

# 面向真正射影像处理的对象定义及其语义关联

于杰<sup>1</sup>, 朱庆<sup>1,2</sup>, 徐冠宇<sup>1</sup>

(1.武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079; 2.西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 610031)

## 基金项目:

国家“973计划”项目(2010CB731801)资助, 国家自然科学基金项目(41021061, 41201413)资助

## 作者简介:

周于杰(1984-), 女, 山东威海人, 摄影测量与遥感专业博士研究生, 主要研究方向为真正射影像处理。

## E-mail:

yujie2xw@126.com

收稿日期: 2013-07-26

**【摘要】**真正射影像作为新一代数字影像产品, 其应用需求日益广泛。随着高分辨率倾斜影像的日益可得, 逐像素处理的真正射影像生产方法局限性越来越突出。为此, 针对面向对象的真正射影像处理, 本文提出了物方对象和像方对象的概念, 并描述了两类对象间的语义关联关系, 并用实例分析了其特殊价值。

**【关键词】**真正射影像; 物方对象; 像方对象; 语义关联

## The Definition of Objects and Semantic Relationship for Object-oriented True Ortho Image Production

YU Jie<sup>1</sup>, ZHU Qing<sup>1,2</sup>, XU Guanyu<sup>1</sup>

(1.State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping & Remote Sensing Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2.Faculty of Geosciences and Environmental Engineering of Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** True ortho-photo has played increasing important role in urban applications, instead of traditional ortho-photo. There are a lot of problems during true ortho-photo generation process under the pixel-oriented strategy, especially for the high resolution images. It is necessary to promote a high-level object-oriented strategy instead of a low-level pixel-oriented strategy. This paper defines physical objects and image object containing geometric and semantic information and also establishes the relationship between the physical objects and image objects. At last, the special application value of the objects and semantic relationship has been analyzed.

**Keywords:** True Ortho-photo; Physical Object; Image Object; Semantic Relationship

## 0 引言

近年来, 随着多平台、多角度的高分辨率影像的日益可得和智慧城市的快速发展, 真正射影像成为新一代影像地图产品, 其应用需求日益广泛。与传统正射影像相比, 真正射影像利用数字表面模型(Digital Surface Model, DSM)代替数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)进行正射纠正, 改正了原始影像中地形和地物的几何变形, 避免了高大建筑对其它地形地物的遮挡, 影像色彩均

匀、无缝过渡, 处处为垂直的影像视角<sup>[1,2]</sup>。

目前的真正射影像制作方法与生产系统, 均是以地面格网和影像像素为单元进行纠正和灰度内插赋值, 属于典型的“像素级”处理, 存在的主要问题包括: 对DSM精度要求较高, 使得计算量剧增, 处理代价巨大<sup>[3,4]</sup>; 对地表采样间距敏感, 可能造成伪遮挡和伪可见等局部遮挡检测结果错误<sup>[5,6]</sup>; 灰度采样难以保证地物的几何特征和纹理结构完整<sup>[7,8]</sup>; 影像间辐射质量差异导致拼接线明显, 需要匀光、羽

化等辐射处理<sup>[9]</sup>。针对上述问题, 作者提出了“面向对象”(object-oriented)的思想, 研究提出了面向对象的真正射影像生产方法, 将“像素级”处理提升到“对象级”<sup>[10]</sup>。该方法可以有效利用像素本身灰度信息及像素间的关联信息, 简化、突出重要的感兴趣信息, 如几何特征、纹理结构、辐射特性等。

本文定义了真正射影像生产中的物方对象和像方对象, 并给出了对象的语义描述, 介绍了对象间的语义关联关系, 从而为面向对象的

真正射纠正和影像优化采样,保证真正射影像产品中地形和地物的准确纠正、特征保持和纹理完整奠定了基础。

## 1 物方对象及其语义描述

影像的真正射纠正需要预先获得足够分辨率的DSM,DSM涵盖了地形、地貌高程以及地表建筑物、桥梁和树木等地物的高程,是地球表面三维景观的完整表达。真正射影像生产早期使用的DSM是简单通过数字高程模型(DEM)与数字建筑物模型(DBM)融合获得,存在DBM获取代价过高、与DEM时效性不一致、融合损失精度等问题<sup>[1,2]</sup>。随着Lidar技术的快速普及和摄影测量技术的发展,目前大规模高精度DSM的生产主要有两种途径:机载激光雷达扫描和高分辨率航空或航天摄影。采用激光扫描点云获取的高分辨率DSM<sup>[11]</sup>,平面精度不高,且建筑物附近非建筑点如植被点的去除还存在困难。基于多视影像密集匹配也可以直接得到足够分辨率的DSM<sup>[12]</sup>,以像素工厂生产软件为例,存在以下缺点:对影像重叠度依赖性较强,尤其在建筑物密集的城市区域;生成的DSM点云缺乏准确的地物轮廓边界特征信息,且内插后不能完全贴合地表,可能导致地物边缘模糊和局部失真;多视匹配与同名点记录计算量大,往往需要并行处理,对软硬件要求高。

为了解决上述问题,相关学者提出了改进方法:如结合树木与地形的冠盖模型(Canopy Surface

Model,CSM)方法<sup>[13]</sup>,仅采取冠盖顶部而忽略冠盖之下与真正射纠正无关的地表数据。该方法仅针对植被使用,缺乏对其他地物的适用性。还有基于Constructive Solid Geometry(CSG)表达的数字建筑物模型的方法<sup>[14]</sup>,抽取建筑物的基本形状(体素)并对体素进行几何变换和布尔运算,构建建筑物的三维模型。该方法具有一定的灵活性和可移植性,但数据结构层次较多、建模工程复杂且CSG体素库仅能匹配简单模型,适应性、通用性存在不足。由于植被的表面形态因为受季节变化影响很大,较为复杂,很难精确构建其模型,因此本文所探讨的DSM中的地物主要是指建筑物、道路和桥梁等城市典型三维景观实体,可有效反映城市发展变化。针对CSM、CSG等三维地表数据表达方式存在的不足,本文定义了物方对象的概念,以“对象”作为一种理想的地理空间表达方式,顾及了在景观尺度上对真实世界的表现;同时设计了更加通用、灵活的数据组织方式,便于真正射影像的准确、高效、自动化生产。

本文定义的物方对象是指影像区域所对应三维物方空间中具有独立语义信息,由连续几何面片构成的地形表面或地物顶部表面,包括连续的地形对象和相对独立的地物对象两大类。物方对象的语义信息包括:属性语义,如地形对象、建筑物对象、水面对象、桥梁对象等;几何语义,如具有三维坐标的特征点、线、面以及拓扑关系语

义。物方对象可以通过多种途径获得,如从三维城市模型、机载激光扫描点云、多角度影像等数据源(半)自动的方式提取。

真正射影像生产区域中所有的物方对象,在水平面上的投影为无缝、无重叠的连续表面。对于覆盖在地形上的建筑物、桥梁等地物对象,首先根据地物属性语义;对每一类对象,再根据其空间几何特征,定义顶点、底点、屋顶轮廓、底面、立面与顶面等几何语义以及拓扑关系语义。通过建立包含语义信息的不规则三角网(S-TIN),表达真正射影像生产区域内的物方对象:首先使用常规的三角网构网方式表达地形对象,然后在地形上面添加地物三维数据。根据已有的三维城市模型数据,建立每个地物对象的顶点列表和三角形列表,通过对对象的语义信息约束构网;利用地形对象和地物对象在水平面上的无缝投影,保证整个S-TIN的无缝拼接。为了高效的存储和管理物方对象数据、快速查找对象,用于面向对象的真正射纠正,应用二维k-D树剖分算法,计算S-TIN中每个地物对象平面多边形的最小外接矩形,以处理区域内平面三角形数量为阈值,建立XOY平面的k-D树空间索引,使得每一个索引叶节点中,三角形数量不超过限制。物方对象的表达如图1所示。

## 2 像方对象及其语义描述

在遥感影像的处理和分类中,基于单一像元的方法缺乏对均质性

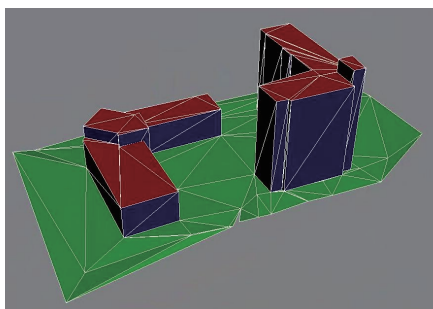


图1 不规则三角网表达的物方对象  
Fig.1 Expression of physical objects by TIN

区域的重视，未能整合邻域像元的信息；而基于对象的方法取得巨大的成功，原因不仅在于它是一种更高级的图像处理方式，更在于这种转变使得人们不再单纯的通过影像灰度分类获取空间信息，而是可以从更高层次上对遥感数据提供的空间信息进行理解<sup>[15]</sup>。影像对象是影像上具有相同或相似的光谱、形状、纹理等特征的均质连续区域，是由像元组成集合体<sup>[16]</sup>。同传统的单一像元相比，影像对象利用像素本身灰度信息及像素间的关联信息，对大量的无偏、客观数据进行快速的收集与分析，可以更加详细准确地识别、提取、解译地面物体，受到了国内外的广泛关注<sup>[17,18]</sup>。

现有的基于对象的影像分析方法，主要是利用影像分割获取对象后，将这些对象用于进一步分类。某种意义上，这只是一种高级的图像处理方式。对象的语义信息包含属性、特征及其他辅助信息，可以描述对象多方面的特征，如影像对象的光谱统计特征、形状、大小、纹理、相邻关系等因素，能够得到更为精确的信息提取结果<sup>[19]</sup>。同

时，影像对象的语义描述与量化也增加了特征的表达方式，有助于更好地理解影像。

影像对象作为信息提取过程中的中间实体，可以提供正确优质的对象纹理用于为真正射纠正和影像优化重采样，是实现面向对象真正射影像生产技术的关键。在影像中获取正确的建筑物对象纹理用于真正射纠正与纹理优化采样的基础。传统的影像对象提取主要是基于单幅影像或立体像对的二维灰度信息，缺乏三维特征信息，对建筑物纹理及三维结构信息的获取十分有限，且存在遮挡和阴影等问题。近年来，多视影像逐渐得到人们重视，相对于传统单幅影像，多视影像以大范围、高精度、高清晰的方式全面感知复杂场景，对城市地区的遮挡区域纹理修复有重要的意义。由于影像间的质量差异和城市三维场景的多样性和复杂性，自动地从影像背景中分割出建筑物对象并进行语义信息提取的困难很大，有将影像分割与立体匹配相结合，对二维影像与三维场景进行联动的对象分割的方法<sup>[20]</sup>，也有面片检测和拟合的方法<sup>[21]</sup>，对细节要求较高的部分还可能后期的人工调整。基于多角度影像丰富的冗余信息，充分利用三维特征等人眼可识别信息，如纹理、遮挡、阴影等，可以在多视影像中获取真正射影像生产所需要地形对象和建筑物等典型地物对象，并将其形状、结构等几何特征和阴影等辐射特征作为

对象语义进行存储、管理和使用。

本文定义的像方对象是指用于真正射影像生产的灰度或彩色影像上辐射特征一致、局部相关性最大、边缘明确且结构紧密的纹理区域。像方对象的语义信息包括几何语义和属性语义。几何语义包括对象在影像上的二维几何以及拓扑关系；像方对象的属性语义包括三部分内容：一是对应的物方对象的分类；二是纹理可见性、完整性、阴影和辐射质量等信息；三是所在影像序列号、成像天底角等便于快速定位、查找、索引的外方辅助信息。像方对象可利用影像匹配、影像分割、GIS辅助或人机交互等方式提取，其丰富的语义信息可通过三维信息辅助和遮挡和阴影检测等相关的算法获得，大部分算法已较为成熟。

提取多视影像中的像素图斑及其语义信息，依据图斑内容，建立像方对象，表达为影像上相同语义的像元集合。像方对象的几何语义表达为边界多边形：将图斑边界像素的行、列号表达为二维坐标，将图斑内像素表达为二维点，以逆时针集合连接成几何点集。提取和存储像方对象的几何信息后，根据成像关系，将像方对象与物方对象对应，记录地形或地物属性。用于真正射影像生产的是地形和地物的顶部纹理，立面纹理可忽略。对影像的遮挡和阴影进行检测，赋予像方对象相应的语义信息。像方对象的表达如图2所示。



图2 影像纹理划分表达的像方对象

Fig.2 Expression of image objects by image segmentation

### 3 物方对象与像方对象之间的关联关系

根据航摄过程中序列影像成像原理可知，地表是唯一的而多视影像存在一定的重叠度，因此物方对象与像方对象之间存在一对多的对应关系。利用共线方程可以计算得到物方对象和像方对象之间严密的几何映射关系；但是成像时摄影光线可能会被地面上有一定高度的目标物体遮挡，造成目标物体自身或者地面上的局部区域在影像上不可见的现象，因此物方对象与像方对象之间需要利用多视影像的冗余信息，进行可见性判断或遮挡检测，建立正确的可视对应关系：同一物方对象可对应多个像方对象，其中包括完全可见和部分可见，完全不可见的情况下则无对应，具体如图3所示。物方对象AC在像片S1上完全不可见，在像片S2上部分可见，在像片S3上完全可见。

物方对象与像方对象之间除了通过成像映射、共线方程建立的几何关联关系之外，还可利用丰富的

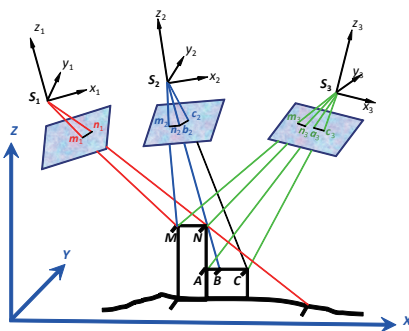


图3 物方对象与像方对象一对多的映射关系  
Fig.3 Mapping relationship between physical objects and image objects

语义信息建立语义关联关系。具体如图4所示。在以对象为基本单元进行真正射纠正和影像重采样的过程中，筛选可见、完整、辐射质量佳的像方对象用于纹理优化采样，自适应规避遮挡和阴影区域影像。由于物方对象包括大量的三维几何数据和语义信息、像方信息包括大量的多角度影像以及丰富的语义信息，且对象之间存在几何和语义关联关系，因此需要建立对象信息的全局多层次空间索引，用于存储、组织和管理海量异构数据及其语义信息，为高性能的几何与辐射联合的真正射影像生产奠定基础。

### 4 结束语

基于本文提出的物方对象和像方对象，可以充分考虑纹理结构的完整性和影像辐射质量，实现纹理逐对象的优化采样，并有利于实现遮挡补偿和阴影恢复等复杂问题的

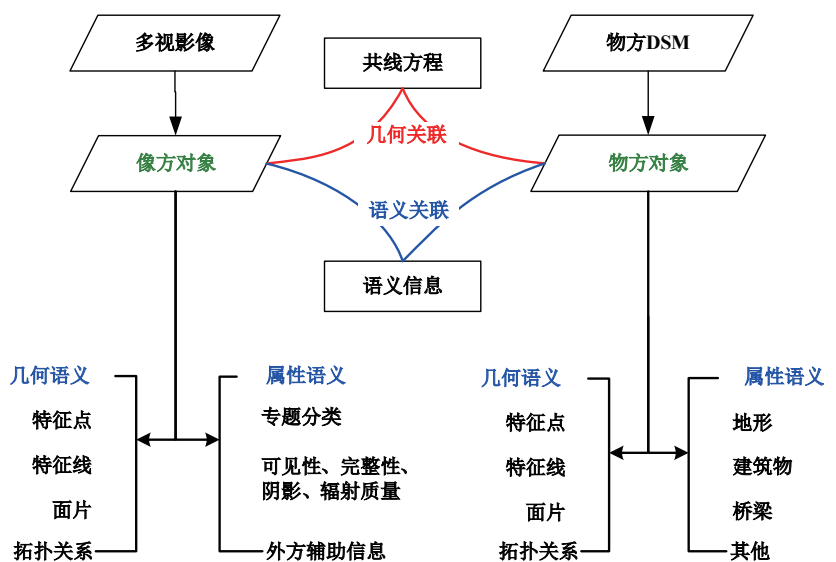


图4 物方对象与像方对象的几何与语义关联

Fig.4 Semantic relationship between physical objects and image objects


自动化智能化处理。进一步地研究包括大规模倾斜影像数据中海量物方对象和像方对象数据的高效组织管理,以及在真正射影像纠正过程中的并行处理等。

## 致谢

本文调研工作得到陕西省测绘局成燕辉副局长、张雪萍博士、江苏省测绘局沈泉飞工程师、南京师范大学曹敏博士、辽宁工程技术大学王竞雪博士的大力帮助,谨致谢意。

## 参考文献

- [1] Amhar F, Josef J, Ries C. The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM[C]. International Archives Photogrammetry, Remote Sensing, 1998, 32(4):16-22.
- [2] Skarlatos D. Orthophotograph production in urban areas[J]. Photogrammetric Record, 1999:643-650.
- [3] Braun J. Aspects on True-Orthophoto Production[C]. Proceedings, 49th Photogrammetric Week, Stuttgart, Germany, 2003, pp. 205-214.
- [4] 史照良, 沈泉飞, 曹敏, 等. 像素工厂中真正射影像的生产及其精度分析[J]. 测绘科学技术学报, 2007, 24(5):332-335.
- [5] Rau J, Chen N, Chen L. True orthophoto generation of built-up areas using multi-view images[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2002, 68(6):581-588.
- [6] Habib A F, Kim E, Kim C. New methodologies for true orthophoto generation[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2007, 73(1):25-36.
- [7] Zhou G, Chen W. A comprehensive study on urban true orthorectification[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2005, 43(9):2138-2147.
- [8] Bang K, Habib A F. Comparative analysis of alternative methodologies for true orthophoto generation[C]. ASPRS 2007 Annual Conference Tampa, Florida: 2007.
- [9] 李德仁, 王密, 潘俊. 光学遥感影像的自动匀光处理及应用[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2006, 31(9):753-756.
- [10] 朱庆, 于杰, 杜志强, 等. 面向对象的真正射影像纠正方法[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2013, 38(7):757-760.
- [11] Gunay A, Arefi H, Hahn M. Semi-automatic true orthophoto production by using LIDAR data[C]. 2007.
- [12] Zhang L. Automatic Digital Surface Model (DSM) Generation from Linear Array Images[D]. Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2005.
- [13] Sheng Yongwei. True orthoimage production for forested areas from large-scale aerial photographs[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2003:259-266.
- [14] 谢文寒, 周国清. 城市大比例尺真正射影像阴影与遮挡问题研究[J]. 测绘学报, 2010, 39(2):52-58.
- [15] 余柏菡, 刘红星, 吴健平. 面向对象的都市空间信息遥感分析的理论框架[J]. 华东师范大学学报:自然科学版, 2010, 11(6):12-25.
- [16] 陈启浩. 面向对象的多源遥感数据分类技术研究与实现[D]. 武汉:中国地质大学, 2007.
- [17] Blaschke. Object based image analysis for remote sensing[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2010(65):2-16.
- [18] Kakoli S, Neil A, Wells. An object-oriented approach to automated landform mapping: A case study of drumlins[J]. Computers and Geosciences, 2011(37):1324-1336.
- [19] 谭衢霖. 高分辨率多光谱影像城区建筑物提取研究[J]. 测绘学报, 2010, 39(6):618-623.
- [20] Bleyer, Rother, Kohli, Scharstein. Object Stereo-Joint Stereo Matching and Object Segmentation[C]. IEEE Conf on Computer Vision and Pattern Recognition, 2011:3081-3088.
- [21] 江万寿. 航空影像多视匹配与规则建筑物自动提取方法研究[D]. 武汉:武汉大学, 2004.

作者: [于杰](#), [朱庆](#), [徐冠宇](#), [YU Jie](#), [ZHU Qing](#), [XU Guanyu](#)  
作者单位: [于杰, 徐冠宇, YU Jie, XU Guanyu \(武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉, 430079\)](#), [朱庆, ZHU Qing \(武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079; 西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都 610031\)](#)  
刊名: [地理信息世界](#)   
英文刊名: [Geomatics World](#)  
年, 卷(期): 2013(5)

## 参考文献 (21条)

1. [Amhar F;Josef J;Ries C](#) [The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM](#) 1998
2. [Skarlatos D](#) [Orthophotograph production in urban areas](#) 1999
3. [Braun J](#) [Aspects on True-Orthophoto Production](#) 2003
4. [史照良;沈泉飞;曹敏](#) [像素工厂中真正射影像的生产及其精度分析](#)[期刊论文]-[测绘科学技术学报](#) 2007(05)
5. [Rau J;Chen N;Chen L](#) [True orthophoto generation of built-up areas using multi-view images](#) 2002(06)
6. [Habib A F;Kim E;Kim C](#) [New methodologies for true orthophoto generation](#) 2007(01)
7. [Zhou G;Chen W](#) [A comprehensive study on urban true orthophoto rectification](#) 2005(09)
8. [Bang K;Habib A F](#) [Comparative analysis of alternative methodologies for true ortho-photo generation](#) 2007
9. [李德仁;王密;潘俊](#) [光学遥感影像的自动匀光处理及应用](#)[期刊论文]-[武汉大学学报\(信息科学版\)](#) 2006(09)
10. [朱庆;于杰;杜志强](#) [面向对象的真正射影像纠正方法](#) 2013(07)
11. [Gunay A;Arefi H;Hahn M](#) [Semi-automatic true orthophoto production by using LIDAR data](#) 2007
12. [Zhang L](#) [Automatic Digital Surface Model\(DSM\) Generation from Linear Array Images](#) 2005
13. [Sheng Yongwei](#) [True orthoimage production for forested areas from large-scale aerial photographs](#) 2003
14. [谢文寒;周国清](#) [城市大比例尺真正射影像阴影与遮挡问题研究](#)[期刊论文]-[测绘学报](#) 2010(02)
15. [余柏菡;刘红星;吴建平](#) [面向对象的都市空间信息遥感分析的理论框架](#)[期刊论文]-[华东师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2010(06)
16. [陈启浩](#) [面向对象的多源遥感数据分类技术研究](#)[学位论文] 2007
17. [Blaschke](#) [Object based image analysis for remote sensing](#) 2010(65)
18. [Kakoli S;Neil A;Wells](#) [An object-oriented approach to automated landform mapping:A case study of drumlins](#) 2011(37)
19. [谭衢霖](#) [高分辨率多光谱影像城区建筑物提取研究](#)[期刊论文]-[测绘学报](#) 2010(06)
20. [Bleyer, Rother;Kohli,Scharstein](#) [Object Stereo-Joint Stereo Matching and Object Segmentation](#) 2011
21. [江万寿](#) [航空影像多视匹配与规则建筑物自动提取方法研究](#)[学位论文] 2004

引用本文格式: [于杰](#). [朱庆](#). [徐冠宇](#). [YU Jie](#). [ZHU Qing](#). [XU Guanyu](#) [面向真正射影像处理的对象定义及其语义关联](#)[期刊论文]-[地理信息世界](#) 2013(5)