引文格式：朱国闯, 成毅, 徐立, 等. 浅析增强地图研究的现状与趋势[J]. 地理空间信息, 2023, 21(4): 66-71. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.04.016

浅析增强地图研究的现状与趋势

朱国闯[1,2]，成　毅[1]，徐　立[1]，葛　文[1]，陈经昊[1]
（1. 信息工程大学，河南 郑州 450001；2. 93920部队，陕西 西安 710061）

摘　要：从起源发展、内容表达、交互方式和系统实现4个方面总结了增强地图的研究现状和发展趋势。由其研究历史可知，增强地图具备鲜明的多学科融合特性，故选择信息传输视角阐述其增强内容的表达，从系统硬件组成分析了交互技术的发展和困境，并重点阐述了增强地图流程的图像识别等关键技术，以期为相关工作提供参考。

关键词：地图制图；地理可视化；增强现实；人机交互
中图分类号：P283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）04-0066-06

Analysis of the Status and Trend of Augmented Map Research

ZHU Guochuang[1,2], CHENG Yi[1], XU Li[1], GE Wen[1], CHEN Jinghao[1]
(1. Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China; 2. 93920 Troops, Xi'an 710061, China)

Abstract: In this paper, we summarized the developmentand research status of augmented map from four aspects, such as the origin and development, content expression, interaction mode and system implementation. We summarized the key nodes of history to indicate the multi-disciplinary nature of research. From the perspective of enhanced information transmission, we expounded the expression of various enhanced content, analyzed the development and dilemma of interactive technology from the system hardware composition, focused on the image recognition and other key technologies, and prospected the future development direction of augmented map.

Key words: cartography, geography visualization, augmented reality, human-computer interaction

增强地理现实与增强虚拟环境从虚实2个方面在地理学领域融合了AR技术。按照AR技术分类，增强地理现实分为基于图像和基于物理空间两类[1-4]。而作为认知地理空间的新工具，增强地理现实应根据用户认知地理环境的2种方式——基于亲历和基于地图，分为增强现实环境与增强地图两类。前者主要基于现实世界物体附加电子标签等可视化信息实现导航、说明等功能[5]。后者则通过在地图上叠加模型、多媒体文件等多种地理信息，以增强地图信息传递和用户空间认知能力。

1　增强地图的起源发展

随着虚拟现实技术的发展，20世纪90年代波音公司率先提出了AR概念[6-9]。21世纪初，受桌面AR系统启发，地图学家尝试把设计师的工作桌面更换为信息更丰富的地理信息产品[10-13]。在国内研究中，AR技术率先与GIS进行融合，伴随Ar GIS概念的提出[14]和户外增强现实地理信息系统[15]的实现，增强地图研究到2012年后才逐渐开展[16-18]。

2　增强地图的内容表达

2.1　单源增强

表达内容的选取是增强地图的重要环节[19-21]。本文从地图学视角分析了增强地图信息传输流程，将其分为感知增强、多源增强、单源增强和态势增强4种，后三者是增强地图的主要研究范畴。如图1所示，基于数据采集设备的感知增强目的是快速获取高质量的需求数据，侧重于测量和遥感信息获取。而认知空间是使用地图的首个目的，行为地理学家的共同目的是把人类对环境的了解与环境中发生的行为联系起来[22-24]。在空间认知的基础上处理空间事件的任务需要对态势跟踪研判的信息。

截至目前，单源增强的实现并不多，主要原因有两点。一是AR技术的目标识别跟踪方法难以区分地图自然特征的具体属性分类，对于小范围的地图符号识别在技术实现上要求较高；二是单源增强效果难以

收稿日期：2021-10-04；修回日期：2021-12-18。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（41901397）。
第一作者简介：朱国闯（1992—），硕士研究生，工程师，主要研究方向为地理信息系统，E-mail：zhuguochuang@yeah.net。

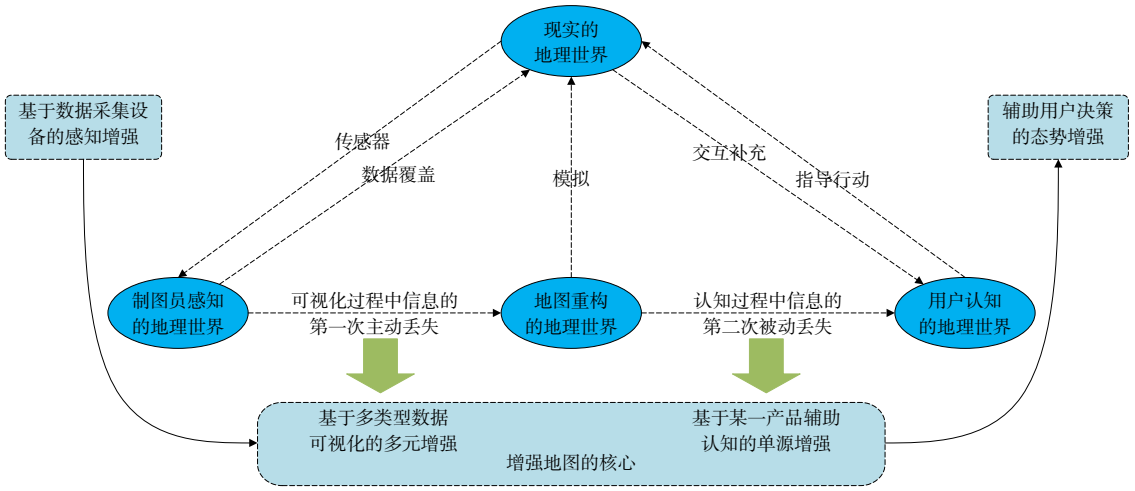


图1　增强地图信息传输流程

验证，AR环境下的空间认知理论要素难以支撑要素的选取和设计[25-29]。

2.2　多源增强

增强地图的初衷是提供一种在纸地图和虚拟现实数据间更自然的交互方式，这必然要求添加新的虚拟要素用于交互。而不同的地图产品和使用方式都具有不同的认知效果，例如，2D和3D地图在获取空间知识方面的不同[30]、自我中心参照系和异中心参照系对空间记忆的差别[31]、主动导航方式和地图阅读方式的认知结果差异[32]。

多源增强主要依托上述不同类型的产品补充单一地图的认知缺陷。其数据来源包括传统的地理数据产品和专题信息，这些产品在增强过程中多为静态数据，重在从多个比例尺和角度提高用户对空间的认知。通用数据如DEM和TIN模型，专题数据如考古遗址模型[33]、海洋地貌模型[34]。此外，二维影像图[35]、真三维模型[36]、兴趣点[37]、统计数据[38]、虚拟用户视角等内容纷纷增强到地图中。

2.3　态势增强

多源增强和单源增强服务于空间认知，态势增强则服务于空间事件。态势增强将传感器等数据实时增强显示到地图中，旨在提供事态发展情况以参与辅助决策、指挥调度，真正使地图“活”起来。2005年，Reitmayr[39]等在伦敦地图上叠加洪水淹没动画，实现了河流变化情况的实时监测。更多的传感器数据也被应用的到航海导航图[40]、校园地图[41]、军情地形图[42]等专题地图中。

3　增强地图的交互方式

硬件组成决定用交互手段。一个完整的增强现实系统至少包含摄像机、计算机和显示设备。这三类硬件在物理形态上不一定是分离的，例如视频透视式AR系统可以仅由一台搭载摄像机的智能移动设备运行。

3.1　硬件组成

研究早期，摄像机作为跟踪监测设备多采用固定的独立摄像机，计算机则多为个人计算器，而显示设备则主要分为投影显示器、HMD和手持显示器。虽然空间投影[43-44]可添加丰富的视觉效果，但当移动计算来临时，宽阔的工作场景作为数字和动态信息的输出通道，使基于HMD方案可以提供多用户共享操作[45]。同时，智能移动设备作为最普遍的手持显示器，则偏向个人定制领域。在硬件设备从分散组合到一体化集成的过程中，智能移动设备赋予了系统便携性，但也削弱了交互能力。一是交互功能多基于屏幕按键查看虚拟要素，缺少了桌面端的实物操作；二是视频透视式的显示方式存在视点不完全与用户匹配的痛点。以谷歌智能眼镜为代表的专用AR设备具备取而代之的潜力。

专用AR设备的优势体现在额外提供了多种虚拟信息与真实对象的关联情况——世界绑定、对象绑定和屏幕绑定。世界绑定场景特定于某一固定坐标的明确位置，多见于户外环境；对象绑定场景多见于用户可操做的移动物体；屏幕绑定场景则始终将虚拟信息显示在用户面前，多用于虚拟操作面板。专用AR设备可以实现3种场景的融合，相比之下，投影多用于对象绑定设计，智能移动设备则多用于屏幕绑定设计。

目前，系统硬件组成偏向一体化，基于移动智能设备的增强地图应用凭借低成本、高普及度的优势发展迅猛。专用AR设备的未来则在保持高交互性和协同视角的同时去掉“专用”特性以服务大众用户。

3.2　用户交互

增强地图是典型的多硬件集成系统，以投影显示

器、HMD和手持显示器为主，搭配物理模型、卡片、数字笔、PDA、手势、语音等多通道媒介衍生出的变体组合构成了复杂的用户交互方式。而增强地图的本质是对平面纸张的增强，纸张这一概念先后作为信息输入源、有形用户界面和多用户交互框架3种角色出现。

在数字媒介出现时，如何使纸质信息与计算机资源进行交互成为提高工作效率的重要问题之一。一种基于相机与投影的交互组合提供了可行的解决方案[46-47]，其通过相机捕捉手势位置读取对应的纸质信息，实现了一种纸质信息数字化的计算方法。这种技术在20世纪末有广泛的应用需求，但在数字化发展的今天，其更多地以混合现实空间的工作方式存在[48-49]。

21世纪初，基于人工标识方法的兴起使纸张构成了一种有形的用户界面，主要发挥两种作用。一是作为识别的锚点，精准快速地定位摄像机与真实世界的位置关系；二是作为虚拟工具的交互手柄，如通过识别标记纸张进行图层切换、视图缩放[50]等功能。

随着基于自然特征方法有效性的提高[51]，以地图为代表的二维信息媒介一跃成为用户交流信息的框架。基于其符号系统和数学基础，地图以框架的地位确定了交互主题的内容来源，规范了虚拟要素与地图的位置一致性，用户多采用虚实对照的方式探索地图内容。

目前，增强地图的交互发展受到视频透视式显示设备的限制，逐渐丢失了AR在操作物理界面和虚拟内容上的优势，回到了透过屏幕查看信息的状态，智能的脑机接口技术有望打破这一窘境。

4 增强地图的技术实现

AR系统开发经历了独立开发到平台集成的一般化过程。早期的增强现实系统从图像识别匹配到虚实融合显示要经历复杂的独立开发，HMD结合ARToolKit工具包是最常见的组合。当下流行的基于SDK开发方式得益于AR算法的成熟，多种AR SDK使应用开发灵活多变，也出现了PapARVis Designer[52]等增强可视化的设计工具。近年，通用建模工具凭借其场景构建能力在内容创作上对AR技术十分友好，催生了基于3D引擎的开发方式，仅以Unity引擎为基础的解决方案就有Qualcomm Vuforia、Metaio Mobile SDK和EasyAR等多种插件工具。

4.1 技术流程

AR系统三大特性包括真实世界和虚拟世界的融合显示、实时交互和虚实配准[53]。无论哪一种开发方式，跟踪注册是关键性基础。现实环境下的无标识跟踪注册多基于同时定位和构建环境地图技术[54]，而增强地图研究则基于图像识别与匹配。文献[55]提出增强地图的关键技术包括地图标识的计算机识别、空间匹配方法和显示交互，图像识别与匹配、注册配准和虚实融合显示3个步骤顺次衔接，构成了增强地图技术关键流程。

图像识别与匹配作为跟踪注册的基础，主要完成地图关键信息的提取，决定了视频流影像与模板库影像是否匹配和位置注册的准确性。增强信息的显示基于世界坐标系，每次注册的锚点都是由世界坐标系中识别的特征点决定，而锚点又关联虚拟空间坐标系与世界坐标系的转换。

注册配准指准确地在现实世界中显示虚拟要素的位置，一般包括模型变换、视图变换和投影变换3个过程，以实现由世界坐标系（3D）—相机坐标系（3D）—虚拟空间坐标系（3D）—显示屏幕坐标系（2D）的转换。以智能移动设备端的增强地图为例，其通常无需模型变换，只需要追踪地图特征；视图变换保证了设备与虚拟环境视角的联动；投影变换则以识别的自然特征为场景的三维坐标原点，渲染虚拟物体并显示在设备上。

在虚实融合显示上，为保持地图信息和增强信息的可读性，增强地图设计应使扩展的信息与原地图保持视觉编码有效性，使补充的信息与地图保持图形一致性。在遮挡关系上，因为地图是一张平面图，不存在垂直结构的遮挡，显示需求主要分为虚拟要素全遮挡地图、半遮挡地图两种。通用显示技术一般默认虚拟物体为全遮挡显示，对于虚拟要素无法覆盖的外围面积，可叠加明亮的虚拟平面。半遮挡方法则通过半透明度覆盖的方式实现地图和虚拟物体的可见性。

4.2 图像识别关键技术

AR平面跟踪方法是增强地图实现的关键技术，分为基于标识物和基于自然特征检测两种。基于标识物的跟踪方法先在计算机内部建立数字模型，后通过真实的物理标识物与数字模型匹配；而基于自然特征检测跟踪则先扫描物理环境构建数字模型，后将跟踪模型匹配到摄像机画面中。

前期的增强地图研究多基于人工标识的方法进行独立开发。ARToolKit可以确定视频流中摄像机与标记的相对位置，通过标记与已知图案尺寸和检测到的方向，计算位置矩阵后设置虚拟显示坐标的位置，再通过OpenGL API绘制虚拟对象。

为使基于自然特征的方法可用于AR实时跟踪[56-58]，传统SIFT等算法需不断得到改进，如添加仿射

投影[59]、场景采样[60]、深度信息等步骤。文献[61]对比了SURF、ORB等算法，提出针对地图图像性能表现优秀的基于ORB和Lucas-Kanade光流法。文献[62]组合了基于标识物和基于自然特征检测两种方法，将地图标识分为全图图廓标识和局部地物标识两类，提出了一种利用地图标识库实现自适应处理标识信息的方法。

基于自然特征的方法均直接对某一图像的自然特征进行跟踪。其通过图像分析，计算并检测出纸质地图中兴趣区的自身几何、颜色等特征信息（如道路交接点、曲直性等）。这一过程通常对地图图像具有较高的要求，如丰富的细节、较高的对比度和无重复图像等，而不同地区的地图图像往往不能同时满足这些要求。同时，这种方法难以将这些特征按照地图要素进行分类，只适用于全局或局部地理信息的增强，若要识别小目标地图要素，则使问题又回到了传统的地图符号识别中。

基于移动深度学习框架的目标检测为小目标地图符号的增强提供了新的可能。基于卷积网络的深度学习技术打破了传统的图像识别方法，YOLO系列算法对小目标识别检测的精度和效率逐渐提高[63]。迁移学习方案使更多轻量级的预训练模型可转换为地图要素的目标检测模型，简化了AR与深度学习的结合，产生了基于本地端、基于云端或边缘端和基于协作式三种架构[64]。综上，不难发现图像识别技术支撑了增强地图的内容表达，使其逐渐从全局范围过渡到单个要素的增强。

5 结　语

以AR技术打造的自然用户界面具有颠覆图形用户界面的可能，地理数据与AR接口的探索带来前所未有的可视化效果和交互体验。增强地图研究具备鲜明的多学科融合交叉特性，无论从人机交互协作还是虚拟信息表达的角度来看，其本质是一种增强静态的地理可视化，重在对地理信息的补充、更新、突出显示。为区别于其他学科的研究重点，其在地图学下的特性应包括地理要素与虚拟信息的空间对齐、增强可视化表达的视觉一致性和空间认知有效性。

参考文献

[1] 宁津生. 测绘科学与技术转型升级发展战略研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2019,44(1):1-9

[2] 闾国年,俞肇元,袁林旺,等. 地图学的未来是场景学吗?[J]. 地球信息科学学报,2018,20(1):1-6

[3] 王熠中. 虚拟地理环境中目标定位与虚实结合方法研究[D]. 福州:福州大学,2013

[4] Cheng K H, Tsai C C. Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research[J]. Journal of Science Education and Technology, 2013, 22(4): 449-462

[5] Feiner S, Macintyre B, Hllerer T, et al. A Touring Machine: Prototyping 3D Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 1997, 1(4):208-217

[6] Thomas C, Mitzell D W. Augmented Reality:an Application of Heads-up Display Technology to Manual Manufacturing Processes[J]. System Sciences, 1992(8):659-669

[7] Kato H, Billinghurst M, Poupyrev I, et al. Virtual Object Manipulation on a Table-top Arenvironment[C]//Proceedings IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISAR 2000), IEEE, 2000:111-119

[8] 周忠,周颐,肖江剑. 虚拟现实增强技术综述[J]. 中国科学, 2015,45(2):157-180

[9] Ishii H, Underkoffler J, Chak D, et al. Augmented Urban Planning Workbench: Overlaying Drawings, Physical Models and Digital Simulation[C]//Proceedings International Symposium on Mixed and Augmented Reality, IEEE, 2002: 203-211

[10] Bobrich J, Otto S. Augmented Maps[J]. International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2002, 34(4):502-505

[11] Bier E, Stone M, Pier K, et al. Toolglass and Magic Lenses: The See-through Interface[C]//Conference on Human Factors in Computing Systems, Boston, Massachusetts, USA, 1994

[12] Looser J M, Cockburn A. Through the Looking Glass: The Use of Lenses as an Interface Tool for Augmented Reality Interfaces[C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and South East Asia, 2004:204-211

[13] Reilly D, Rodgers M, Argue R, et al. Marked-up Maps: Combining Paper Maps and Electronic Information Resources[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2006, 10(4):215-226

[14] 孙敏,陈秀万,张飞舟,等. 增强现实地理信息系统[J]. 北京大学学报(自然科学版),2004,40(6):906-913

[15] 杜清运,刘涛. 户外增强现实地理信息系统原型设计与实现[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2007,32(11):1 046-1 049

[16] 王晓庆,丁鹏辉,刘祥明,等. 地理国情AR“纸智图”的研究与实现[J]. 地理空间信息,2021,19(6):13-16

[17] 王占刚,朱希安. 移动地图增强现实系统设计与实现[J]. 北京信息科技大学学报(自然科学版),2016,31(5):36-40

[18] 王丹婷. 古建筑虚拟仿真增强现实地图产品的设计与实现[D]. 长沙:湖南大学,2018

[19] 郭健,陈辉,徐旺,等. 应用模式的增强现实地图内容表达研究[J]. 测绘科学技术学报,2020,37(5):516-524

[20] 高俊,曹雪峰. 空间认知推动地图学学科发展的新方向[J]. 测绘学报,2021,50(6):711-725

[21] 王家耀. 时空大数据时代的地图学[J]. 测绘学报,2017,46(10):1 226-1 237

[22] 武芳,巩现勇,杜佳威. 地图制图综合回顾与前望[J]. 测绘学报,2017,46(10):1 645-1 664

[23] 艾廷华. 大数据驱动下的地图学发展[J]. 测绘地理信息,2016,41(2):1-7

[24] Lloyd R. Learning Spatial Prototypes[J]. Annals of the Association of American Geographers,2015,84(3):418-440

[25] Wiener J M,Büchner S J. Taxonomy of Human Wayfinding Tasks: A Knowledge-based Approach[J]. Spatial Cognition & Computation:An Interdisciplinary Journal, 2009, 9(2): 152-165

[26] Siegel A W,White S H. The Development of Spatial Repre Sentations of Large-scale Environments[J]. Advances in Child Development and Behavior,1975(10):9-55

[27] 凯文·林奇. 城市意象. 第2版[M]. 北京:华夏出版社,2011

[28] 徐磊青. 环境心理学[M]. 上海:同济大学出版社,2002

[29] 刘安森. 纸质地图的增强现实表达设计与实现[D]. 郑州:信息工程大学,2018

[30] Oulasvirta A, Estlander E S, Nurminen E A, et al. Embodied Interaction with a 3D Versus 2D Mobile Map[J]. Personal & Ubiquitous Computing,2007,13(4):303-320

[31] Burgess N. Spatial Memory:How Egocentric and Allocentric Combine[J]. Trends in Cognitive Sciences , 2006 , 10(12):551-557

[32] Meilinger T, Frankenstein J, Watanabe K, et al. Reference Frames in Learning from Maps and Navigation[J]. Psychological Research,2015,79(6):1 000-1 008

[33] Eggert D A H U. Augmented Reality Visualization of Archeological Data[C]//Buchroithner Mapn. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,2014

[34] 李双宇,吴芳华,徐道柱,等. 移动端AR技术在海洋地貌可视化中的应用[J]. 地理空间信息,2021,19(3):50-54

[35] Hedley N R, Billinghurst M, Postner L, et al. Explorations in the Use of Augmented Reality for Geographic Visualization[J]. Presence Teleoperators & Virtual Environments, 2002,11(2):119-133

[36] Ma X, Sun J, Zhang G, et al. Enhanced Expression and Interaction of Paper Tourism Maps Based on Augmented Reality for Emergency Response[C]//Proceedings of the 2018 2nd International Conference on Big Data and Internet of Things,2018:105-109

[37] Jeries B, Andreas K, George P, et al. Augmented Paper Maps:Design of POI Markers and Effects on Group Navigation[J]. Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments,2016,8(5):515-530

[38] Almeida D,Pereira G H,Stock K,et al. Augmented Reality and Maps: New Possibilities for Engaging with Geographic Data[J]. The Cartographic Journal,2017,54(4):313-321

[39] Reitmayr G,Eade E,Drummond T. Localisation and Interaction for Augmented Maps[C]//Fourth IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality,2015

[40] Paelke V,Sester M. Augmented Paper Maps: Exploring the Design Space of a Mixed Reality System[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2010,65(3):256-265

[41] 徐旺,游雄,胡宗敏. 面向位置态势系统的纸地图增强现实表达方法研究[J]. 测绘科学技术学报,2020,37(5):509-515

[42] Mcgee D R, Cohen P R, Wu L. Something from Nothing: Augmenting a Paper-based Work Practice Via Multimodal Interaction[C]//Proceedings of Dare 2000 on Designing Augmented Reality Environments,2000

[43] Raskar R,Low K L. Interacting with Spatially Augmented Reality[C]//Proceedings of the Ist International Conference on Computer Graphics,Virtual Reality and Visualisation,2001

[44] Raskar R, Chen W, Welch G. Table-Top Spatially-Augmented Reality: Bringing Physical Models to Life with Projected Imagery[C]//Los Alamitos,CA,USA: IEEE Computer Society,1999

[45] Dieter S G R. Augmented Reality as a Medium for Cartography[M]. Springer Berlin Heidelberg,2007

[46] Newman W, Wellner P. A Desk Supporting Computer-Based Interaction with Paper Documents[C]//Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems,1992:587-592

[47] Wellner P. Interacting with Paper on the DigitalDesk[J]. Communications of the ACM,1993,36(7):87-96

[48] Li Z, Annett M, Hinckley K, et al. Holo Doc: Enabling Mixed Reality Workspaces that Harness Physical and Digital Content[C]//Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems,2019:1-14

[49] Kim T, Saket B, Endert A, et al. Visar: Bringing Interactivity to Static Data Visualizations Through Augmented Reality[J]. arXiv Preprint arXiv:1708. 01377,2017

[50] Asai K,Kondo T,Kobayashi H,et al. A Geographic Surface Browsing Tool Using Map-based Augmented Reality[C]// 2008 International Conference Visualisation. IEEE, 2008: 93-98

[51] Ufkes A,Fiala M. A Markerless Augmented Reality System

for Mobile Devices[C]//2013 International Conference on Computer and Robot Vision,2013:226-233

[52] Chen Z, Tong W, Wang Q, et al. Augmenting Static Visualizations with Papar Vis Designer[C]//Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems,2020:1-12

[53] Azuma R T. A Survey of Augmented Reality[J]. Presence: Teleoperators & Virtual Environments,1997,6(4):355-385

[54] 马金盾,张雷,张杰. 基于SLAM的增强现实三维注册技术综述[C]. 第七届中国指挥控制大会,2019

[55] 张岸,庄剑顺,齐清文,等. 基于增强现实技术的纸质地图增强表达与交互[J]. 热带地理,2012,32(5):476-480

[56] Uchiyama H,Saito H,Servières M,et al. AR City Representation System Based on Map Recognition Using Topological Tnformation[C]. International Conference on Virtual and Mixed Reality. Springer,Berlin,Heidelberg,2009:128-135

[57] Schöning J, Krüger A, Müller H. Interaction of Mobile Camera Devices with Physical Maps[C]//Adjunct Proceeding of the Fourth International Conference on Pervasive Computing,2014,121-124

[58] Park J, You S, Neumann U. Natural Feature Tracking for Extendible Robust Augmented Realities[C]//IWAR '98: Proceedings of the International Workshop on Augmented Reality: Placing Artificial Objects in Real Scenes: Placing Artificial Objects in Real Scenes,1999:209-217

[59] Jiao Z. Markerless Registration Based on Natural Features Tracking for Augmented Reality[C]. International Conference on Advanced Computer Science and Electronics Information (ICACSEI 2013),Atlantis Press,2013

[60] Santos I,Lima J P,Simes F P M,et al. Model Based 3D Tracking Techniques for Markerless Augmented Reality[C]. XI Symposium on Virtual and Augmented Reality,2009

[61] 叶辉. 纸质地图增强表达关键技术研究[D]. 郑州:信息工程大学,2018

[62] 徐旺,李爱光. 纸地图增强现实对准技术研究[J]. 测绘科学技术学报,2016,33(2):185-190

[63] Redmon J , Farhadi A. Yolov3:An Incremental Improvement[J]. arXiv Preprint arXiv:1 804. 0276 7,2018

[64] 高文婷,刘越. 面向移动增强现实的实时深度学习目标检测方法综述[J]. 图学学报,2021,42(4):525-534

（上接第61页）

过程。研究了多尺度影像分割在不同参数设置下的分类效果，得出了较为合适的多尺度分割参数。逐步建立了影像条件可以满足的尽可能全面的自然资源分类体系，使用基于对象的分类方法进行分类实验。通过对验证区域的参考分类结果和实验结果叠加分析，进行了分类精度评价，影像分类精度达到了78.66%。通过对一系列实验过程及结果的分析，对南沙区影像在实验各个流程中的区别及联系进行了横向对比，总结了其中的规律，显示了基于高分六号的面向对象遥感影像分类方法在自然资源调查中具有较好的应用价值。

参考文献

[1] Kamavisdar P, Saluja S, Agrawal S. A Survey on Image Classification Approaches and Techniques[J]. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering,2013,2(1):1 005-1 009

[2] Lu D,Weng Q. A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance[J]. International journal of Remote sensing,2007,28(5):823-870

[3] 祝振江. 基于面向对象分类法的高分辨率遥感影像矿山信息提取应用研究[D].北京:中国地质大学(北京校区),2010

[4] 关元秀. eCognition基于对象影像分析教程[M]. 北京:科学出版社,2019

[5] Tab F A, Naghdy G, Mertins A. Scalable Multiresolution Color Image Segmentation[J]. Signal Processing, 2006, 86(7):1 670-1 687

[6] Tan Q L, Liu Z J, Shen W. An Algorithm for Object-oriented Multi-scale Remote Sensing Image Segmentation[J]. Journal of Beijing Jiaotong University,2007,31(4):111-114

[7] 张正健,李爱农,雷光斌,等.基于多尺度分割和决策树算法的山区遥感影像变化检测方法:以四川攀西地区为例[J]. 生态学报,2014,34(24):7 222-7 232

[8] 佃袁勇,方圣辉,姚崇怀.多尺度分割的高分辨率遥感影像变化检测[J].遥感学报,2016,20(1):129-137

[9] 邵鹏. 基于多尺度分割的高分遥感影像主要地物信息提取技术研究[D].长春:吉林大学,2015

[10] 曾志远. 卫星遥感图像计算机分类与地学应用研究[M]. 北京:科学出版社,2004

[11] 孙家炳. 遥感原理与应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社,2003