

# 一种决策驱动的地图综合服务语义增强方法

成晓强<sup>1</sup> 艾廷华<sup>1</sup> 杨敏<sup>1</sup>

1 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

**摘要:**从地图综合经典决策模式出发,提出了“算子、算法、参量”的三层决策模式与 WPS 交互流程之间的隐性对应关系,并由此扩展到通用的服务链创建;然后,利用这种对应关系梳理了服务语义增强必需的 4 类语义描述信息;最后,使用该信息扩展了 WPS 规范。该方法归纳的语义信息简洁精确,可分层次嵌入 WPS 服务的交互流程,在顾及标准的同时提升了地图综合服务的语义互操作能力。

**关键词:**地理信息服务;地图综合;语义互操作;WPS 规范

**中图法分类号:**P283.1; P208 **文献标志码:**A

将单机地图综合软件中的算法进行分类、剥离和封装,发布为 Web 服务,成为 Web 2.0 时代地图综合新的发展方向<sup>[1-2]</sup>。所有 Web 用户均可在线调用切合自身需求的地图综合功能,突破传统综合软件局限于特定平台与专业人员的瓶颈。在拓宽地图综合应用领域的同时,Web 服务也在进一步推动地图综合向在线环境发展。Web 环境下用户、应用及表现形式多样化的特点催生了按需综合、自适应综合等自动化程度要求较高的制图应用。基于算法简单封装的综合服务已难以满足高自动化应用的需求,研究重点开始向“自动化地图综合服务”转移<sup>[3]</sup>。Web 服务通过语义增强在其服务描述中嵌入面向机器推理的形式化语义信息,以实现服务自动发现与组合<sup>[4]</sup>。作为一种空间信息领域专有的 Web 服务,地图综合服务的语义增强可借鉴通用的实现方法,但同时必须兼顾地图综合的特点与内涵。

地图综合的决策实施需要一系列概念的支撑,如制图规范、数据特征、综合约束、综合算子算法等,通常统一概括为地图综合知识<sup>[5]</sup>。地图综合服务的语义是上述知识中可用于服务发现、绑定及组合的子集,语义增强就是抽取该子集并将其嵌入到服务描述的过程。目前对地图综合知识的完备性归纳、形式化表述及相互间关系的研究还不成熟,将综合知识应用于服务自动发现仍处

于初级阶段。文献[6-9]分别讨论了用户需求、数据特征、综合约束和综合算子的形式化表述,在此基础上,文献[10]提出了基于形式化地图综合知识的自动化制图流程。为了实现地图综合服务的自动发现,文献[11]使用本体和分类法组织了综合算子、算法的语义信息。但上述研究仅把 Web 服务看作一种实现方法,没有探讨地图综合如何在面向服务架构(service-oriented architecture, SOA)下与 Web 服务深度结合,二者在语义层面仍是脱节的。首先,缺乏对服务必需语义信息的总结;其次,难以找到统一的形式化方法;最后,缺乏异构语义信息间的关联匹配机制<sup>[12]</sup>。本文重点关注地图综合服务必需的语义信息,暂不考虑形式化和语义匹配的问题。

本文提出了地图综合决策模式与网格分析服务(Web processing service, WPS)交互流程的隐性对应关系,利用这种关系梳理了地图综合服务语义增强必需的 4 类语义描述,并使用该语义描述扩展了 WPS 规范。

## 1 WPS 服务与地图综合决策

### 1.1 WPS 服务

WPS 是 OGC 地理信息标准体系中地理处理服务的实现标准,得到研究者与开源、商业软件的

收稿日期:2013-03-21

项目来源:国家 863 计划资助项目(2012AA12A404);国家科技支撑计划资助项目(2012BAJ22B02-01);国家自然科学基金青年基金资助项目(41001229);测绘遥感信息工程国家重点实验室开放基金资助项目(11I03);虚拟地理环境教育部重点实验室资助项目(2012VGE03)。

第一作者:成晓强,博士生,主要研究方向为空间数据可视化、多尺度表达、空间信息服务和 Web 制图。E-mail:cxq1028@163.com

普遍支持,地图综合领域的研究者也一致同意将其作为地图综合服务的发布标准<sup>[13]</sup>。WPS 通过 3 个基本操作 GetCapabilities, DescribeProcess 和 Execute 实现地理信息处理服务在语法层面上的互操作,客户端可依次请求这 3 个操作来查找并调用满足自身需求的 WPS 服务。

作为一种通用标准,WPS 并没有规定如何组织具体应用领域的服务描述。使用 WPS 标准发布遥感图像处理、3D 数据处理、空间分析等具体空间处理服务时,要分别定制适合各领域应用的服务描述<sup>[14]</sup>。

### 1.2 综合决策与 WPS 交互流程的隐性对应

地图综合“算子、算法、参量”的三层决策模式与 WPS 服务的交互流程类似。首先是综合算子决策,作业员评判目标制图综合任务后,统一考虑所需的综合算子与 GetCapabilities 中的候选服务,决策任务是否可行;之后是算法决策,作业员根据 ProcessDescription 中的输入、输出信息及详细的服务描述,过滤出最佳匹配服务,对于匹配度相同的 WPS 服务,操作员尝试不同参量来执行服务,根据结果数据及运行效率选择最优服务。所以,地图综合的决策模式与 WPS 的服务交互流程是隐性对应的。该关系可进一步扩展到通用的服务链构建。服务链构建包括建模、实例化、执

行三步<sup>[15]</sup>,每一步均需要不同语义信息的支撑。

1) 建模。在概念层次上进行任务建模,使用抽象功能描述进行快速服务查询,对应 GetCapabilities 层次。

2) 实例化。使用精确条件进行服务过滤,匹配最合适服务,需要 DescribeProcess 提供的详细描述以决策地图综合算法。相比综合算子,地图综合算法更加具体,针对性和目标性更强。所以,DescribeProcess 中既要包含算法的输入输出、参数意义和性能指标等基本描述,也要分析用户需求、地图比例尺和数据区域特征等上下文条件是否满足其针对性要求。

3) 执行。输入数据和参数,执行服务链,对应 Execute 层次。服务输入应当满足一定要求,以保证响应速度及结果质量。

利用该对应关系可归纳出 4 类用于地图综合服务语义增强的描述信息:① 需要功能描述支持基本的服务查找,对应于 GetCapabilities;② 使用限制条件保证服务不被误用;③ 具备服务使用方法的描述;(②③对应于 DescribeProcess)④ 确保服务性能应遵循的额外约束,对应于 Execute。4 类信息可简单表示为功能描述、适用条件、使用说明和性能要求。表 1 列出了 WPS 操作与上述描述信息的依赖关系。

表 1 WPS 操作与服务描述信息的依赖关系

Tab. 1 Dependence Between WPS Operations and Service's Semantic Description

WPS 操作	地图综合决策	地图综合语义描述项	服务链创建
GetCapabilities	算子	功能描述(Capabilities)	Process Modelling
ProcessDescription	算法	适用条件(Context) 使用说明(Instructions)	Model Instantiation
Execute	参量	性能要求(Requirements)	Workflow Execution

## 2 地图综合服务的语义描述

### 2.1 功能描述

描述地图综合服务的功能性特征,是在语义层次对服务功能的定义,既要具备可直观体现服务功能的简单说明,又要从不同角度阐述服务的

功能特性,方便服务的发现与筛选。综合算子是对地图综合操作的抽象描述,每个地图综合服务都隐式地实现了某一或多个综合算子。表 2 中的综合算子便是服务功能的最直接体现,其余项依次代表服务可解决或者保持的综合约束、对数据精度的影响和其他的服务分类。

表 2 地图综合服务的功能描述

Tab. 2 Functional Description of Map Generalization Service

名称	语义表示方法	示例	描述
综合算子	分类概念	化简	服务所实现的综合算子,可以有多个
综合约束	分类概念	最小符号尺寸	服务可解决或保持的综合约束,可以有多个
服务影响	数学表达式	空间分辨率降低	服务执行对数据质量造成的影响
服务粒度	分类概念	单算子服务	服务所执行功能的粒度
图形/模型	枚举类型	图形综合	服务侧重于图形综合或模型综合
量变/质变	枚举类型	质变	服务执行前后数据发生变换的性质
基数	枚举类型	1 : 0...1	服务输入输出的基数比

### 2.2 适用条件

描述调用服务必须满足的先决条件。某一地图综合服务只适合处理特定类型的空间数据,如保持平直特征的建筑物化简服务不能用来化简等

高线,基于网眼密度的道路网选取服务只适合于网格特征明显的的数据。所以,服务选取时必须充分考虑具体应用场景是否满足其先决条件。表 3 列出了地图综合服务的 4 类先决条件。

表 3 地图综合服务的适用条件  
Tab. 3 Restrictions of Map Generalization Service

名称	语义表示方法	示例	描述
几何描述	本体概念	Building. Granularity<0.4	输入数据的几何特征描述
地理意义	本体概念	河流、道路、地貌	输入数据代表的实体、现象
空间特征	本体概念	河网、Stroke、城中村	服务针对的抽象概念或空间特征
尺度范围	数学表达式	[50 000,250 000]	服务适用的尺度范围

### 2.3 使用说明

描述如何正确使用地图综合服务并得到有效的结果数据。服务调用包括 3 个步骤:准备输入数据、设定参量阈值和获取结果数据。在“适用条件”中已经限定了输入数据的语义信息,表 4 中的“输入数据”主要侧重于语法层次的数据模型与编码格式。“参量意义”表示与该参量对应的制图指标,“最大综合粒度”限定了参量的合法取值范围,二者共同辅助用户设定合理的参量阈值。图

1 是建筑物化简服务<sup>[2]</sup>不同阈值的结果展示,图 1(b)效果最佳,图 1(a)中建筑物①仍遗留有细小凹部,图 1(c)中化简后数据形变较大,尤其是建筑物②。这表明综合参量设定既要充分解决移除型综合约束,又要避免参量跨度较大引起的结果质量下降(违反保持型约束)。“备注属性”可以作为输入数据的一部分,在此独立出来,目的是强调某些地图综合服务会在结果数据中附加额外属性,如面转线后附加的平均宽度。

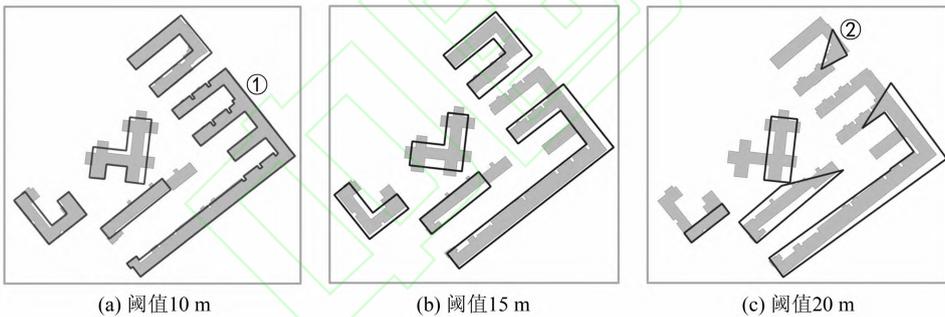


图 1 建筑物化简服务不同阈值的效果对比

Fig. 1 Results of Building Simplification Service with Different Thresholds

表 4 地图综合服务的使用说明

Tab. 4 Instructions of Map Generalization Service

名称	语义表示方法	示例	描述
输入数据	数据规范结合本体概念	{Polygon, Feature, GML, http://schemas.net/gml/2.1/feature.xsd}	输入的数据集、编码格式和数据模型
参量意义	本体概念	最小面积、最小弯曲深度	制图指标的对应关系
最大综合粒度	数学表达式	5 倍	参量的合法取值范围
备注属性	数据规范	道路平均宽度,面积变化倍率	结果数据中的附加属性
结果数据	数据规范结合本体概念	{Point, Feature, GML, http://schemas.net/gml/2.1/feature.xsd}	输出的数据集、编码格式和数据模型

### 2.4 性能要求

地图综合服务的算法复杂度各不相同,运行效率也有差异。Web 环境下的大数据量传输、长

任务执行及网络状况不稳定等因素均要求 Web 服务能尽快响应,必须对输入数据量进行适当限制,见表 5。

表5 地图综合服务的性能要求

Tab. 5 Performance Requirements of Map Generalization Service

名称	语义表示方法	示例	描述
目标个数	数学表达式	Input. Buildings. Count < 3 000	服务对输入数据量的限制条件
目标复杂度	本体概念	Max(Input. Contour. PointCount)<1 000	服务对输入目标复杂度的限制条件

### 3 基于地图综合语义描述的 WPS 规范扩展

WPS 应用纲要 是 WPS 标准为自身定义的元数据规范,规定了服务元数据必须包括的描述元素,并通过 URN 进行唯一标识。假设不同服务实例拥有相同的功能和执行条件,可共享同一应用纲要,这些服务实例之间可直接实现功能交互,同时也方便服务用户对比服务实例的优劣。WPS 1.0 中的应用纲要仍然是基于语法层次的,必需元素仅包括服务的唯一标识名 URN 和服务输入输出的定义,这显然无法满足地图综合服务的语义需求。可使用 § 2 节归纳的语义信息对其进行扩展,构建面向地图综合服务的、具备丰富语义元素的应用纲要。

URN 是对服务功能的层次化组织,采用命名空间机制来唯一标识具体处理服务。地图综合中,综合算子的分类关系同命名空间的机制类似,可将综合算子附带部分限制条件,建立地图综合服务的命名空间组织,见图 2。客户端通过解析该 URN 即可初步了解服务提供的综合算法。除 URN 外的语义信息可直接作为元素嵌入应用纲要,见表 6。

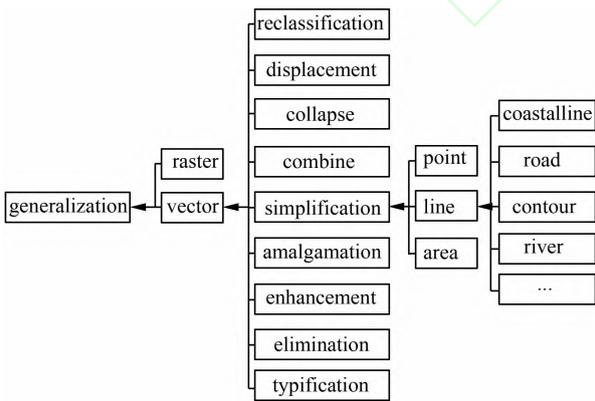


图 2 地图综合服务命名空间结构图  
Fig. 2 Outline Structure of URN Namespace for Map Generalization Service

表6 地图综合 WPS 服务纲要

Tab. 6 Service Profile of Map Generalization WPS Service

应用纲要元素	值
Identifier	generalization; vector; simplification; line; contour
Abstract	对等高线进行简化
输入数据 参量意义	Feature. GML. Contour 等高线化简比率
输出数据	Feature. GML. Contour
综合约束	最小弯曲深度
服务影响	空间分辨率降低
服务粒度	单算子服务
图形/模型	模型综合
量变/质变	量变
基数	1 : 1
几何描述	Line
地理意义	等高线
空间特征	丘陵
尺度范围	[10 000, 250 000]
最大综合粒度	10 倍
备注属性	无
目标个数	Feature. Count<10 000

### 4 结 语

本文从决策的角度讨论了地图综合服务必需的语义信息,并将这些语义信息同 WPS 规范及交互流程进行了无缝集成,解决了按需制图研究中地图综合知识与 Web 服务脱节的问题。未来的研究可在以下几个方面继续深入。

1) 为地图综合知识寻求合适的描述机制及形式化表述方法是地图综合服务自动发现、组合的重要一环。

2) 目前的地图综合服务均是直接将算法参量不加包装直接提供给用户,这导致用户难以理解算法参量表达的意义,即使理解,也要通过多次尝试来确定适合的参量取值。如何降低服务参量的复杂度,拓宽地图综合服务对各种需求的适应性是未来地图综合服务能够广泛应用的关键。

### 参 考 文 献

[1] Burghardt D, Neun M, Weibel R. Generalization Services on the Web-Classification and an Initial Prototype Implementation [J]. *Cartography and*

- Geographic Information Science*, 2005,32(4):257-268
- [2] ICA Commission on Generalisation and Multiple Representation. WebGen WPS Implementation, 2012[EB/OL]. [http://kartographie.geo.tu-dresden.de/webgen\\_wps/](http://kartographie.geo.tu-dresden.de/webgen_wps/),2013
- [3] Touya G, Duchêne C, Ruas A. Collaborative Generalisation: Formalisation of Generalisation Knowledge to Orchestrate Different Cartographic Generalisation Processes[M]//Fabrikant S I, Reichenbacher T, van Kreveld M, et al. *Geographic Information Science*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010: 264-278
- [4] Lutz M. Ontology-Based Descriptions for Semantic Discovery and Composition of Geoprocessing Services[J]. *GeoInformatica*, 2007,11(1):1-36
- [5] Wang Jiayao, Qian Haizhong. Cartographic Generalization Knowledge and Its Application [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2006(05): 382-386(王家耀,钱海忠. 制图综合知识及其应用[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2006,31(5): 382-386)
- [6] Stoter J, van Smaalen J, Bakker N, et al. Specifying Map Requirements for Automated Generalization of Topographic Data[J]. *Cartographic Journal*, 2009,46(3):214-227
- [7] Edwardes A, Burghardt D, Neun M. Interoperability in Map Generalization Research[C]. International Symposium on Generalization of Information, Berlin, 2005
- [8] Werder S. Formalization of Spatial Constraints [C]. The 12th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Germany, 2009
- [9] Foerster T, Stoter J, Kobben B. Towards a Formal Classification of Generalization Operators[C]. ICC, Moscow, 2007
- [10] Regnauld N. Evolving from Automating Existing Map Production Systems to Producing Maps on Demand Automatically [C]. The 10th ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Moscow, 2007
- [11] Gould N. An Ontological Approach to On-demand Mapping [C]. The 15th Workshop of the ICA Commission on Generalisation and Multiple Representation, Turkey, 2012
- [12] Fitzner D, Hoffmann J, Klien E. Functional Description of Geoprocessing Services as Conjunctive Datalog Queries[J]. *Geoinformatica*, 2011,15(1): 191-221
- [13] Foerster T, Burghardt D, Neun M, et al. Towards an Interoperable Web Generalization Services Framework-Current Work in Progress [C]. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Montpellier, France, 2008
- [14] Nash E. WPS Application Profiles for Generic and Specialised Processes [C]. GI-Days, Munster, Germany, 2008
- [15] Yue P, Di L, Yang W, et al. Semantic Web Services-based Process Planning for Earth Science Applications[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2009, 23(9): 1 139-1 163

## A Decision-Driven Method for Building Semantically Enriched Map Generalization Services

CHENG Xiaoqiang<sup>1</sup> AI Tinghua<sup>1</sup> YANG Min<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

**Abstract:** Web service and map generalization can improve syntactic and semantic interoperability however their collaboration remains unsolved. On the one hand, standards for geospatial information services are generic and do not consider the specific field, such as map generalization; on the other hand, the generalization of knowledge is too complex to systematically extract accurate information to enrich the semantics of a map generalization service. This paper aims to investigate the classical “operator-algorithm-threshold” decision mode, introducing an implicit correspondence between the mode and WPS interaction process, and further extending this to service chaining. Based on this implicit relationship, four kinds of information suitable for enriching generalization services are summarized and analyzed in detail. Finally, this semantic information mentioned above is used to extend the WPS specification.

# Inversion of Locking and Distribution of Slip Deficit in Haiyuan-Liupan Fault Zone Using GPS Data

LI Qiang<sup>1,2</sup> JIANG Zaisen<sup>1</sup> WU Yanqiang<sup>1</sup> ZHAO Jing<sup>3</sup>

1 The CEA Key Laboratory of Earthquake Prediction, Institute of Earthquake Science, China Earthquake Administration, Beijing 100036, China

2 The Earthquake Administration of Fujian Province, Fuzhou 350003, China

3 The China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

**Abstract:** Using GPS horizontal velocity field data for the China mainland, the locking and distribution of the slip deficit of the Haiyuan-Liupan fault zone was inverted based on a block rotation and fault locking model. We analyzed the potential of the large earthquake using the inversion results. The results show that the locking degree of the Jinqiang River, Maomao Mountain, and the southern segment of the Liupan Mountain fault is the strongest. The level of the slip deficit on Jinqiang River, Maomao Mountain, and the Laohu Mountain fault is relatively high, while the entire Liupan Mountain is relatively low and the strain accumulation is very slow. The locking and the slip deficit of other faults are all relative low, especially the Haiyuan fault, where the degree of locking is the weakest and only shallow slip deficit exists. Considering historical earthquakes, the results suggest that the Jinqiang River, Maomao Mountain, and the southern segment of the Liupan Mountain fault are seismogenic faults with large earthquake potential.

**Key words:** GPS; the degree of locking; slip deficit; potential of earthquake; Haiyuan-Liupan fault

**First author:** LI Qiang, postgraduate, specializes in geodynamics. E-mail: liqiangies@126.com

**Foundation support:** The National Science & Technology Pillar Program During the 12th Five-Year Plan Period, No. 2012BAK19B01-06; the National Natural Science Foundation of China, No. 40974005.

(上接第 565 页)

The semantic information in this study is concise and accurate enough to be embedded in the WPS interaction process hierarchically and thus improves the semantic interoperability of a map generalization service while taking the OGC standard into account.

**Key words:** geographic information service; map generalization; semantic interoperability; WPS specification

**First author:** CHENG Xiaoqiang, PhD candidate, specializes in theories and methods of spatial visualization, multiple representation, geospatial service and web cartography. E-mail: cxq1028@163.com

**Foundation support:** The National High Technology Research and Development Program of China, No. 2012AA12A404; the National Science and Technology Support Program, No. 2012BAJ22B02-01; the National Natural Science Foundation of China, No. 41001229; Open Foundation of LIESMARS, No. 11103; Programs Foundation of VGEKL, No. 2012VGE03.