

一种描述逻辑的地理本体融合方法

李军利^{1,2} 何宗宜¹ 柯栋梁³ 朱乔利¹

1 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

2 滁州学院地理信息与旅游学院,安徽 滁州,239000

3 安徽工业大学计算机学院,安徽 马鞍山,243002

摘要:提出一种基于描述逻辑的地理本体融合方法。首先约定两个本体当中的等价概念作为基于规则的逻辑推理起点,再分别从直接推理与传递推理角度讨论了本体概念、角色及其相互间的等价、蕴涵、重叠与相等匹配关系,依次将一个本体中的概念与角色逐渐并入另一个本体中,并以基础地理信息数据和土地利用数据进行融合实验,验证了该方法的有效性。

关键词:地理本体;描述逻辑;本体融合;语义推理

中图法分类号:P208

文献标志码:A

地理本体融合是解决多源空间信息共享与互操作的方法之一。文献[1-6]分别从联合 Word-Net 与模糊概念格、构建水文领域顶层本体、构建全局本体、支持向量机模型、粒计算方法、局部本体到域本体语义映射等方面研究了地理本体融合。其中,基于地理本体形式化的方法通过语义抽取本体内涵,缺少关系一致性检验;而基于各类相似度量度的映射方法,以及使用召回率与准确率来评估精度,多数仅限于度量实体间的等价关系,强调语法实现,缺乏语义的准确描述。另外,利用数值判别也存在计算误差。

引入描述逻辑的策略可避免上述不足。文献[7-10]开展了相关研究,但多数应用只涉及相同或相近领域本体概念融合,很少涉及到角色水平,即使提到角色匹配,也都仅限于直接匹配,没有考虑使用中间概念或角色传递映射进行间接匹配。本文提出一种通过描述逻辑的演绎推理,探测地理本体中概念之间、角色之间以及概念与角色之间的匹配关系,实现从一个本体向另一个本体的概念与角色匹配。

1 描述逻辑

描述逻辑由“结构化层级网络”发展而来,基本构件为概念、角色与个体^[11]。概念表示一系列

具有相同属性的个体集合,角色表示个体之间的二元关系。一般运用描述逻辑的知识表达,首先需要形式化的一个描述逻辑知识库 $K=(TBOX, ABOX)$ 。TBOX 是一个描述领域结构的公理集,包括概念定义及概念术语间包含关系,通过一组描述概念一般属性的声明来实现,内涵性公理知识被认为是不变的^[1];ABOX 是一个描述关于具体个体事实的公理集,包含的是外延性知识,包括实例断言和关系断言,外延性知识通常被认为是经常变动的^[1]。例如,稻田 PaddyField 是种植水稻的耕地 CultivatedLand,武汉市位于湖北省境内,ABOX、TBOX 分别可表示为:

$$T = \{ \text{PaddyField} \equiv \exists \text{ hasPlantRice. CultivatedLand} \}$$
$$A = \{ \text{Province (Hubei)}; \text{City (Wuhan)}; \text{locatedAt (Wuhan, Hubei)} \}$$

通常描述逻辑至少包含以下构造器^[11]:交(\cap)、并(\cup)、非(\neg)、存在量词(\exists)、全称量词(\forall)、底层概念(\perp)和顶层概念(\top)。可通过简单的概念和关系构造出复杂的概念和角色^[13]。

2 融合方法

利用描述逻辑实现地理本体融合过程,首先要使用本体 API 解析待融合的两个本体,获取概

收稿日期:2013-03-23

项目来源:国家自然科学基金资助项目(41071290,41201463)。

第一作者:李军利,博士生,讲师,主要研究方向为地理信息本体论与描述逻辑。E-mail:lijunli866@whu.edu.cn

念与角色;其次,借助字典工具进行概念与角色名称等字符串匹配;最后,根据推理规则,链接推理机进行推理,使得一个本体中的概念与角色向另一个本体逐渐匹配。将两个本体中的等价概念与角色合并,将蕴含关系的概念与角色依次添加到目标本体,保留两个本体中重叠与相离概念与角色,作为新的本体元素,并添加到新的全局本体中,直至融合。

2.1 定义匹配关系

定义1 对于*i*本体的*C*(概念或角色)与*j*本体的*D*(概念或角色),当且仅当,对于任意个体,依次满足以下5种映射,则表示两者关系分别为等价、蕴涵(泛化或包含于)、蕴涵(特化或包含)、重叠与相离关系:

$$i:C \stackrel{=}{} j:D \quad (1)$$

$$i:C \stackrel{\subseteq}{} j:D \quad (2)$$

$$i:C \stackrel{\supseteq}{} j:D \quad (3)$$

$$i:C \stackrel{\&}{} j:D \quad (4)$$

$$i:C \stackrel{\perp}{} j:D \quad (5)$$

其中,式(1)等价于两个概念或角色相互蕴涵($i:C \stackrel{\subseteq}{} j:D \wedge i:C \stackrel{\supseteq}{} j:D$),式(5)等价于 $i:C \stackrel{\subseteq}{} j:D$,而式(2)与式(3)是互逆过程。

2.2 直接推理

通常假设在一个合理的时间内,一个知识表示系统总能回答用户的查询,且不管肯定或否定回答,其推理决策过程总是要结束的。通过推理,从描述逻辑知识库中的外层知识得到蕴涵在其内部的知识^[11]。参考[7,9-10]的映射方法,以下分别从概念与概念、角色与角色、概念与角色方面描述其推理规则。

2.2.1 概念水平

从ABOX角度给出*i*本体的概念*X*与*j*本体的概念*Y*之间关系的映射规则,*a*表示任意的个体。

规则1 概念等价:

$$\text{iff } \forall a, X(a) \leftrightarrow Y(a) \mid = (i:X \equiv j:Y)$$

规则2 概念包含(*X*蕴涵*Y*):

$$\text{iff } (1) \forall a, X(a) \rightarrow Y(a) \wedge \\ (2) \exists b, Y(b) \wedge \neg X(b) \mid = (i:X \subseteq j:Y)$$

规则3 概念重叠:

$$\text{iff } \forall a, X(a) \wedge Y(a) \mid = (i:X \& j:Y)$$

规则4 概念相离:

$$\text{iff } \forall a, X(a) \leftrightarrow \neg Y(a) \mid = (i:X \leftrightarrow \neg j:Y)$$

2.2.2 角色水平

描述逻辑角色是二元谓词,表示个体间的二元关系。 $R(a,b)$ 表示实体*a*与*b*之间的关系,由于每个角色都有领域(定义域)与范围(值域), P_D, P_R 分别表示*i*本体的角色*P*的领域与范围, R_D, R_R 分别表示*j*本体的角色*R*的领域与范围。

规则5 角色等价:

$$\text{iff } P_D \equiv R_D \wedge P_R \equiv R_R \mid = (P \equiv R)$$

规则6 角色包含:

$$\text{iff } (1) \{P_D \equiv P_R \wedge R_D \subseteq R_R\} \vee \\ (2) \{P_D \subseteq P_R \wedge R_D \equiv R_R\} \vee \\ (3) \{P_D \subseteq P_R \wedge R_D \subseteq R_R\} \mid = (P \subseteq R)$$

规则7 角色重叠:

$$\text{iff } \{P_D \wedge R_D\} \wedge \{P_R \wedge R_R\} \mid = (P \& R)$$

规则8 角色相离:

$$\text{iff } \{P_D \equiv \neg R_D \wedge (P_R \equiv \neg R_R)\} \mid = (P \perp R)$$

2.2.3 概念与角色

关系数据库中存在主键与外键,在关系数据库向本体转换时主键转化为类,外键转化为对象属性^[12]。实际应用中,经常会出现一个本体中的概念与另一个本体中的角色存在语义匹配关系。如某一地块有权属属性,权属可能又是另一个本体中的概念。参照上述思想,不同本体中概念与角色在某种情况下应存在映射关系^[7,9-10]。设概念 $X_i, X'_i \in O_i$,角色 $R \in O_j$, R_D, R_R 分别 *j* 本体的角色 *R* 的领域与范围。

规则9 TBOX 概念与角色等价:

$$\text{iff } (X_i \equiv R_D) \wedge (X'_i \equiv R_R) \mid = (X_i \equiv R)$$

规则10 TBOX 概念与角色包含:

$$\text{iff } (1) (X_i \subseteq R_D) \wedge (X'_i \subseteq R_R) \vee \\ (2) (X_i \equiv R_D) \wedge (X'_i \subseteq R_R) \vee \\ (3) (X_i \subseteq R_D) \wedge (X'_i \equiv R_R) \mid = (X_i \subseteq R)$$

规则11 TBOX 概念与角色重叠:

$$\text{iff } (X_i \wedge R_D) \wedge (X'_i \wedge R_R) \mid = (X_i \& R)$$

规则12 TBOX 概念与角色相离:

$$\text{iff } (X_i \equiv \neg R_D) \vee (X'_i \equiv \neg R_R) \mid = (X_i \perp R_j)$$

2.3 传递推理

前述推理规则仅限于两个概念或角色之间的直接推理,实际中经常遇到两者之间很难寻找到直接映射关系,需要通过中间概念进行传递转化推理。表1中 X_1, X_2 与 X_3 表示概念或角色,“ \subseteq ”、“ $\&$ ”表示两个概念之间是模糊(包括 \subseteq, \supseteq 与 $\&$)、重叠关系。

规则13 $X_1 \perp X_2, X_3 \subseteq X_1, X_4 \subseteq X_2 \mid = X_3$

- $\perp X_4$
- 规则 14 $X_1 \perp X_2, X_1 \perp X_4, X_4 \subset X_2, X_3 \subset X_1 \mid = X_2 \perp X_3$
- 规则 15 $X_1 = X_2, X_3 \subset X_1 \mid = X_3 \subset X_2$
- 规则 16 $X_1 \subset X_2, X_2 \subset X_3 \mid = X_1 \subset X_3$
- 规则 17 $X_1 \cong X_2, X_1 \subset X_3 \mid = X_2 \cong X_3$

表 1 传递映射关系

Tab. 1 Transitive Mapping Relations

$X_2 R X_3$	$X_1 R X_2$				
	\equiv	\subset	\supset	$\&$	\perp
\equiv	\equiv	\subset	\supset	$\&$	\perp
\subset	\subset	\subset	\cong	$\&$	\cong
\supset	\supset	\cong	\supset	\cong	\cong
$\&$	$\&$	$\&$	\cong	$\&$	$\&$
\perp	\perp	\perp	\cong	$\&$	\perp

表 1 仅讨论概念与角色之间一对一映射,而实际应用中本体之间的匹配还存在不同的粒度层次,一个本体的某一个概念或角色很有可能与另一个本体当中对应概念或角色的父类或子类等价。因此,以下给出本体之间的匹配出现一对多或多对一的规则。

规则 18 令 $X = X_1 \cup X_2 \dots \cup X_m, Y = Y_1 \cup Y_2 \dots \cup Y_m$

iff $X_1 = Y_1, X_2 = Y_2 \dots, X_m = Y_m \mid = (X \supset Y_1) \cup (X \supset Y_2) \cup \dots \cup (X \supset Y_m)$

规则 19 令 $X = X_1 \cup X_2 \dots \cup X_m, Y = Y_1 \cup Y_2 \dots \cup Y_m$

iff $\forall a X(a) \leftrightarrow Y_1(a) \vee Y_2(a) \vee \dots \vee Y_m(a) \mid = (X \supset Y_1) \cup (X \supset Y_2) \cup \dots \cup (X \supset Y_m)$

规则 20 令 $P = P^1 \cup P^2 \dots \cup P^k, R = R^1 \cup R^2 \dots \cup R^k$

iff (1) $P_D = \cup_i R^k$
 (2) $P_R = \cup_i R^k \mid = (P \supset R^1) \cup (P \supset R^2) \cup \dots \cup (P \supset R^k)$

规则 21 令 $P = P_1 \cup P_2 \dots \cup P_k, R = R_1 \cup R_2 \dots \cup R_k$

iff $\forall a, b P(a, b) \leftrightarrow R_1(a, b) \vee R_2(a, b) \vee \dots \vee R_k(a, b) \mid = (P \supset R_1) \cup (P \supset R_2) \cup \dots \cup (P \supset R_k)$

3 实验分析

以国家基础地理信息植被与土质(GB/T 13923-2006)分类标准中的农林用地分类术语及基础地理信息要素字典(GB/T 20258. 3-2006)、土地利用现状分类(GB/T 21010-2007)中《土地利用现状分类和编码》相关术语描述,参考形式化基

础地理信息语义^[13]、土地分类概念的语义描述^[14],抽取概念与角色,构建本体,见图 1。运用 Pellet 与 SPARQDL Java API,并结合上述相关规则,探测相关匹配关系。约定两个本体中耕地与园地概念等价作为两个本体匹配的起点($i: CultivatedLand \equiv j: CultivatedLand \wedge i: GardenLand \equiv j: GardenLand$)。以下给出部分 O_i 向 O_j 转化部分推理过程。

O_i (部分基础地理信息本体)	O_j (部分土地利用本体)
$CultivatedLand \subset Thing$	$CultivatedLand \subset Thing$
$PaddyField \subset \exists hasPlantRice.CultivatedLand$	$Paddy \subset \exists hasAquaticCrops.CultivatedLand$
$Upland \subset CultivatedLand$	$WaterIrrigationLand \subset CultivatedLand$
$VegetableField \subset \exists hasPlantVegetable.CultivatedLand$	$Upland \subset CultivatedLand$
$AquaticPlantField \subset \exists hasAquaticCrops.CultivatedLand$	$GardenLand \subset Thing$
$PlatformField \subset CultivatedLand$	$Orchard \subset \exists hasPlantOrchard.GardenLand$
$StripField \subset CultivatedLand$	$TeaGarden \subset \exists hasPlantTea.GardenLand$
$GardenLand \subset Thing$	$OtherGarden \subset \exists hasPlantOtherGarden.GardenLand$
$Orchard \subset \exists hasPlantOrchard.GardenLand$	$hasAquaticCrops \subset hasPlantCrops$
$MulberryGarden \subset \exists hasPlantMulberry.GardenLand$	$hasPlantRice \subset hasPlantCrops$
$TeaGarden \subset \exists hasPlantTea.GardenLand$	$hasPlantLotusroot \subset hasPlantCrops$
$RubberGarden \subset \exists hasPlantRubber.GardenLand$	$hasPlantVegetable \subset hasPlantCrops$
$OtherGarden \subset \exists hasPlantOtherGarden.GardenLand$	$partHasIrrigFacility (Paddy \cup$
$hasAquaticCrops \subset hasPlantCrops$	$WaterIrrigationLand, CultivatedLand)$
$hasPlantRice \subset hasPlantCrops$	$hasPlantOtherGarden (MulberryGarden$
$hasPlantLotusroot \subset hasPlantCrops$	$\cup RubberGarden \cup OtherGarden, GardenLand)$
$hasPlantVegetable \subset hasPlantCrops$	
$partHasIrrigFacility (PaddyField \cup VegetableField$	
$\cup PlatformField \cup StripField, CultivatedLand)$	

图 1 本体 O_i 与 O_j 概念描述

Fig. 1 Concepts Description of Ontologies by Combining O_i with O_j

3.1 概念等价

由概念等价规则易知,旱地在两个本体当中等价($i: Upland \equiv j: Upland$)。因此,可将 $i: Upland$ 与 $j: Upland$ 合并。类似地,可将 $i: Orchard, i: TeaGarden$ 与 j 本体相应概念合并。

3.2 概念与角色等价

根据概念与角色等价规则,易知 $i: PaddyField \equiv \exists hasPlantRice. Paddy \wedge j: Paddy \supset \exists hasPlantRice. Paddy \mid = i: PaddyField \subset j: Paddy$ 。可将稻田归为水田的子概念。同理,可将水生作物地归为水田的子概念,菜地归为水浇地的子概念。

3.3 传递推理

条田与水田、水浇地都具有灌溉设施这个属性,且都为耕地的子类,与其他概念并无直接的关系,因此根据表 1 推理,条田与水田、水浇地为重叠关系。推理如下:

$StripField \subset \exists partHasIrrigFacility. CultivatedLand \wedge WaterIrrigationLand \subset \exists partHasIrrigFacility. CultivatedLand \wedge Paddy \subset \exists partHasIrrigFacility. CultivatedLand \mid = (StripField \& WaterIrrigationLand \cup StripField \& Paddy)$

在并入 j 本体时可保留条田概念作为耕地的子类。同理,可将台田保留并作为耕地的子类。此外, i 本体当中桑园、橡胶园与 j 本体中的其他

园地属性相同,可将前两者并入后者。而且 i 本体中的其他园地与 j 本体中的其他园地同名并入,此类推理可转化为一对多转化规则。推理如下:

$$j: \text{hasPlantOtherGarden}(i: \text{MulberryGarden} \cup i: \text{RubberGarden} \cup i: \text{OtherGarden}, i: \text{GardenLand}) \equiv j: \text{GardenLand} \wedge i: \text{GardenLand} \equiv (i: \text{Orchard} \cup i: \text{TeaGarden} \cup i: \text{MulberryGarden} \cup i: \text{RubberGarden} \cup i: \text{OtherGarden}) \wedge j: \text{GardenLand} \equiv (j: \text{Orchard} \cup j: \text{TeaGarden} \cup j: \text{OtherGarden}) \wedge i: \text{Orchard} \equiv j: \text{Orchard} \wedge i: \text{TeaGarden} \equiv j: \text{TeaGarden} \mid = (i: \text{MulberryGarden} \cup i: \text{RubberGarden} \cup i: \text{OtherGarden}) \equiv j: \text{OtherGarden}$$

3.4 角色推理

与上述概念推理类似,将 i 本体当中的同名等价角色 `partHasIrrigFacility`、`hasPlantOrchard`、`hasPlantTea` 与 `hasOtherGardenPlant` 并入 j 本体角色。此外,图1中没有列出来的 `isAdministeredBy`、`isLanadType` 两个本体都有的同名属性也一道并入 j 本体。

i 本体中的 $i: \text{hasAquaticCrops}$ 角色与 $j: \text{hasAquaticCrops}$ 虽然同名,但存在域不同,前者是水生作物地,后者是水田,因此可将其并入 $j: \text{hasAquaticCrops}$;而 $i: \text{hasPlantRice}$ 的存在域不同,稻田同样也是水田的子集,也可并入 $j: \text{hasAquaticCrops}$ 作为其子属性。推理过程如下:

$$i: \text{hasAquaticCrops}(i: \text{AquaticPlantField}, i: \text{CultivatedLand}) \wedge i: \text{hasPlantRice}(i: \text{PaddyField}, i: \text{CultivatedLand}) \wedge j: \text{hasAquaticCrops}(j: \text{Paddy}, j: \text{CultivatedLand}) \wedge i: \text{PaddyField} \subset j: \text{Paddy} \wedge i: \text{AquaticPlantField} \subset j: \text{Paddy} \mid = (i: \text{hasPlantRice} \subset j: \text{hasAquaticCrops} \cup j: \text{hasAquaticCrops} \subset j: \text{hasAquaticCrops})$$

同理,可将 $i: \text{hasPlantMulberry}$ 、 $i: \text{hasPlantRubber}$ 、 $i: \text{hasPlantOtherGarden}$ 并入 $j: \text{hasPlantOtherGarden}$ 。

3.5 融合本体

将上述一些规则转化成规则文件嵌入程序,依次完成 i 本体中的概念与角色向 j 本体的融合。图2为程序进行推理后生成的树结构形式融合本体图形界面。



图2 O_i 与 O_j 融合后本体

Fig. 2 Merged Ontologies of O_i and O_j

4 结 语

基于描述逻辑的地理本体融合,采用语义解释机制,将地理本体融合问题转化为不同地理概念与角色的语义关系判定,其一致性检测是对本体构建过程中的特征归纳的一种演绎验证。该方法解决了一些概念、角色冲突、概念同名语义冲突、概念覆盖范围及角色的域值范围冲突等问题,如将菜地并入水浇地,稻田并入水田,将基础地理信息中的桑园、橡胶园与其他园地并入到土地利用分类当中的其他园地。其语义推理过程基于规则,具有逻辑的精准性,没有多数本体融合采用的相似度量等数值分析计算,也不存在计算误差。可以借鉴描述逻辑的推理策略,将其借用到地理本体融合,也可为同类研究提供参考。

该方法目前只考虑到概念与角色的语义融合,并未考虑空间关系推理。后续研究将关注与其他融合方法的比较以及随着本体规模增大带来的匹配效率和复杂性问题。

参 考 文 献

- [1] Chen R C, Bau C T, Yeh C J. Merging Domain Ontologies Based on the Word Net System and Fuzzy Formal Concept Analysis Techniques[J]. *Applied Soft Computing*, 2011,11(2): 1 908-1 923
- [2] Kokla M, Kavouras M. Fusion of Top-level and Geographical Domain Ontologies Based on Context Formation and Complementarity[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2001,15(7):679-687
- [3] Buccella A, Cechich A, Gendarmi D, et al. Building a Global Normalized Ontology for Integrating Geographic Data Sources[J]. *Computers & Geosci-*

- ences, 2011, 37(7): 893-916
- [4] Wang Xiaoxuan, Chen Peng, Liu Peng, et al. Geography Ontology Fusion Model based on Statistical Machine Learning[J]. *Journal of Tongji University(Natural Science)*, 2011, 39(5): 758-763(王晓璇, 陈鹏, 刘鹏, 等. 基于统计式机器学习的地理本体融合模型[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2011, 39(5): 758-763)
- [5] Li Junli, He Zongyi, Zhu Qiaoli, et al. A Geographic Ontology Fusion Method Based on Granular Theory[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2013, 38(4): 489-492(李军利, 何宗宜, 朱乔利, 等. 一种粒化理论的地理本体融合方法[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2013, 38(4): 489-492)
- [6] Torres M, Quintero R, Moreno-Ibarra M, et al. GEONTO-MET: an Approach to Conceptualizing the Geographic Domain[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2011, 25(10): 1 633-1 657
- [7] Du H S. Geospatial Ontology Harmonization[C]. The 1st AGILE PhD School, Wernigerode, Germany, 2012
- [8] Shen G H, Huang Z Q, Zhu X D, et al. Using Description Logics Reasoner for Ontology Matching [C]. The Workshop on Intelligent Information Technology Application, 2007
- [9] Koll M, Boufaida Z. A Description Logics Formalization for the Ontology Matching[C]. Comput Sci (WCIT2010), 2010
- [10] Kumar S K, Harding J A. Ontology Mapping Using Description Logic and Bridging Axioms[J]. *Computers in Industry*, 2013, 64: 19-28
- [11] Baader F, Calvanese D, McGuinness D, et al. The Description Logics Handbook [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003
- [12] Santoso H A, Haw S C, Abdul-Mehdi Z T. Ontology Extraction from Relational Database: Concept Hierarchy as Background Knowledge[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2011, 24: 457-464
- [13] Li Lin, Wang Hong. Classification of Fundamental Geographic Information based on Formal Ontology [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2006, 31(6): 523 - 526(李霖, 王红. 基于形式化本体的基础地理信息分类[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2006, 31(6): 523-526)
- [14] Liu Yaolin, Li Hongmei, Yang Chunhui. Ontology Based Land Use Data Generalization[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2010, 35(8): 883-886(刘耀林, 李红梅, 杨淳惠. 基于本体的土地利用数据综合研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2010, 35(8): 883-886)

An Approach for Insight into Geo-ontology Merging Based on Description Logics

LI Junli^{1,2} HE Zongyi¹ KE Dongliang³ ZHU Qiaoli¹

1 School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 School of Geographic Information and Tourism, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China

3 School of Computer, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China

Abstract: An approach for merging geo-ontologies using description logics is proposed. The first step in this method is to find the concepts and roles between two given ontologies. Then, the equivalent concepts between two ontologies are provided as a starting point. Second, by combining direct with transitive reasoning methods, we used reasoners (Pellet and SPARQLDL Java API) to detect semantic relations (equivalence, subsumption, overlap and disjunction) between the concepts and roles of two ontologies including concepts vs. concepts, roles vs. roles, concepts vs. roles. Third, the concepts and roles in the resource ontology are gradually merged into the target ontology. Finally, experiments are conducted by combining fundamental geographic information and land use data for China. The results indicate that the proposed method is feasible and valid for merging geo-ontologies.

Key words: geographic ontology; description logics; ontology merging; semantic reasoning

First author: LI Junli, PhD candidate, lecturer, specializes in geo-ontology and description logics. E-mail: lijunli866@whu.edu.cn

Foundation support: The National Natural Science Foundation of China, Nos. 41071290, 41201463.