

# 基于本体和规则的卫星成像需求转换

李鑫<sup>1,2</sup>, 李子扬<sup>1</sup>, 汪超亮<sup>1</sup>, 李传荣<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 光电研究院 定量遥感信息技术重点实验室, 北京 100094;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:**针对遥感卫星应用中用户人工生成卫星成像需求的难度日益增大的现状,深入分析了用户遥感应用需求到卫星成像需求转换过程中所涉及的领域概念和专家知识,提出一种基于本体和规则的卫星成像需求转换方法。通过构建卫星成像需求转换本体,建立领域的概念模型,同时将相应的专家知识以规则的形式加入本体,并利用本体推理实现了卫星成像需求转换。利用这种方法,可以有效地解除用户人工生成成像需求的负担,极大地降低卫星编程数据申请的门槛,为卫星遥感应用带来便利。

**关键词:**卫星成像需求转换;编程数据申请;专家知识;本体;规则

**中图分类号:**TP399

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2015)02-0189-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.02.043

## Conversion of Satellite Imaging Demands Based on Ontology and Rule

LI Xin<sup>1,2</sup>, LI Zi-yang<sup>1</sup>, WANG Chao-liang<sup>1</sup>, LI Chuan-rong<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Quantitative Remote Sensing Information Technology, Academy of Opto-electronics,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Under the circumstance that the artificial generation of the demand for satellite imagery in remote satellite application is more and more difficult, the field concept and expert knowledge involved in the conversion from the demand for client remote sensing application to satellite imagery is deeply analyzed and a method of satellite imagery demand conversion based on ontology and rule is proposed. By building the ontology of satellite imaging demands conversion, the conceptual model is established. And adding the expert knowledge to the ontology in form of rules as the basis of conversion, the conversion of imagery demand is realized by taking the advantage of ontology reasoning. With this method, the burden of manually generating imaging demands on users can effectively be relieved, the difficulty for applying the satellite programming data is greatly reduced and the satellite remote sensing applications will be more convenient than before.

**Key words:** satellite imaging demands conversion; programming data application; expert knowledge; ontology; rule

## 0 引言

随着对地观测技术的蓬勃发展,在轨运行的卫星遥感资源越来越多,可满足遥感应用需求的卫星和载荷也越来越多。遥感用户进行编程数据申请时,一般都是直接给出卫星所搭载载荷的成像需求,包括载荷名称、成像区域、成像时间段等,这里称为卫星成像需求。这要求用户不仅精通遥感应用对卫星编程数据的需求,而且还要熟知遥感卫星及其搭载载荷的特性,并根据应用目标自行选择适用的卫星及载荷。在遥感应用技术发展的初期,在轨卫星资源相对较少,载荷的数

量有限,人工生成卫星成像需求的工作量和工作难度都不大。但随着遥感卫星资源的增多,对于某一遥感应用可能存在多个满足需求的载荷或载荷组合方案,在生成卫星成像需求时需要筛选出所有满足要求的载荷方案,如果沿用人工方式,用户需要具备更为全面的专家知识,而且对可能的成像方案很难考虑周全,有可能存在错失成像观测方案的可能,影响用户遥感数据的获取。因此,如何高效准确地生成卫星成像需求、降低卫星编程数据申请门槛,成为当前卫星遥感应用领域需要解决的问题。文中引入近年来知识工程领域的

收稿日期:2014-03-05

修回日期:2014-06-12

网络出版时间:2014-12-27

基金项目:国家“863”高技术发展计划项目(2013AA12210501)

作者简介:李鑫(1989-),男,硕士研究生,研究方向为空间应用软件;李子扬,博士,研究员,研究方向为空间应用软件。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141227.1343.023.html>

研究热点—本体(ontology)<sup>[1-2]</sup>,对生成卫星成像需求过程中所涉及的领域概念进行形式化表示,同时借助语义规则将遥感应用和星载成像资源应用的专家知识加入本体,并通过基于本体和规则的推理实现用户遥感应用需求到卫星成像需求的转换过程。

## 1 本体和规则

### 1.1 本体及本体描述语言

本体的一个被普遍接受的定义是:“共享概念模型的明确形式化规范说明。”<sup>[3]</sup>这表明本体可用于描述某一领域的概念及概念之间的关系,并使其在共享范围内具有领域公认的、明确的定义;而形式化则是指本体的描述形式是计算机可读的,可被计算机理解、处理的。

在本体应用中,若要实现较强的推理能力,本体一般要用描述语言进行表示<sup>[4]</sup>,OWL(Ontology Web Language)是 W3C 推荐的本体描述语言。在 OWL 最初的规范中,定义了 3 种子语言:OWL Lite、OWL DL、OWL Full,它们的表达能力依次增强,但相应的计算效率则依次减弱<sup>[5]</sup>。文中选取 OWL DL 来描述所需构建的本体,OWL DL 在保证计算完全性和可判定性的同时,还具有较强的描述能力和基于描述逻辑的推理功能。

### 1.2 规则及 SWRL

规则是一种知识表示方式,使用规则表达比使用 OWL 1 表达更容易理解。相对于 OWL 1,规则支持属性组合和内置(built-in)的使用<sup>[5]</sup>。

SWRL<sup>[6]</sup>(Semantic Web Rule Language)是 W3C 推荐的语义规则语言,它基于 OWL DL 和 OWL Lite,采用了 RuleML 的一个子集,能够结合 Horn-like 规则和 OWL 知识库以提供更为强大的推理能力。SWRL 主要由四部分组成:Imp、Atom、Variable 和 Built-in。Imp 组成 SWRL 的规则,包括 head 和 body,其中 head 记录欲推理的结果,body 记录用于推理的条件;Atom 是 Imp 的基本组成,Imp 中所使用的 Horn 子句都是 Atom;Variable 用于记录 Atom 中所使用的变量;Built-in 是 SWRL 模块化的组件,包含 SWRL 可以引用的逻辑比较关系,其命名空间为 swrlb。SWRL 规则的编写需要遵循一定的规范,其规范格式为<sup>[6]</sup>:

$$\text{antecedent} \rightarrow \text{consequent} \quad (1)$$

其中,antecedent 和 consequent 是本体中 Atoms 的合取,即  $a_1 \wedge a_2 \wedge \dots \wedge a_n$ ,分别对应 Imp 的 body 和 head。记  $S$  为 SWRL 知识库,OC 是 OWL 中类的集合,OP 是 OWL 中属性的集合,ST 是 OWL 中常量和 SWRL 变量的集合,则式(1)可以转换为如下形式:

$$b_1 \wedge b_2 \wedge \dots \wedge b_n \rightarrow h_1 \wedge h_2 \wedge \dots \wedge h_m \quad (2)$$

式中, $b_i, h_j (1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m)$  是  $C(k) (C \in \text{OC}, k$

$\in \text{ST})$  和  $P(a, b) (P \in \text{OP}, a, b \in \text{ST})$  中的 Atom。

因此,在编写 SWRL 规则时,所使用的 Atom 都应来自于本体中的类或属性,而且 head 中所使用的变量一定要出现在 body 中,即不能为 head 引入新的变量,这是 SWRL 的安全限制条件。

## 2 构建卫星成像需求转换本体

### 2.1 本体的构建思路

本体构建可实现领域概念模型的形式化表示,为知识的共享和重用提供基础。领域本体是专业性的本体,描述了某一专业学科领域中概念及概念间的关系,或在该领域中占有主导地位的理论<sup>[2]</sup>。领域本体的构建可采用以下思路<sup>[7-8]</sup>:

- (1) 确定本体的专业领域和范畴;
- (2) 复用现有的本体;
- (3) 列出本体中的重要术语;
- (4) 定义类和类之间的等级体系;
- (5) 定义类的属性插件(slots);
- (6) 定义属性插件的分面(facets);
- (7) 创建实例。

卫星成像需求转换涉及遥感应用和星载成像资源的重要术语和专家知识。由于目前在遥感领域还没有成熟的本体可供复用,文中根据卫星成像需求转换的应用实际,结合与遥感应用和星载成像资源的相关文献和书籍<sup>[9-12]</sup>,分析领域内术语及术语间的关系,并参考上述领域本体的构建思路构建卫星成像需求转换所需的本体。

### 2.2 列举本体的重要术语

遥感应用的范围广、类别多,据 NASA 统计,除用于军事侦察之外,还可应用于农林、水利、地理、地质、海洋等近 47 个领域<sup>[9]</sup>。不同的应用领域还可以进一步细分,如农业领域,其常见的遥感应用有农业资源调查、土地利用现状分析、农业病虫害监测、农作物估产等<sup>[10]</sup>。限于篇幅,文中仅选取了部分遥感应用领域进行讨论,旨在明确描述遥感应用领域概念模型的同时,为卫星成像需求转换提供必要的推理要素。星载成像资源主要针对星载遥感载荷和成像卫星,它们分别属于遥感载荷和遥感平台的范畴,每一星载遥感载荷实例都依赖于某一成像卫星实例。在卫星成像需求中,载荷类型可根据其传感器观测谱段来区分,常见的有可见光载荷、红外载荷和微波载荷,同时根据具体谱段范围可以进一步细分,如红外又可分为近红外、中红外和远红外,而且根据谱段的特点还可分为全色、多光谱和高光谱等。

### 2.3 定义类和类之间的等级体系

列举完本体的重要术语后,需要对术语及术语间

的关系进行形式化表示,即定义本体中类及类之间的等级体系。采用“自顶向下”的策略,先定义本体的三个顶层类:遥感应用、遥感载荷、遥感平台。这里,定义遥感载荷和遥感平台是为了提高本体的共享性和扩展性,在文中的应用中,只需要用到星载遥感载荷和成像卫星。根据上文的分析,各顶层类还可以进一步细分,图1所示即为顶层类及其一级子类的等级体系。其中Thing为OWL中所有类的父类,RS\_Application、RS\_Payload、RS\_Platform为三个顶层类。

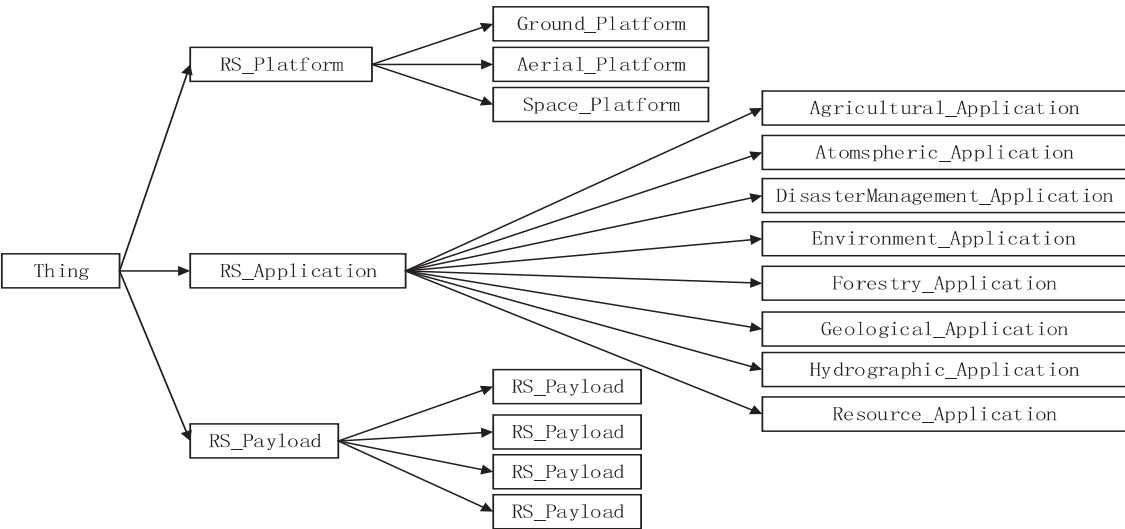


图1 卫星成像需求转换本体的等级体系

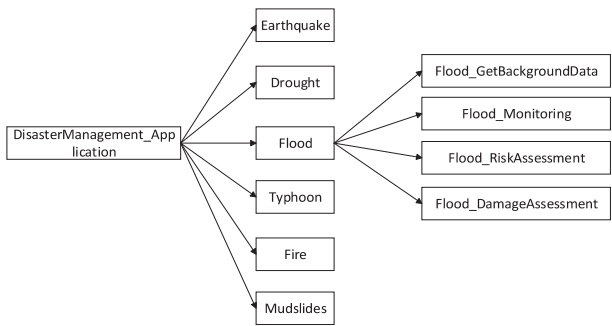


图2 顶层类的二级子类、三级子类示例

2.4 定义属性插件

完成了本体中类及类之间关系的定义后,需要定义本体中的属性插件(slots)。OWL DL中有两类属性:对象属性(object properties)和数据属性(data properties)。对象属性用于描述类与类之间的语义关系,数据属性用于描述类与数据类型之间的语义关系。OWL DL利用属性的定义域(domain)和值域(range)来描述属性和类之间或者属性和数据类型之间的定义域关系和值域关系,同时还提供了多种描述属性的方式,如子属性、逆属性、不相交属性、对称属性、自反属性和传递属性等。在用户编程数据申请中,卫星成像需求需明确遥感载荷与成像卫星之间的所属关系,而从遥感应用到卫星成像需求的转换则需要明确遥感载荷与遥感应用之间的映射关系。因此,文中在本体中

为了细化本体,顶层类的一级子类还可以进一步分解。图2所示即为一级子类DisasterManagement\_Application及其子类的等级体系,其中DisasterManagement\_Application的子类有Earthquake、Drought、Flood、Typhoon、Fire、Mudslide等。这些子类又可进一步分解,如Flood对应有Flood\_Monitoring、Flood\_GetBackgroundData、Flood\_RiskAssessment、Flood\_DamageAssessment等。

定义了4个对象属性:hasPayload、isPayloadof、canUse、canUsedfor,其中hasPayload和isPayloadof用于描述遥感平台和遥感载荷之间的所属关系,canUse和canUsedfor用于描述遥感应用和遥感资源之间的映射关系。同时,hasPayload和isPayloadof、canUse和canUsedfor互为逆属性,即本体中若存在事实:遥感平台A拥有(hasPayload)遥感载荷B,则可以推理:遥感载荷B属于(isPayloadof)遥感平台A。此外,为明确描述本体中各个类的实例,文中还定义了5个数据属性:hasName、hasOrbitalElements、hasSpatialResolution、hasRevisitingPeriod、hasSwath,分别用于描述本体中类实例的名称、遥感卫星的轨道参数和遥感载荷的空间分辨率、重访周期以及幅宽。

2.5 定义属性插件的分面

为了明确描述属性插件,需要定义属性插件的分面(facets)。属性插件的分面可用来描述属性插件的赋值类型、允许的赋值以及赋值的基数等特征。其中,赋值类型主要有字符型、数值型、布尔型、枚举型和对象型等。如hasName的赋值类型为字符型,用于描述实例对象的名称,而hasSpatialResolution赋值类型则为数值型double,用于描述载荷的空间分辨率。属性插件允许的赋值范围可以在定义属性插件时予以限制,如定义hasPayload属性时,可以指定其定义域为RS\_



Platform,值域为 RS\_Payload。此外,通过为本体中类添加属性插件,也可以限制该属性插件的范围。赋值的基数能够准确地指定属性插件在描述某个类的实例时可以使用的次数,通过至多有  $N$  个、至少有  $N$  个、恰好有  $N$  个可以准确描述,如希望某一属性不能有任何赋值时可以描述为至多有 0 个基数。在文中,可根据现实世界中概念间的对应关系进行设定。例如,现实中一个遥感平台的实例可以有多个遥感载荷实例,而一个遥感载荷实例只对应一个遥感平台实例,则可指定 hasPayload 的基数为至少有 1 个和 isPayloadOf 的基数为恰好有 1 个。

### 2.6 创建实例

在定义完属性插件的分面后,需要为所构建的领域本体添加实例数据。定义一个实例需要指定实例所属的类,同时添加相应属性插件的赋值。文中从卫星成像需求转换的应用出发,选取北京一号小卫星(BJ1<sup>[13]</sup>)、中巴资源卫星 02B(CBERS-02B<sup>[14]</sup>)、环境与灾害监测预报小卫星星座(HJ1-A<sup>[15]</sup>、HJ1-B<sup>[15]</sup>、HJ1-C<sup>[16]</sup>)为实例数据进行添加,详细实例数据如表 1 所示。

表 1 遥感载荷实例数据

卫星	载荷	幅宽 /km	空间分 辨率/m	重访周 期/d
BJ1	MSI	600	32	2.5
	PAN	24.2	4	6.0
	CCD	113	20	26
CBERS-02B	HR	27	2.36	104
	宽幅	890	258	5
HJ1-A	CCD	360	30	4
	MSI	50	100	4
HJ1-B	CCD	360	30	4
	IRMSI	720	150	4
HJ1-C	SAR	20	5	4

## 3 构建卫星成像需求转换规则

### 3.1 转换规则的制定

从遥感应用到卫星成像需求的转换需要遥感应用专家知识的支持,文中通过将遥感应用专家知识形式化表示为转换规则,并与卫星成像需求转换本体相结合,形成转换的推理依据。遥感应用专家知识描述了遥感应用对遥感图像的需求,主要包括图像类型、图像分辨率和图像重复周期等。其中,图像类型可对应为载荷类型,图像分辨率可对应载荷成像空间分辨率,图像重复周期可对应载荷重访周期,通过这些对应关系可以将遥感应用专家知识转化为遥感应用对于遥感载

荷特性及成像能力的约束。因此,结合前文所构建本体中载荷实例的特性及成像能力的描述,就可以推理出满足遥感应用需求的遥感载荷。参考式(2)中 SWRL 的形式,可制定转换规则的一般表示形式如下:

载荷  $V$  满足遥感应用对载荷特性及成像能力的约束 $\rightarrow$ 载荷  $V$  可用于遥感应用的数据获取 (3)

例如,自然灾害管理中,有一条关于获取洪涝灾前背景数据的专家知识:重复周期在 4 天以内,空间分辨率介于 0.5 m ~ 30 m 间的可见光数据可用于洪涝灾前背景数据。根据这一专家知识所描述的遥感图像要求和上文所明确的对应关系,可知获取洪涝灾前背景数据需要使用重访周期小于 4 天,分辨率介于 0.5 m ~ 30 m 的可见光载荷。因此,根据式(3)可以将上述专家知识转换成规则的一般形式如下:

可见光载荷( $v$ )  $\wedge$  (重访周期( $d$ )  $\wedge$  ( $1 \leq d \leq 4$ ))  $\wedge$  (空间分辨率( $r$ )  $\wedge$  ( $0.5 \leq r \leq 30$ ))  $\rightarrow$

载荷  $v$  可用于洪涝灾前背景数据的获取 (4)

在文中的推理实现中,规则需要形式化表示。参照 SWRL 安全限制条件和前文所构建的本体,可将式(4)形式化表示如下:

Flood\_GetBackgroundData( $?f$ ), Visual\_Payload( $?x$ ), hasRevisitingPeriod( $?x, ?y$ ), hasSpatialResolution( $?x, ?z$ ), greaterThanOrEqual( $?z, 0.5$ ), lessThanOrEqual( $?y, 4$ ), lessThanOrEqual( $?z, 30$ )  $\rightarrow$  canUsedfor( $?x, ?f$ ) (5)

式中, Visual\_Payload、Flood\_GetBackgroundData 是本体中的类; canUsedfor 是对象属性; hasRevisitingPeriod、hasSpatialResolution 为数据属性; greaterThanOrEqual、lessThanOrEqual 为 SWRL 的内置。

### 3.2 规则库的构建

参考上文中转换规则的一般形式,结合用户遥感应用的需求,可以向本体中加入更多的规则,以构建卫星成像需求转换所需的规则库。文中通过以下几个简单示例,展示了遥感应用和星载成像资源的领域专家知识到推理规则的转换方式。

(1)若地震损失评估需要重复周期在一天以内,空间分辨率介于 0.2 m ~ 5 m 之间的可见光数据<sup>[11]</sup>,则与之对应的规则如下:

Earthquake\_DamageAssessment( $?e$ ), Visual\_Payload( $?x$ ), hasRevisitingPeriod( $?x, ?y$ ), hasSpatialResolution( $?x, ?z$ ), greaterThanOrEqual( $?z, 0.2$ ), lessThanOrEqual( $?y, 1$ ), lessThanOrEqual( $?z, 5$ )  $\rightarrow$  canUsedfor( $?x, ?e$ )

(2)若台风监测需要重复周期在半天以内,空间分辨率介于 50 m ~ 1 000 m 之间的近红外数据<sup>[11]</sup>,则与之对应的规则如下:

Typhoon\_Monitoring(? t), NearInfrared\_Payload(? x), hasRevisitingPeriod(? x,? y), hasSpatialResolution(? x,? z), greaterThanOrEqualTo(? z, 50), lessThanOrEqual(? y,0.5), lessThanOrEqual(? z,1 000)→canUsedfor(? x,? t)

(3)若旱灾风险评估需要重复周期在2至6天,空间分辨率介于5 m~1 000 m之间的可见光数据<sup>[11]</sup>,则与之对应的规则如下:

Drought\_RiskAssessment(? d), Visual\_Payload(? x), hasRevisitingPeriod(? x,? y), hasSpatialResolution(? x,? z), greaterThanOrEqualTo(? z, 5), greaterThanOrEqual(? y,2), lessThanOrEqual(? y,6), lessThanOrEqual(? z,1 000)→canUsedfor(? x,? d)

规则库的构建,实现了知识到规则的转化,为领域专家知识的共享与重用提供了基础。领域专家知识多为专家的知识见解和经验积累,遥感用户在长期的实践中也会有专业见解和经验积累。因此,作为卫星遥感应用的重要参与者,用户也可参照上述转换示例,将自己的见解和经验加入规则库,以满足自身应用的需要。

4 基于推理的转换实现

本体的推理功能是其区别于其他知识组织体系的一个优势,推理的结果可以由本体查询来展示。文中采用 Jena 作为本体开发工具,借助于 SWRL 在本体上补充规则定义的能力实现对类和属性的交叉操作,并利用基于本体和规则的推理挖掘本体中蕴含的知识。Jena 是 HP 开发的 Java 工具包,它提供一套完整的操作 RDFS 和 OWL 的 Java 接口,自带 OWL-DL 的推理机,支持 SPAQRL,并且从 Jena 2.2 起开始支持集成使用 DIG (Discription Logic Resoner Interface) 接口的推理机。

由于式(5)所示的规则是用 SWRL 抽象语法描述的,不能被 Jena 直接使用;因此,在推理应用之前,需将其换成 Jena 的专用格式。结合文中所构建的本体和 Jena 的规范,可将式(5)转换成如下所示的 Jena 的专用格式:

[ rule1: (? x rdf: type http://www. semanticweb. org/lixin/ontologies/work # Visual \_ Payload ), (? x http://www. semanticweb. org/lixin/ontologies/work #hasSpatialResolution ? r), ge(? r,0.5), le(? r, 30), (? x http://www. semanticweb. org/lixin/ontologies/work#hasRevisitingPeriod ? s), le(? s,4), (? z http://www. semanticweb. org/lixin/ontologies/work#hasName\" Flood\_GetBackgroundData\_Individuals\")→(? x http://www. semanticweb. org/

lixin/ontologies/work#canUsedfor ? z) ] (6)

选用式(6)作为推理规则,并利用本体查询可得到推理结果如下:

| Payload\_Name | RS\_Application |  
=====|  
| work:HJ1-A\_CCD | work:Flood\_GetBackgroundData\_Individuals |  
| work:HJ1-B\_CCD | work:Flood\_GetBackgroundData\_Individuals |

上述结果中 Flood\_GetBackgroundData\_Individuals 为本体中 Flood\_GetBackgroundData 的实例,HJ1-B\_CCD 和 HJ1-A\_CCD 为所推理出可用于洪涝灾前背景数据获取的载荷实例。根据表1中的载荷实例数据和式(4)中的载荷性能描述,可知上述推理结果是正确且完整的。此时,利用推理所得的载荷实例与成像卫星实例的所属关系,就可以确定遥感应用所需的成像卫星以及卫星成像需求中所需指定的载荷名称。然后,根据用户所指定的图像地理范围和观测时间段,可直接确定卫星成像需求中的成像范围和成像时间段,生成用户编程数据申请时所需要提供的卫星成像需求。这表明基于本体和规则的卫星成像需求转换方法可以为用户编程数据申请提供正确的卫星成像需求,证实了该方法的正确性和可行性。

5 结束语

卫星成像需求转换涉及多个领域的概念及专家知识,从遥感应用需求到卫星成像需求的转换中需要考虑诸多因素和限制条件,如载荷类型要求、载荷性能约束、成像环境限制等。随着对地观测技术的发展,遥感卫星和载荷数量大为增加,极大地提高了人工生成卫星成像需求的难度和用户编程数据申请的门槛。文中所讨论的基于本体和规则的卫星成像需求转换,正是从这一应用现状出发,利用本体去组织和形式化表示转换过程中所涉及的领域概念,同时,采用规则对专家知识进行形式化表示,并借助基于本体和规则的推理去实现从用户遥感应用需求到卫星成像需求的转换过程。文中的推理示例验证了基于本体和规则的卫星成像需求转换的可行性,为实现卫星成像需求转换提供了一种可行的技术方案。后续的实践中可进一步完善本体并丰富规则库,以满足多种遥感应用场合的需要。

参考文献:

[1] 魏圆圆,钱 平,王儒敬,等. 知识工程中的知识库、本体与专家系统[J]. 计算机系统应用,2012,21(10):220-223.  
[2] 李善平,尹奇韡,胡玉杰,等. 本体论研究综述[J]. 计算机研究与发展,2004,41(7):1041-1052.  
[3] Gruber T R. A translation approach to portable ontology specifications[J]. Knowledge Acquisition,1993,5(2):199-220.

(下转第198页)

为对第 2 节 MiniGUI 的 API 实例结构 FillBox 的一个验证示例。

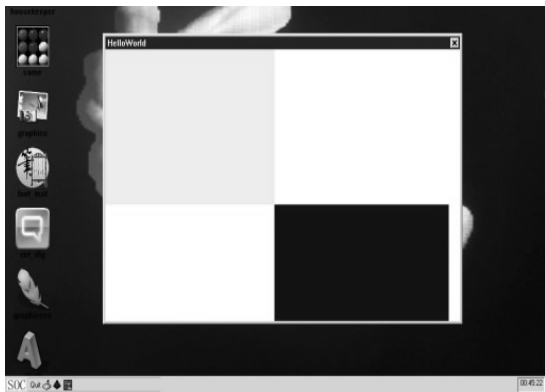


图 5 FillBox 验证示例

## 4 结束语

MiniGUI 现在已发展成为一个比较成熟的图形用户界面支持系统,在嵌入式 Linux 系统下采用 MiniGUI 可以比较快捷地完成相应的图形用户信息交互界面的开发。通过文中分析与实践,成功将 MiniGUI 移植到 ARMS3C6410 开发板上,并通过大量绘图测试验证 MiniGUI 的稳定性与流畅性,为嵌入式图形界面的移植提供了一个成功的范例,同时也为移植到其他开发板积累了经验。

### 参考文献:

- [1] 孙少华,徐立中.面向嵌入式 Linux 系统的图形用户界面设计[J].微机发展(现更名:计算机技术与发展),2005,15(10):123-125.

(上接第 193 页)

- [4] 曹树金,马利霞.论本体与本体语言及其在信息检索领域的应用[J].情报理论与实践,2004,27(6):632-637.
- [5] Hebel J, Fisher M, Blace R, et al. Web 3.0 与 Semantic Web 编程[M].北京:清华大学出版社,2010.
- [6] Horrocks L, Patel-Schneider P F, Boley H. SWRL: a semantic web rule language combining OWL and RuleML[EB/OL]. 2004. <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>.
- [7] 李景,孟宪学,苏晓路.领域本体的构建方法与应用研究[M].北京:中国农业科学技术出版社,2009.
- [8] 张梅,郝佳,闫艳,等.基于本体的知识建模技术[J].北京理工大学学报,2010,30(12):1405-1408.
- [9] 陈述彭.遥感大辞典[M].北京:科学出版社,1990.
- [10] 陆登槐.农业遥感的应用效益及在我国的发展战略[J].农业工程学报,1998,14(3):64-70.
- [11] 和海霞,范一大,杨思全,等.航天光学遥感在自然灾害管理中应用能力评述[J].航天器工程,2012,21(4):117-

- [2] 魏永明,钟书毅,潘为国.嵌入式系统开发原理、工具及过程[M].北京:北京飞漫科技技术有限公司,2005.
- [3] 于秀霞.嵌入式监控系统中 MiniGUI 的编程与实现[J].长春大学学报,2009,19(12):58-60.
- [4] 张仁斌,朱飞,吴燎原.基于 MiniGUI 的 POS 机图形界面设计与实现[J].计算机工程与应用,2008,44(专刊):249-251.
- [5] 陈文智.嵌入式系统开发原理与实践[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [6] AlexBuell. FrameBuferHowTo[EB/OL]. 2000-02-27. <http://www.linuxeden.com/html/newbie/20040328/21521.html>.
- [7] Daniel P B, Marco C. Understanding the Linux kernel[M]. 2nd ed. [s.l.]: O. Reilly, 2002.
- [8] 周立功. ARM 嵌入式 MiniGUI 初步与应用开发范例[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [9] 刘峥嵘,张智超,许振山.嵌入式 Linux 应用开发详解[M].北京:机械工业出版社,2005.
- [10] 北京飞漫软件. MiniGUI 编程手册 V1.3[EB/OL]. 2005-10-28. <http://www.minigui.com>.
- [11] 刘昌盛,郭勇,谢习华.嵌入式 Linux 环境下 MiniGUI 的研究与移植[J].微计算机信息,2008,24(20):103-105.
- [12] 郑端建,郭磊,魏世民. MiniGUI 图形库在嵌入式 Linux 平台上的移植与实现[J].仪表技术,2008(10):10-11.
- [13] Tanenbaum A S. Modern operating system[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [14] Denk W. The DENX U-Boot and Linux Guide (DULG) for TQM8xxL[EB/OL]. 2004-11-18. <http://www.denx.de/wiki/bin/view/DULG/Manual>.
- [15] 王文启,韩秀玲,孙波.基于 MiniGUI 的多进程图形用户界面的研究[J].微计算机信息,2007,23(3-2):78-80.

- [12] 张薇,杨思全,王磊,等.合成孔径雷达数据减灾应用潜力研究综述[J].遥感技术与应用,2012,27(6):904-911.
- [13] 北京宇视蓝图信息技术有限公司.北京一号小卫星数据特征及应用前景展望[EB/OL]. 2008. <http://www.blmit.com.cn/document/lunwen.pdf>.
- [14] 中国资源卫星应用中心.资源 02B 卫星介绍[EB/OL]. 2009-05-08. <http://www.cresda.com/n16/n1130/n1567/8370.html>.
- [15] 中国资源卫星应用中心. HJ-1-A、B 卫星介绍[EB/OL]. 2009-05-08. <http://www.cresda.com/n16/n1130/n1582/8384.html>.
- [16] 中国资源卫星应用中心. HJ-C 卫星[EB/OL]. 2010-01-05. <http://www.cresda.com/n16/n1130/n1597/49620.html>.

作者:

[李鑫](#), [李子扬](#), [汪超亮](#), [李传荣](#), [LI Xin](#), [LI Zi-yang](#), [WANG Chao-liang](#), [LI Chuan-rong](#)

作者单位:

[李鑫, LI Xin \(中国科学院 光电研究院 定量遥感信息技术重点实验室, 北京 100094; 中国科学院大学, 北京 100049\), \[李子扬, 汪超亮, 李传荣, LI Zi-yang, WANG Chao-liang, LI Chuan-rong \\(中国科学院 光电研究院 定量遥感信息技术重点实验室, 北京, 100094\\)\]\(#\)](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

[2015 \(2\)](#)

引用本文格式: [李鑫](#). [李子扬](#). [汪超亮](#). [李传荣](#). [LI Xin](#). [LI Zi-yang](#). [WANG Chao-liang](#). [LI Chuan-rong](#) [基于本体和规则的卫星成像需求转换](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015 (2)