3S技术应用现状与发展趋势[J].科技创新与应用,2019(14):174-175.
[8] 郑晓倩,张厚喜.3S技术课程实践教学改革初探[J].安徽农学通报,2020,26(1):136-138.
[9] 刘大杰,施一民,过静珺.全球定位系统(GPS)的原理与数据处理[M].上海:同济大学出版社,1996.
[10] 周忠谟.GPS卫星测量原理与应用[M].北京:测绘出版社,2004.
[11] 李征航,黄劲松.GPS测量与数据处理[M].武汉:武汉大学出版社,2005.
[12] 曹冲.中国的卫星导航产业与新一代信息技术[J].数字通信世界,2010(12):26-29.
[13] CHANG Z,GONG H. Analysis and estimation of horizontal and vertical components of positioning standard deviation in absolute GPS positioning[J]. World Journal of Engineering,2011,8(1):101-108.
[14] KOUBA J,HÉROUX P. Precise point positioning using IGS orbit and clock products[J]. GPS Solutions,2001,5(2):12-28.
[15] SHENG C,GAN X,YU B,et al. Precise point positioning algorithm for pseudolite combined with GNSS in a constrained observation environment[J]. Sensors,2020,20(4):1120.
[16] FUJII K,SAKAMOTO Y,WANG W. Hyperbolic positioning with antenna arrays and multi-channel pseudolite for indoor localization[J]. Sensors,2015,15(10):25157-25175.
[17] ANGRISANO A,GAGLIONE S,GIOIA C. Performance assessment of gps/glonass single point positioning in an urban environment[J]. Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica,2013,48(2):149-161.

[18] 曹冲.全球导航卫星系统体系化发展趋势探讨[J].导航定位学报,2013,1(1):72-77.
[19] 赵长胜.GNSS原理及其应用[M].北京:测绘出版社,2015.
[20] 李天文.GPS原理及应用[M].3版.北京:科学出版社,2017.
[21] 梅安新,彭望琭,秦其明,等.遥感导论[M].北京:高等教育出版社,2001.
[22] 郭华东.雷达对地观测理论与应用[M].北京:科学出版社,2000.
[23] 童庆禧,张兵,张立福.中国高光谱遥感的前沿进展[J].遥感学报,2016,20(5):689-707.
[24] 陈建光.国外卫星光学遥感器前沿技术发展探析[J].国际太空,2017(466):44-48.
[25] 李婷,穆远东,周辉,等.高分辨率遥感卫星前沿概览与发展趋势[J].军民两用技术与产品,2013(9):8-10.
[26] 祝国瑞.地图学[M].武汉:武汉大学出版社,2004.
[27] 廖克.现代地图学的最新进展与新世纪的展望[J].测绘科学,2004,29(1):5-9.
[28] 杨剑霞.现代地图学及其发展趋势[J].世界科学,2006(6):44-46.
[29] 袁勘省.现代地图学教程[M].2版.北京:科学出版社,2016.
[30] 毛赞猷,朱良,周占鳌,等.新编地图学教程[M].3版.北京:高等教育出版社,2017.
[31] 常占强,付茂新,张立燕,等.地理科学背景下的全球导航卫星系统教学探索[J].首都师范大学学报(自然科学版),2015,36(4):67-69.
[32] 张勤,王利."GPS测量原理与应用"课程教学研究与改革[J].高等理科教育,2007(1):112-114.

Teaching exploration of global navigation satellite system and cartography under the circumstances of 3S integration

CHANG Zhanqiang[1,2], LIU Xiaomeng[1,2]

(1. Resource Environment and Tourism College of Capital Normal University, Beijing 100048; 2. 3D Information Acquisition and Application of Capital Normal University, Key Laboratory of Ministry of Education, Beijing 100048)

Abstract: 3S integration is a modern information technology integrated by GNSS (global navigation satellite system), RS (remote sensing) and GIS (geographic information system) in the 21st century. This paper systematically discusses the foundation of 3S integration techniques, the emerging problems in the teaching of GNSS and Cartography are discussed, especially the connection and perfection of teaching contents in GNSS and cartography. Furthermore, some feasible measurements are proposed. These mainly include: (1) supple and perfect the teaching contents of GNSS. Add the methods and procedures of transforming the Earth-centered Earth-fixed coordinates to the Geodetic coordinates and the Geodetic coordinates to the mapping coordinates, after teaching to deriv the coordinates of GNSS receiver in the Earth-centered Earth-fixed coordinate system by the observation equations. (2) Adjust, integrate and connect of GNSS and cartography teaching contents. Taking the principle of grasping the main line of curriculum and highlighting the key knowledge points, properly add the introduction of map data source in the cartography course so as to naturally and seamlessly connect the teaching contents of GNSS and cartography. These measurements have been implemented and applied in teaching practice, and satisfactory teaching effects have been achieved, which are of significance for the teaching of 3S and related subjects.

Keywords: 3S integration; GNSS; cartography; GIS; RS; connection of teaching contents

(责任编辑:李拓宇)