



地理空间元数据 关联网络构建与应用

赵红伟 诸云强 著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

地理空间元数据 关联网络构建与应用

赵红伟 诸云强 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

在介绍相关研究背景与意义、国内外研究现状、相关理论方法的基础上,本书阐述面向关联数据的地理空间数据语义关联网络构建方法,包括构建地理空间元数据在空间、时间、专题三个特征的本体、设计地理空间元数据语义关联模型、研究多种语义形态下地理空间数据语义关系判断及语义相关度计算方法、对构建的语义关联网络实例进行优化分析等,并通过开发地理空间元数据语义关联网络应用系统验证网络的应用效果,最后对地理空间元数据语义关联网络的构建及应用进行总结和展望。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

地理空间元数据关联网络构建与应用/赵红伟,诸云强著. —北京:电子工业出版社,2017.8
ISBN 978-7-121-32163-4

I. ①地… II. ①赵… ②诸… III. ①地理信息系统—元数据—计算机网络—研究 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 167685 号

策划编辑:董亚峰

责任编辑:郝黎明 特约编辑:张燕虹

印 刷:北京季峰印刷有限公司

装 订:北京季峰印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:720×1 000 1/16 印张:11.5 字数:219 千字

版 次:2017 年 8 月第 1 版

印 次:2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价:39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254694。

前言



随着网络地理信息系统、元数据、地理信息服务、Web 2.0 等技术的发展,地理空间数据(显式的矢量和栅格数据,以及隐式的含有空间位置的调查、统计数据等)在互联网上得到了广泛的传播和共享利用。Michael F. Goodchild (2007 年)和李德仁等(2009 年)提出了自发地理信息和新地理信息时代的概念,指出人人都是地理信息使用者和提供者的地理信息协作生产和传播共享的新趋势。在这样的环境下,地理空间数据将以一种前所未有的速度急剧增长,人们面临的将是浩瀚的、分散在网络上的地理空间数据。因此,如何精确发现用户需要的地理空间数据,并把相关的地理空间数据智能推荐给用户,是当前和未来地理信息共享急需解决的问题。

网络环境下地理空间数据的精确发现和智能推荐的关键在于地理空间数据的语义关联。由于缺乏语义的关联,现有的地理空间数据服务相互独立或者仅通过关键词匹配进行弱关联,直接导致查不全、查不准的问题,更不能提供自动的启发式服务(以用户数据需求为核心,通过语义关联,自动启发用户还有哪些相关的数据可以使用),严重阻碍了地理空间数据的高效共享。

关联数据(Linked Data)被认为是语义网的一种实现,它通过明确的语义表达,使得不同领域、来源和结构的数据可以相互链接,从而促进数据的查找、集成与利用,为构建一个富含语义、人机都可理解的、互连互通的全球数据网络奠定基础。关联数据于 2006 年提出后,受到了国外发达国家政府、科技界和工业界的广泛关注。

2007 年,W3C 启动了链接开放数据项目(Linking Open Data, LOD)。

截至 2011 年 9 月, LOD 已经收录 295 个数据集, 包含 316.34 亿条 RDF (Resource Description Framework, 资源描述框架) 三元组, 以及 5.04 亿条 RDF 链接, 涵盖了多媒体、地理、政府部门、出版物、跨领域的数据、生命科学数据、网络用户贡献的数据等。美国政府、英国政府也采用关联数据技术将政府开放数据转换为关联数据。美国已经发布了 60.4 亿个开放政府数据 RDF 三元组, 英国已经将环境、财政、法规、地理位置(邮编、行政区划等)、政府机构、统计、交通等数据发布为关联数据。一些知名的企业集团如英国广播公司(BBC)、纽约时报、路透社、百思买等, 纷纷采用关联数据发布多媒体、新闻等数据。

国内对关联数据的研究才刚刚起步, 仅有的文献主要集中在图书、情报领域, 且多为概述、综述性研究, 数据发布与实践研究较少。

关联数据研究的前提和难点是如何抽取资源对象的语义并自动建立相互间的关联关系。

地理空间元数据是对地理空间数据标识、内容、质量、服务方式等的描述, 是当前地理空间数据共享服务的主要方法和形态。近 30 多年来, 世界各国在网络上发布了规模巨大的地理空间元数据, 如美国地理空间数据总门户、全球变化主目录、欧洲空间信息基础设施, 中国测绘成果分发服务网、地球系统科学数据共享平台等。地理空间元数据中蕴含着丰富的地理空间数据语义, 如主题分类、属性内容、时空范围、数据精度和结构、来源出处等, 为地理空间数据语义抽取和自动关联提供了理想的语料库。同时, 发展和完善现有的元数据技术, 对传统元数据进行显式的语义标注与关联, 对于提升地理空间数据共享服务具有重要的基础性作用。

在此背景下, 本书面向网络地理空间数据高效共享的迫切需求, 瞄准“关联数据”前沿研究的难点, 开展基于元数据语义的地理空间数据关联方法研究, 其目标是研究探索一种在数据层面上自动构建地理空间数据之间关联的方法。

首先, 从理论方法的角度来讲, 构建地理空间数据语义关联模型, 研究语义相关度计算方法, 并对语义关联网络中弱关联进行优化分析, 为大规模构建、存储地理空间多维关联数据网络提供可行性的技术方法, 推动地理空间关联数据的发展, 为其他领域关联数据的构建提供借鉴。

其次, 在应用价值上, 地理空间元数据语义关联网络丰富了地理空间

关联数据的语义关系、提高了关联强度的度量精度,可以大大促进地理空间数据共享和集成。地理空间概念之间丰富的语义关系可以被其他关联数据链接和应用,扩大地理空间关联数据的服务价值,更好地支撑地理信息服务、人地关系可持续发展和全球变化研究。

最后,在重大需求上,可以直接为我国正在实施的各类信息共享工程 and 平台服务,如国家电子政务自然资源和地理空间信息库、国家科技基础条件平台等,促进不同领域、不同类别科技资源的高效、智能的关联共享和集成服务,提升科技资源的共享效益。

地理空间元数据语义关联网络的构建与应用研究从逻辑上可分为两个阶段。第一阶段建立地理空间元数据语义关联网络模型;第二阶段构建地理空间元数据语义关联网络实例,基于实例开发地理空间元数据语义关联网络应用系统原型。全书分为以下8章。

第1章 绪论。首先介绍了研究背景,从三个角度分析大数据背景下,地理空间数据语义发现和智能推荐对地理空间元数据语义关联网络构建的需求;然后论述本书的立题依据和主要意义;最后从元数据的标准、地理空间关联数据、地理空间语义相关度计算三个方面进行研究现状的总结。

第2章 基础理论。首先对本书中的主要概念以及相关概念进行了界定;然后,论述了本书涉及的主要技术(IRI, RDF);最后介绍了本书的研究对象——地理空间元数据的主要特征。

第3章 地理空间元数据的语义。从空间、时间、专题三个角度对地理空间元数据的语义特征、语义关系进行了深入分析;构建了地理空间元数据在空间、时间、专题三个语义维度的语义关联指标体系,为地理空间元数据之间语义相关度的计算奠定了基础。

第4章 地理空间元数据语义关联模型。介绍了语义关联网络的形式化表达方法及相关要素的定义;深入地分析地理空间元数据中空间、时间、专题、来源四类语义元素的表达形式;定义了一维、多维的关联模型,并给出了不同的语义关联模型中语义关联谓词的取值范围。

第5章 地理空间元数据语义关系判断及语义相关度计算。介绍了专题语义关系及相关度、空间语义关系及相关度、时间语义关系及相关度和多维语义关系及相关度的计算模型。最后介绍了利用层次分析法求关联指

标权重。

第6章 地理空间元数据语义关联网络构建与评价。构建地理空间元数据语义关联网络实例，并对其进行优化和中心性分析。首先对元数据集合和地理空间基础数据进行分析；然后根据元数据介绍构建语义关联网络的思路；进而提取语义元素并构建一维（专题、空间、时间）和多维（专题-空间、专题-时间、空间-时间、专题-空间-时间）的语义关联网络、对关联网络中语义关系和语义相关度进行分析；最后对构建的关联网络进行优化分析并计算网络的中心性。

第7章 地理空间元数据语义检索系统。开发基于地理空间元数据语义关联网络的原型系统——地理空间元数据语义检索系统。该系统主要实现了语义关系检索、关键词检索、关联可视化、语义推荐等功能。

第8章 结论与展望。对全文进行总结，给出本书的主要研究成果和创新点，总结研究过程中的难点及体会，对今后的研究方向进行展望。

本书在研究与撰写过程中的作者主要分工如下。

赵红伟：地理空间元数据语义关联网络实例的构建，地理空间元数据语义检索系统的开发，初稿撰写等。

诸云强：地理空间元数据语义关联指标的构建，地理空间元数据语义关联模型和语义相关度算法的指导，初稿修改等。

本书的编写和出版得到了以下项目的资助：科技基础性工作专项重点项目（2013FY110900）、贵州省公益性基础性地质工作项目（黔国土资地环函[2014]23号）、国家自然科学基金项目（41631177）、国家自然科学基金项目（41371381）、农业基础性长期性科技工作（Y2017LM07）、中国农业科学院科技创新工程（CAAS-ASTIP-2016-AII）。

特别感谢国家地球系统科学数据共享平台（2005DKA32300）为本书提供实验数据的支持。

限于作者水平，加之时间紧迫，书中错误、疏漏之处难免，敬请广大读者批评和指正。

作者

目 录



第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 大数据背景下地理空间数据语义发现与智能推荐的需求	1
1.1.2 关联数据是数据语义发现与智能推荐的有效实践	2
1.1.3 高精度地理空间数据语义关联模型的必要性	3
1.2 研究意义	5
1.3 国内外研究现状	6
1.3.1 地理空间元数据标准与表达方式研究现状	6
1.3.2 地理空间关联数据的发展	8
1.3.3 地理空间数据语义相关度研究现状	10
1.4 小结	13
第 2 章 基础理论	14
2.1 主要概念	14
2.1.1 语义网络与知识图谱	14
2.1.2 元数据与元数据框架	16
2.1.3 元数据语义关联网络	17
2.2 主要理论方法	17
2.2.1 国际资源标识符 (IRI)	17

2.2.2	资源描述框架 (RDF)	18
2.2.3	地理空间本体 (Ontology)	19
2.2.4	复杂网络 (complex network)	21
2.3	地理空间元数据	23
2.3.1	地理空间元数据的作用	23
2.3.2	地理空间元数据的特性	24
2.3.3	地理空间元数据的主要内容	24
2.4	小结	25
第3章	地理空间元数据的语义	26
3.1	地理空间元数据主要语义特征	26
3.1.1	空间特征	26
3.1.2	时间特征	27
3.1.3	专题特征	29
3.2	地理空间元数据主要语义关系	30
3.2.1	空间语义关系	30
3.2.2	时间语义关系	36
3.2.3	专题语义关系	40
3.3	语义关联指标	41
3.4	小结	43
第4章	地理空间元数据语义关联模型	44
4.1	地理空间元数据关联模型形式化	44
4.2	语义元素	46
4.2.1	空间语义元素	46
4.2.2	时间语义元素	48
4.2.3	专题语义元素	49
4.2.4	来源语义元素	50
4.3	一维语义关联模型	50
4.3.1	空间语义关联模型	51

4.3.2 时间语义关联模型	52
4.3.3 专题语义关联模型	54
4.4 多维语义关联模型	55
4.4.1 空间-时间语义关联模型	56
4.4.2 空间-专题语义关联模型	57
4.4.3 时间-专题语义关联模型	59
4.4.4 空间-时间-专题语义关联模型	60
4.5 小结	62
第5章 地理空间元数据语义关系判断及语义相关度计算	63
5.1 问题的提出	63
5.2 空间语义关联谓词及关联强度	64
5.2.1 空间拓扑关系语义相关度	66
5.2.2 空间度量关系语义相关度	67
5.3 时间语义关联谓词及关联强度	70
5.3.1 多个时间实体之间语义关联谓词及关联强度的计算	70
5.3.2 多个时间实体之间语义关联谓词的判断	72
5.3.3 任意两个时间实体基本拓扑关系和方向关系	73
5.3.4 时间度量关系	74
5.4 专题语义关联谓词及关联强度	74
5.4.1 专题关键词的语义相似度	76
5.4.2 专题类别的语义相关度	77
5.5 多维语义相关度计算	78
5.5.1 二维语义相关度	79
5.5.2 三维语义相关度	79
5.6 层次分析法求关联指标权重	80
5.6.1 建立语义相关度的指标层次结构	80
5.6.2 构造判断矩阵并赋值	82
5.6.3 一致性检验并计算权重向量	83
5.7 小结	86

第 6 章 地理空间元数据语义关联网络构建与评价87

6.1 数据分析87

6.1.1 地理空间元数据88

6.1.2 语义本体数据89

6.1.3 地理空间基础数据库96

6.2 地理空间元数据语义关联网络构建流程与关键问题97

6.2.1 构建流程97

6.2.2 构建关键问题99

6.3 关联网络构建100

6.3.1 语义元素标准化100

6.3.2 一维关联网络实例101

6.3.3 多维关联网络实例117

6.4 关联网络中心性分析与评价125

6.4.1 核心语义关联网络125

6.4.2 网络中心性指标128

6.4.3 关联网络中心性分析129

6.5 小结140

第 7 章 地理空间元数据语义检索系统141

7.1 系统功能设计141

7.1.1 主要功能142

7.1.2 辅助功能143

7.2 原型系统实现144

7.2.1 系统部署与界面简介144

7.2.2 语义关系检索模块146

7.2.3 关键词检索模块149

7.3 系统检索效果评价150

7.3.1 空间特征检索150

7.3.2 专题-空间特征检索153

7.4 小结155

第 8 章 结论与展望	156
8.1 主要成果	156
8.2 创新点	158
8.3 研究展望	159
8.4 小结	160
参考文献	161

1

第1章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 大数据背景下地理空间数据语义发现与智能推荐的需求

随着数据获取技术的进步,人们已经可以获得宇宙空间、地球大气圈不同高度、海洋圈不同深度、地表不同深度的各个截断面及各种性质的海量地理空间数据。大数据环境下,地理空间数据的共享具有重要的现实意义:一方面可以促进数据的流通,产生更高的社会价值;另一方面可以大大降低社会资源的损耗。

由于地理空间数据来源广泛、领域不一、内容格式多样、管理复杂并不断变化,目前对其的发现主要依赖于元数据描述和关键检索技术^[1]。但是,国内外现有的地理空间元数据标准(如数字地理空间元数据内容标准(CSDGM)、ISO 19115 标准、目录交换格式(DIF)以及国内的地理信息元数据标准、国土资源信息核心元数据标准等)都只能针对地理空间数据自身的特性进行描述,不能够描述它与其他元数据之间的语义关系^[2]。而地理空间数据之间存在丰富的语义关系,如“江苏省土地利用数据集(2005—2015 年)”与“长江三角洲农业用地数据集(2010 年)”,两者在空间、专题内容、时间都具有密切的语义相关性。地理空间数据之间的语义相关性具有重要的应用价值,如帮助用户发现隐藏的目标数据、为用户推荐感兴趣的数据等。

由此可见,在地理空间大数据背景下,地理空间数据的语义发现与智能推荐是研究机构和个人及时、便利地从大量信息中获取相关数据的保障,是充分利用大量地理空间信息资源的关键。

1.1.2 关联数据是数据语义发现与智能推荐的有效实践

近年来,国内外学者利用叙词表、本体等知识组织工具,对地理空间数据进行语义层次上的组织和利用^[3, 4, 5]。相关的理论和方法为地理空间数据的语义认知提供了概念、关系等方面的基础。

2006年提出的“关联数据”(linked data),旨在将异构数据进行跨网域的整合,摆脱现有Web网络信息的粗粒度与语义性缺失^[6]。“关联数据”通过发布和链接结构化数据使得分散异构的数据孤岛实现语义关联,从而促进传统文件网络向共享数据网络的演进^[7]。关联数据所采用的概念原则、URI(Unified Resource Identifier,统一资源标识符)复用与发布机制增强了结构化数据的语义性、开放性与关联性。在此之上的RDF(Resource Description Framework,资源描述框架)链接机制更是将数据内部所蕴含的客观实体与抽象概念关联在一起,从而赋予关联数据以强大的网络构建能力,并能够为数据资源的语义整合与开放共享提供新的可能。

关联数据的支撑技术RDF是国际标准组织W3C(World Wide Web Consortium,万维网联盟)早在1999年为了描述Web元数据而建立的标准,由此可见,关联数据与元数据具有天然的联系。利用RDF数据模型既可以对地理空间元数据进行描述又可以建立元数据之间的语义关联。

由于自身的特殊性,地理空间数据的语义关联仍然具有一定的复杂性,具体表现在以下几个方面。

(1) 地理空间数据粒度的多样性。地理空间数据,广义地讲,是指描述地球表面位置的信息;狭义地讲,是指具有明确位置数据的信息,通常情况下是在某一坐标系下的几何体^[8],主要包括空间特征、专题特征和时间特征。由此可见,地理空间数据的对象可以是一个空间实体,可以是一个空间实体的集合,可以是一个空间实体的文件,还可以是一个空间实体文件集合等。不同的粒度,针对的用户需求不同,因此语义需求不同。

(2) 地理空间数据覆盖领域的广泛性。由地理空间数据的定义可知, 只要与空间有关的信息都可以称为地理空间数据, 覆盖人类活动的各个领域。因此, 地理空间数据从形式到内容多种多样、关系错综复杂, 基于此建立完整的语义关联难度非常大。

(3) 地理空间数据语义的多维性。地理空间数据的多特征性决定了语义的多维性, 如空间语义、专题语义、时间语义等。不同维度的语义关系又具有多样性, 如空间语义维度具有空间拓扑关系、空间组合关系、空间方向关系、空间度量关系等, 而每一种语义关系的特点具有不同的语义相关度的计算方法。

目前还没有一种关联模型能够包含地理空间数据每个层次的粒度、所有的研究领域以及全部的语义关系。

1.1.3 高精度地理空间数据语义关联模型的必要性

关联数据作为语义网的简化形式, 自被提出以来, 因其强大的语义描述、易于实现等特点, 得到了广泛的关注和应用。地球科学领域的专家和学者根据地理空间数据的特点, 对地理空间关联数据进行了相关的研究^[9, 10, 11, 12], 并促成了一批地理空间关联数据网站的出现。但地理空间关联数据的实现和应用, 还有以下一定的局限性。

(1) 关联本质方面: 目前, 多数地理空间关联数据网站根据“关联数据”四个基本原则¹将地理空间元数据中的概念项与开放的知识网站或关联数据词汇表(如 wiki、Dbpedia、GeoNames、FOA)建立外部关联。通过外部关联的语义关系来判断地理空间数据的语义关系, 并不是真正意义上的地理空间(元)数据与地理空间(元)数据之间的“数据网络”。

(2) 在语义关系方面: 地理空间数据之间的语义关系具有多样性、复杂性, 而现有的地理空间关联数据的语义关系依赖于开放知识链接或本体中概念的语义关系, 这是由目前的地理空间关联数据的本质所决定的。近年来, 相关学者不断地尝试扩展地理空间关联数据中的语义关系, 如 Goodwin^[13]等人考虑了地理空间数据的空间包含(completely spatially contains)、内切包含(tangentially spatially contains)、相接(borders)、相等(spatially equivalent), 但地理空间

¹ <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.

数据之间的语义关系远不止以上几种。另外,除空间语义关系外,还包含专题、时间等方面的语义关系。

(3) 语义相关度计算方面:Andrea 等人^[14]利用改进的 LSA 算法,通过计算开放知识链中词汇之间语义相关度得到 OpenStreetMap 中地理空间数据之间的语义相关度;Stadler 等人^[10]通过加权计算开放知识链中词汇之间的 Jaro-Winkler 距离和最短空间距离,来计算 OpenStreetMap 中地理空间数据之间的语义相似度。以上都是从字符串的角度来计算地理空间数据的语义相关度,并不一定包含空间拓扑相关、空间度量相关、专题分类相关等。

由此可见,目前地理空间关联数据的关联模型还不足以实现地理空间数据多维度语义关系判断和准确的语义相关度的计算。

一个合理、有效的地理空间数据关联模型依赖于研究目标和用户群体的需求,主要包含地理空间数据语义描述、地理空间概念语义关联和地理空间关联数据的应用三个方面:

(1) 地理空间数据语义描述是指基于人们的认知对地理空间数据特征的概念化描述。目前采用较多的方法是基于地理空间元数据标准、叙词表等方式。元数据标准一般由政府或相关组织制定并被领域专家认可,包含了地理空间数据的主要特征,如数据来源、数据质量、空间信息、时间信息、内容信息等;叙词表是一种概括某一学科领域,以规范化的、受控的、动态性的叙词(主题词)为基本成分和以参照系统显示词间关系,用于标引、存储和检索文献的词典。

(2) 地理空间概念语义关联是指建立地理空间数据描述概念之间的语义关系。目前,大多数研究都是基于两种方式实现概念之间的语义关联:①将地理空间数据的描述概念链接到开放的知识链,利用知识链中的概念关系来表示地理空间数据描述概念之间的关系;②首先构建地理本体,将地理空间数据的描述概念映射到地理本体中的概念节点,然后通过推理本体中概念节点的关系来实现地理空间数据描述概念之间的关系。

(3) 地理空间关联数据的应用实际上是对基于一定关联模型构建的地理空间数据关联链接的语义应用,主要包含语义查询、检索排序、智能推荐等功能。综上所述,地理空间数据的语义发现和智能推荐有赖于“关联数据”技术和更符合用户认知的“关联模型”。目前,基于“关联数据”的地理空间数据关联模式,还远远不能满足地理空间数据多维度语义关系的需求。

1.2 研究意义

在地理空间数据爆炸式增长背景下,人们对地理空间数据语义层次上的发现和互操作提出了强烈的需求。“关联数据”的提出更是为这一需求提供了有效的实践方式,通过它可以在互联网上发布任何有意义的数据(信息和知识),这些数据之间形成结构化、语义化的链接,因此,可以实现计算机与人之间或计算机系统之间的相互理解。

本书提出的地理空间元数据语义关联网络模型通过地理空间元数据描述和地理空间数据不同维度的语义关联,可将分布的、异构的海量地理空间数据中相关联的数据进行资源整合,构建一个符合人类认知特点的语义层。该模型为地理空间数据语义发现和智能推荐提供有效的管理和应用基础,具有重要的理论意义和应用价值。

本书的主要意义体现在以下几个方面。

(1) 构建适合多粒度、多领域的地理空间数据语义发现的关联网络模型。从地理空间数据语义发现的角度选择用户关注的语义特征,每个语义特征均可构建一个语义维度的关联网络,不同的语义特征综合可以构建多维语义关联网络。不同的关联网络满足用户不同的需求。

(2) 根据地理空间数据不同语义特征的性质和语义关系,选择合适的语义关系判断和语义相关度计算方法,如空间语义相关度利用空间实体计算、时间语义相关度利用数值计算、专题语义相关度采用词汇相似度和类别相关度结合的方法等。该方式避免了对开放语义链接的依赖和构建本体的复杂性、长期性,能够判断和计算更加丰富的语义相关关系,增加了语义相关度计算的准确性。

(3) 通过对语义关联网络实例的优化处理和对元数据语义节点网络中心性的计算,加强了实际应用的效果。避免了关联数据一般遵循的“链接越多越好”的原则所造成的过量链接和应用负担。

本书的核心是构建适用于地理空间数据语义发现和智能推荐的地理空间元数据语义关联网络,通过元数据之间的语义关联实现地理空间数据的语义关联。着重探讨语义层次上地理空间数据的发现及推荐,主要侧重于解决地理空间概念语义关系的判断和语义相关度的计算、地理空间元数据语义关联网络的评价与应用等研究。构建的地理空间元数据语义关联网络以三元组的形式<元数据,谓词,