

引文格式: 赵霞,汤圣君,刘铭崑,等.语义约束的RVT模型到CityGML模型的转换方法[J].地理信息世界,2015,22(2):15-20.

# 语义约束的RVT模型到CityGML模型的转换方法

赵霞<sup>1</sup>, 汤圣君<sup>1</sup>, 刘铭崑<sup>2</sup>, 朱庆<sup>2</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 611756)

## 基金项目:

四川省科技计划项目  
(2014SZ0106)资助

## 作者简介:

赵霞(1991-),女,河南商丘人,地图制图学与地理信息工程专业硕士研究生,主要研究方向为BIM与GIS数据集成与共享。

## E-mail:

zhaoxiaolive@163.com

收稿日期: 2015-03-10

**【摘要】**建筑信息模型(BIM)与地理信息系统(GIS)集成,不仅使得精细化的三维模型得到极大重用,同时两者的数据集成和共享可实现从几何到物理和功能特性的多尺度综合表达,已经成为新一代数字城市三维建模的关键途径之一。本文选取典型的BIM模型数据格式(RVT),提出语义约束的RVT模型到CityGML模型的转换方法,以BIM模型丰富的语义信息为约束实现几何简化及转换,同时实现了几何部件与语义信息的一一映射及语义输出,并以建筑模型、暖通、桥梁模型为例进行了验证。

**【关键词】**建筑信息模型(BIM);地理信息系统(GIS);Revit;几何;语义

**【中图分类号】**P2;TP301.6

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1672-1586(2015)02-0015-06

## Semantics-Constrained Conversion Approach of RVT Model to CityGML Model

ZHAO Xia<sup>1</sup>, TANG Shengjun<sup>1</sup>, LIU Mingwei<sup>2</sup>, ZHU Qing<sup>2</sup>

(1.State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China; 2 Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 611756, China)

**Abstract:** The integration of Building Information Model (BIM) with Geographic Information System (GIS), not only can make elaborate 3D models great reuse, but also can realize the comprehensive digital expression from geometry to physical and functional properties. The integration has become one of the main means to three-dimensional modeling of the new generation Digital City. This paper selected the typical BIM model data format (RVT), proposing a semantics-constrained conversion approach from RVT model to CityGML model. With the rich semantic information of BIM model as constraint, this paper achieved geometric simplification and transformation of BIM model, and realized the semantic output and one to one mapping of geometry components and semantic information. At last, it is validated by selecting building models, bridge models and Heating\Ventilation\Air Conditioning (HVAC) as examples.

**Key words:** building information model (BIM); geographic information system (GIS); Rrevit; geometry; semantics

## 0 引言

随着信息技术的发展,各领域间的协同合作已经成为发展趋势,而协同的核心是数据共享。近几年,建筑信息模型(BIM)由于其精细程度高,特征参数化,语义信息丰富,全生命周期的数字化管理等特点,在国内外建筑领域得到了大力推广和应用,已经成为了当下该领域的主要标准<sup>[1-2]</sup>。但是由于BIM精细程度高,导致模型数据量大,可视化预处理时间长,目前,应用还主要集中在对单个项目工程的设计和全生命周期的管理方面,例如单个桥梁、隧道,建筑物或者小范围的构造物综合体<sup>[3]</sup>。

三维GIS基于空间数据库技术,面向从微观到宏观的海量三维地理空间数据,侧重于大范围、宏观的数据管理和可视化分析与应用,强调地上、地下,室内、室

外完整三维空间实体的集成表示。尽管干涉雷达测量技术、摄影测量和激光扫描技术等新一代测量技术,可以获取高精度的地形表面模型,但是对复杂几何体,依然很难快速获取到大范围、高精度、多细节层次的几何体。目前,三维GIS的应用还是主要依靠人工建模手段,效率低、成本高<sup>[4]</sup>。

实现3D GIS宏观应用的广度和BIM精细应用的深度结合具有如下意义:

1) 大量高精度的BIM模型可作为3D GIS系统中一个重要的数据来源<sup>[4-5]</sup>;

2) BIM与三维GIS集成与融合能实现城市信息全生命周期信息化管理的革命性转变,可以深化多领域的协同应用,如建筑分析、城市规划、轨道交通建设等<sup>[6]</sup>,还可实现从几何到物理和功能特性的综合数字化表达,



从而实现对功能体的无差异化描述,实现跨专业的信息传递与共享。

本文选取典型BIM数据格式,研究BIM模型几何与语义信息的解析及数据转换方法。从几何、语义两个角度出发,从实践上探讨BIM与GIS的集成思路和方式。

## 1 BIM与GIS的集成现状

目前,国内外关于BIM与GIS的集成研究主要有以下两个方向:将基础数据模型融合,设计BIM模型与GIS的统一表达模型和将现有数据格式相集成。前者如El-Mekawy等人提出了一种统一的数据模型用于整合IFC和CityGML中的语义信息<sup>[6]</sup>。但是统一的表达模型包含多种几何表达模式,而且对象语义信息尚未标准化,因此,该方法实施起来较为复杂。大部分的研究工作多集中于将现有的数据格式相整合,例如Berlo使用ADE可以将IFC数据集成到CityGML中<sup>[7]</sup>。Isikdag.U和S.Zlatanova提出了一种从BIM模型自动转换成CityGML各LoD层次的转换框架<sup>[8]</sup>。Donkers提出了一种基于语义映射和三维几何运算的IFC模型到CityGML LoD3的自动转换方法,该方法对IFC中与CityGML LOD3模型相关的语义类型进行了分析,并在此基础上对相关的信息进行筛选,最后利用形态学算法和布尔运算提取出了模型的外壳,并赋之以正确的语义<sup>[9]</sup>。

目前已有有人通过简化BIM模型来实现BIM模型和GIS的集成。例如Isikdag(2006)尝试将行业标准IFC转换成ESRI公司研发的Shapefiles和Geodatabases。开放地理信息系统协会(简称OGC),已经完成CityGML和IFC模型集成的OWS-4试验台。与此同时已有商业软件开始研发从IFC到CityGML的双向转换(如IfcExplorer; Safe Software, BIMserver)。其中,IfcExplorer致力于IFC标准和CityGML标准的无缝整合,目前已能够实现对IFC模型和CityGML模型的导入,场景整合,模型规范验证。但是,当前仍在从事从IFC模型到较低细节层次(LoD2)的GIS模型的转换研究。BIM Server能够实现对IFC模型的数据库管理,支持IFC到CityGML几何模型的初步转换。但是,其功能仅限于对模型的仓库式存储和版本控制,无法独立实现对BIM模型的协同分析和应用。

然而到目前,由于不同领域对空间对象表达和理

解的差异,对象语义信息缺乏统一标准规范等现实问题,数据模型的融合还难于得到不同行业的认可,大部分的研究工作还集中在设计两种数据模型间的转换方法上,还没有可用的严格定义的语义和几何信息转换框架。本文根据Isikdag.U和S.Zlatanova提出的转换框架和Donkers的研究结果,从语义和几何角度思考RVT模型到GIS模型的数据转换方法,由于BIM模型中含有丰富的语义信息,可以满足语义信息表述相对匮乏的GIS模型,所以,首先对语义信息进行过滤,再根据多层次的语义信息为几何信息提供过滤条件,得到实体几何并保留相应语义信息,将得到的几何信息转换为GIS的表达形式,同时将与之关联的语义信息映射为GIS中对相关语义信息的表达,最终实现BIM到GIS的几何和语义信息的融合。

## 2 BIM模型与GIS模型比较

BIM与GIS应用领域的不同导致其具有不同的数据标准,数据模型上两者采用了不同的对象几何表达方式和语义描述方法。前者是针对建筑设计和分析应用的几何表达,具有丰富的建筑构造、建筑设施的几何语义信息;后者更加强调对空间对象的多尺度表达,并顾及对象几何、拓扑和语义表达的一致性。实现BIM与GIS的集成应用,应首先理清两种数据模型间数据表达的差异性,进而探讨两者的集成思路和方法。

### 2.1 几何表达异同

在几何表达方面,BIM模型通常采用的表达方式有三种:边界表示法(B-rep),扫描体以及构造实体几何模型(CSG)<sup>[10]</sup>。在边界模型中,通过多个组成面拼接来呈现整个模型。扫描体是通过将平面对象沿路径拉伸或者绕轴旋转拉伸而得到。结构实体几何模型(CSG)通常是通过将立方体、球体、圆柱体、圆锥体等基本体素作为基元实体类型,然后通过对这些基本实体进行几何变换、布尔运算以及剖割、局部修改等操作形成更加复杂的几何实体。而GIS中的三维几何主要采用边界表示法[3]。

### 2.2 语义信息异同

在语义信息表达上,从宏观上GIS模型包含有多尺度的语义描述,而BIM模型虽然具有丰富的语义信息却不具有多尺度表达的特点。具体来讲,BIM模型包含有

大量的建筑物细节描述,包括构件语义信息和部件间的语义连接关系,而GIS中语义信息采用多细节层次表达(LoD)技术,如CityGML标准将三维对象的精细程度分为五个细节层次<sup>[6]</sup>。LoD0在本质上就是2.5维的数字地形图,表达了建筑物的底面平面和屋顶平面;LoD1表达了平屋顶的棱状建筑,为块模型;LoD2表达了有分化的建筑物屋顶及其附属结构;LoD3在此基础上增加了墙体、屋顶、凹陷和突出部分等外观信息的细节性描述,可以将高分辨率的纹理映射到这些结构中;LoD4在LoD3的基础上增加了对内部结构的描述,如房间,内部门,楼梯和家具等,具有详细的几何和语义信息表达。

### 3 RVT模型几何和语义信息解析及转换

在BIM与GIS集成的过程中,数据模型的一致性转换成为当下急需解决的问题,RVT模型中包含了丰富的几何信息和语义信息,然而,在GIS系统中,不同的应用对数据模型的详细程度要求不一致,所以在数据转换的过程中,需要针对不同的应用需求进行相应的转换,涉及到几何简化,语义映射及语义输出的问题。整体数据转换思路如图1所示。

有特定的属性信息,如建筑墙体会不会有是否为承重墙等标识属性。

其次,以这些类语义信息作为约束条件,构建过滤器,获取构件元素实体的几何信息和属性信息,并通过元素的ID标识将属性和几何信息关联。

最后,提取材质信息,RVT模型单独定义了材质元素,可以通过构建材质过滤器的方式,获取实际模型中所用的所有材质信息,并通过材质的ID标识和几何信息中相应材质关联起来。

#### 3.1 语义信息解析及映射

RVT模型中包含了丰富的语义信息,涉及到建筑设计、建筑结构工程设计和暖通、电气、给排水工程设计等众多建筑学领域。本文选取Revit中常用的建筑元素,按照建筑、结构、管道和卫浴、机械设备、暖通(HVAC)等进行分块,定义了从室外到室内各类型建筑构件,见表1所列。可根据GIS中不同LoD的表达需要,做相应的语义信息映射。除此之外,RVT模型中还包含了建筑元素的建造阶段、拆除阶段、防火等级,成本,功能、制造商、结构用途以及物理性能等属性信息。

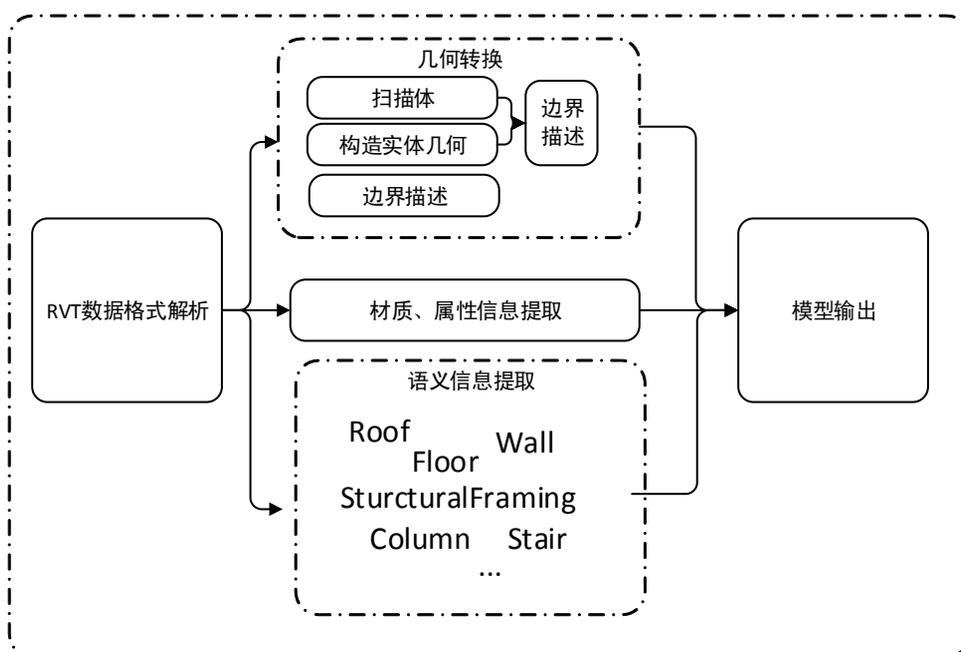


图1 整体转换流程

Fig.1 Overall conversion process

首先,获取模型语义信息,RVT模型中定义了从建筑、结构到暖通、机械、电气,管道等室内外建筑元素的语义类别信息。除此之外,每种建筑元素都包含

#### 3.2 基于语义约束的几何信息转换

##### 3.2.1 Revit坐标系解析

Revit模型中存储的是各个对象间的相对位置关

表1 RVT模型中常用构件类别  
Tab.1 Common components in RVT model

建筑功能	语义类别		建筑功能	语义类别
建筑	墙		结构	结构基础
	门			结构框架
	窗			结构柱
	柱			结构楼板
	屋顶			结构墙
	天花板			桁架
	楼板			钢筋
	幕墙		HVAC	风管
	洞口			风管管件
	楼梯坡道	栏杆扶手		风管附件
		坡道		风管末端
	楼梯	机械设备	机械设备	
电气	线管及线管配件		管道和卫浴	管道
	电缆桥架及配件			管件
	电气设备			管路附件
	照明设备			卫浴设备
	其他设备			喷头

系，在涉及到几何和位置关系的二次开发时，多是进行族坐标系和模型坐标系间的坐标。

Revit里包含了四种坐标系：①模型坐标系：也称全局坐标系；②视图坐标系：多与模型坐标系之间进行转换；③族坐标系：在制作族时族本身具有的坐标系，当族插入到模型中时，其中的几何体会产生本身在模型中的位置，因此，多需要与模型坐标系进行坐标转换；④链接模型坐标系：链接模型的位置在host模型中的位置，需要进行坐标转换。

### 3.2.2 几何信息转换

在Revit中所有能保存在Document中的对象都是从Element派生而来的，因此，可以通过遍历Element便可以实现对整个RVT模型几何信息的获取，几何信息可以通过Solid类进行读取。几何信息的提取和转换流程如下图2所示。

1) 根据语义信息筛选RVT模型需要输出的构件类别。

2) 获取每个Element所包含的几何图元。方法是针对每个构件类别分别构建过滤器，遍历其所包含的所有Element对象，获取元素的几何表示。判断其是否为空，若为空，重新遍历下一个Element；若不为空，即得到表达该Element几何的所有几何图元

GeometryObject。

3) 获取三角网顶点坐标。遍历GeometryObject，

①若几何图元为Solid类型，就可以对其作三角分割，并定义分割的精细程度，数值越大分割越精细，数据量也相应越大。由此得到三角网的所有顶点坐标和顶点在当前Face中的索引列表。如果定义了坐标变换矩阵，在此需要进行坐标变换。②若不为Solid类型，首先判断其是否为GeometryInstance类型，如是，获取该实例的几何表达SymbolGeometry，作为GeometryElement类型，若SymbolGeometry不为空，必须要进行族坐标系到模型坐标系的转换，再依次重复2)、3)中判断和循环，直到将该GeometryInstance中几何图元所包含的信息读取完全；如果不为GeometryInstance类型，接着判断是否为GeometryElement类型，如果是，依次重复2)、3)中判断和循环。

4) 对每个构件类别的所有Element重复2)、3)步骤，直到得到要输出的所有几何信息。

5) 三角面法线计算。通过计算向量(point[1]-point[0])与向量(point[2]-point[1])的叉积，得到该三角面法向量。

6) 几何信息与材质信息、属性信息的关联。在RVT模型中，每个Element都有唯一的ID标识，存储属

性信息时将其作为关键字与几何信息关联起来。几何中每个Solid中包含的Face都有唯一的材质元素标识和Material元素的唯一标识ID相对应,因此,存储材质信息的时候,可以以材质ID作为关键字与几何信息关联。

准中定义的不同的LoDs,可以对不同的建筑部件作相应的筛选。

### 5 结束语

本文提出了一种从BIM模型转换到GIS模型的整体

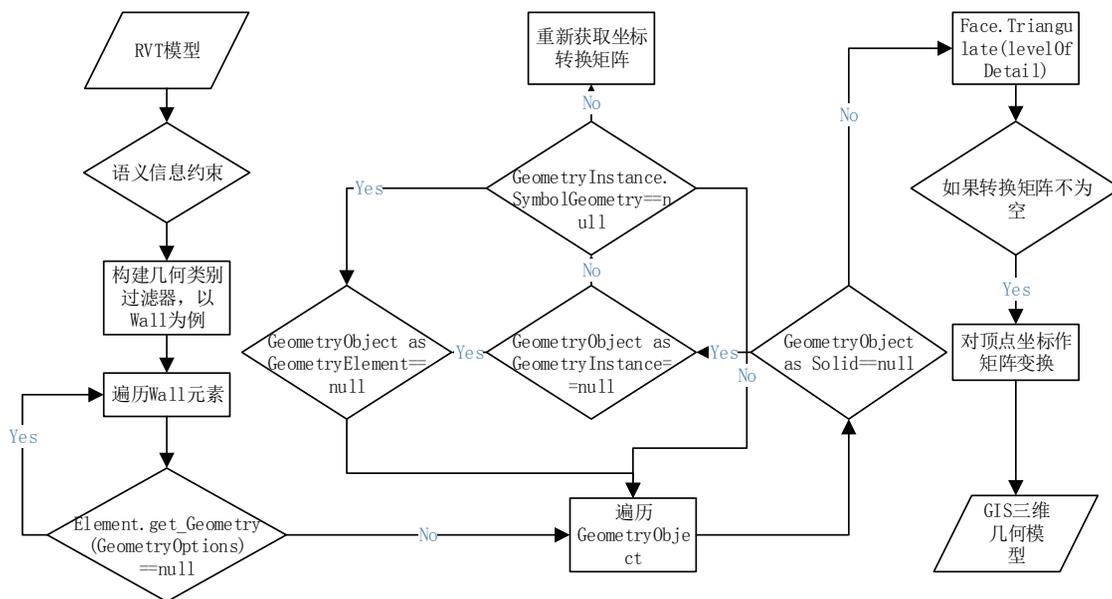


图2 几何转换流程  
Fig.2 Geometric transformation process

## 4 实验与分析

### 4.1 实验环境

- ① Microsoft Visual Studio 2010;
- ② Microsoft .NET Framework 4.0;
- ③ Revit Architecture 2014及Revit SDK 2014;
- ④ 开发语言: C#.

### 4.2 实验结果与分析

基于语义信息,对构件类别进行选择性输出,包括几何信息、属性信息、材质信息,转换成GIS中的表面模型,集成到GIS平台中。其中,几何信息通过几何体的MaterialID和相应材质类别的ID相关联,属性信息通过元素的ID和几何信息相关联。图3a1是转换前的RVT建筑模型, a2是对建筑,包括墙体、门、窗、屋顶、楼板、天花顶、柱子、幕墙系统等转换结果图。图b1和b2分别是桥梁的原RVT模型和转换结果图。图c1和c2分别是是暖通设施的原RVT模型和转换结果图,包括管道及其附属设施、风管及其附属设施以及软管和软风管等类别。图d1和d2是导入GIS场景中的显示效果。总之,针对不同层次细节的表达需要,比如说按照CityGML标

流程和思路,并设计实现了RVT数据到CityGML数据的转换。以BIM模型语义信息为约束,针对不同的应用需求制定相应的语义约束条件,完成BIM几何模型到GIS几何模型的转换,同时完成了模型材质和相应语义信息的输出,通过坐标转换实现BIM模型在GIS软件中的可视化管理。后期工作需要拓展纹理的读取接口,同时由于几何转换采用的是三角构网重建的方法,对复杂的建筑构件转换后数据量很大,需考虑更加有效的几何简化方法。

### 参考文献

- [1] 郑国勤,邱奎宁. BIM国内外标准综述[J]. 土木工程信息技术, 2012, 4(1): 32-34.
- [2] 杨德磊. 国外BIM应用现状综述[J]. 土木工程信息技术, 2013, 5(6): 89-94, 100.
- [3] 汤圣君,朱庆,赵君峤. BIM与GIS数据集成: IFC与CityGML建筑几何语义信息互操作技术[J]. 土木工程信息技术, 2014, 6(4): 11-17.
- [4] 朱庆. 3维GIS技术进展[J]. 地理信息世界, 2011, 18(2): 25-27, 33.
- [5] 张建平,张洋,张新. 基于IFC的BIM三维几何建模及模型转换[J]. 土木工程信息技术, 2011, 4(1): 40-46.
- [6] El-Mekawy M. An evaluation of IFC-CityGML

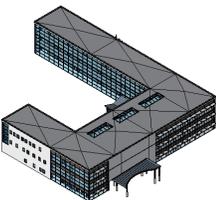
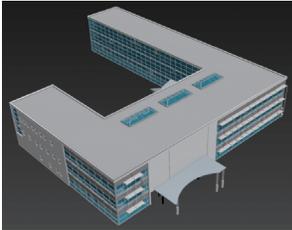
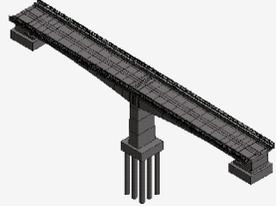
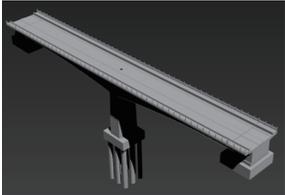
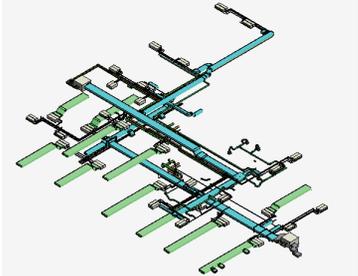
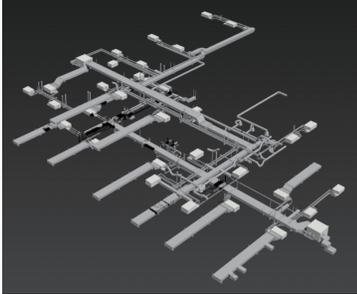
原 RVT 模型	转换结果图
 <p>( a1 原建筑模型 )</p>	 <p>( a2 转换后建筑模型 )</p>
 <p>( b1 原桥梁模型 )</p>	 <p>( b2 转换后桥梁模型 )</p>
 <p>( c1 原暖通模型 )</p>	 <p>( c2 转换后暖通模型 )</p>

图3 模型转换前后对照

Fig.3 Models Comparison before and after conversion

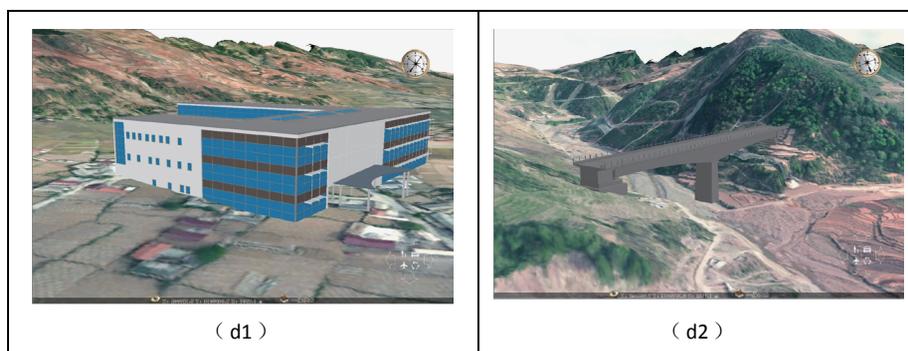


图4 GIS场景中显示效果

Fig.4 Display in GIS scene

unidirectional conversion[J]. International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA), 2011, 3(5):159-171.

- [7] Van Berlo L.CityGML extension for Building Information Modelling(BIM)and IFC[J].Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G), Sydney, Australia, 2009. <http://www.fooslc.org/drupal/node/589>.
- [8] Isikdag U, Zlatanova S. Towards defining a framework

for automatic generation of buildings in CityGML using building Information Models[M]. 3D geo-information sciences, Springer, 2009, 79-96.

- [9] Donkers S. Automatic generation of CityGML LoD3 building models from IFC models[D]. TU Delft, Delft University of Technology, 2013.
- [10] 张建平, 张洋, 张新. 基于IFC的BIM三维几何建模及模型转换[J]. 土木工程信息技术, 2011, 1(1):40-46.

## 语义约束的RVT模型到CityGML模型的转换方法

作者: [赵霞](#), [汤圣君](#), [刘铭崑](#), [朱庆](#), [ZHAO Xia](#), [TANG Shengjun](#), [LIU Mingwei](#), [ZHU Qing](#)  
作者单位: [赵霞, 汤圣君, ZHAO Xia, TANG Shengjun \(武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉, 430079\)](#), [刘铭崑, 朱庆, LIU Mingwei, ZHU Qing \(西南交通大学 地球科学与环境工程学院, 四川 成都, 611756\)](#)  
刊名: [地理信息世界](#)   
英文刊名: [Geomatics World](#)  
年, 卷(期): 2015(2)

引用本文格式: [赵霞](#). [汤圣君](#). [刘铭崑](#). [朱庆](#). [ZHAO Xia](#). [TANG Shengjun](#). [LIU Mingwei](#). [ZHU Qing](#) 语义约束的RVT模型到CityGML模型的转换方法  
[期刊论文]-[地理信息世界](#) 2015(2)