

文章编号: 1000-5013(2013)02-0156-06

# 基于本体知识库的土地利用总体规划方法

钟鸣<sup>1</sup>, 邱炳文<sup>1</sup>, 高建阳<sup>2</sup>, 龙荣<sup>1</sup>, 巫建伟<sup>1</sup>

(1. 福州大学 空间数据挖掘与信息共享教育部重点实验室, 福建 福州 350002;  
2. 福建省地质测绘院, 福建 福州 350011)

**摘要:** 在本体及知识库理论的支持下,将本体知识库引入土地利用总体规划领域.根据土地利用总体规划的主要内容和过程,构建土地利用总体规划本体知识库.在此基础上,集成本体知识库开发土地利用总体规划决策支持系统,并将系统应用于福建省常山华侨经济开发区 2006—2020 年土地利用总体规划工作中.示范应用过程表明:本体知识库技术能够有效实现土地利用总体规划领域方法与知识的重用,提高土地利用总体规划的效率和科学性.

**关键词:** 土地利用;总体规划;知识重用;知识共享;本体;知识库;知识推理;决策支持系统

**中图分类号:** TP 182; F 301.2      **文献标志码:** A

土地利用总体规划是在一定规划区域内,根据当地自然和社会经济条件及国民经济发展的要求,协调土地供给与需求,确定或调整土地利用总体结构和用地布局的宏观战略措施<sup>[1]</sup>,其核心内容就是土地利用空间布局.土地利用总体规划是一个多目标、多规则约束问题,涉及农业、林业、交通等多学科多领域要素,规划过程中如何有效借助多方面经验知识,是关系到规划结果科学有效性的重要问题.将已有知识和方法的共享与重用,并提供有效的知识利用方法,是提高规划效率的重要途径.当前实现土地利用空间布局的主要方法有元胞自动机、遗传算法、系统动力学、粒子群算法.元胞自动机可以较好的与情境规划结合<sup>[2]</sup>;遗传算法能得到一个理论上的最优解<sup>[3]</sup>;系统动力学具有动态性、仿真模拟性<sup>[4]</sup>;粒子群算法智能型强、空间耦合性强<sup>[5]</sup>.但是这些模型、方法的缺陷在于不能将规划中专家经验和知识运用到规划中,无法实现领域知识的共享和重用.本体(ontology)是共享概念模型的明确的形式化规范说明<sup>[6]</sup>,是知识重用、知识共享和建模的重要工具.它的应用为信息与知识的共享、重用提供了崭新而独具优越性的方法,受到了广泛的关注<sup>[7-8]</sup>.本体在土地利用领域应用以数据组织方式为主<sup>[9-10]</sup>,并未以知识库的方式实现知识的共享与重用.因此,本文将本体知识库引入土地利用总体规划领域,借助本体良好的概念层次结构对土地利用总体规划领域的要素及要素间的关系进行准确定义,构建土地利用总体规划本体知识库,设计并实现了基于本体知识库的土地利用总体规划决策支持系统.

## 1 土地利用总体规划本体知识库

### 1.1 领域本体库的构建

1.1.1 领域概念获取 土地利用总体规划涉及范围广、内容丰富,不同级别、不同区域的土地利用总体规划的侧重点和内容深度不同.本研究讨论县级土地利用总体规划的一般内容:土地利用现状分析、土地供需量预测、规划目标和任务的确定、土地利用结构优化、土地利用布局优化和修改.构建的领域本体需涵盖土地利用、土壤条件、地形地貌、空间关系等方面内容.

**收稿日期:** 2012-08-25

**通信作者:** 邱炳文(1973-),女,副研究员,主要从事 GIS 应用的研究. E-mail:qiubingwen@fzu.edu.cn.

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(41071267, 40271089);教育部留学回国人员科研基金启动项目(教外司留[2012]940 号);福建省科技计划重点项目(2012J0005);福建省自然科学基金项目(2012J01167);福州大学科研基金资助项目(2009-XQ-19)

根据上文确定的领域本体的知识涵盖范围,参考土地利用总体规划相关资料,通过与土地利用总体规划领域专家的交流,得到的领域概念术语、层次关系如图 1 所示.

- 1) 用于描述土地利用特征,包括类属特征(土地利用现状、规划用地、土地利用空间用途管制)和形态特征(周长、面积、形状特征)方面的概念.
- 2) 用于描述土地利用总体规划中地物空间关系方面的术语概念,主要包括距离关系(距公路距离、距城镇距离、距水系距离)和拓扑关系(相邻土地利用类型)方面的概念.
- 3) 用于描述土地利用总体规划中自然属性方面的术语概念,主要包括土壤条件(耕层厚度、土壤有机质、土壤酸碱度、表层土壤质地)、地形地貌(高程、坡向、坡度、地貌类型).
- 4) 用于描述土地利用总体规划中社会属性方面的术语概念,主要包括人口(人口总量、人口增长率)、GDP(第一产业总值、第二产业总值、第三产业总值)、城市化水平.

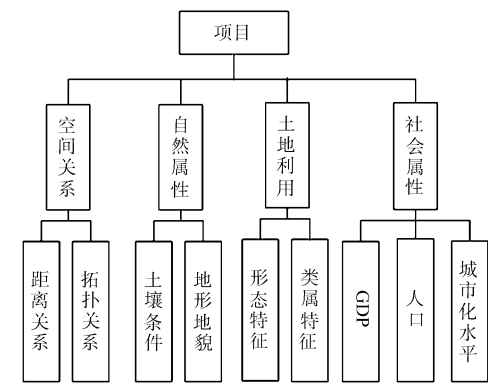


图 1 部分土地利用总体规划领域概念层次结构图  
Fig. 1 Hierarchical structure diagram of land use planning domain concept

1.1.2 本体库实现 在完成土地利用总体规划领域本体概念化以后,采用 Protégé 本体编辑工具对本体进行编辑,生成领域本体模型. 建立本体库,必先得已建立的本体模型进行形式化表示,对所建立的本体模型采用适当的描述语言进行描述. 本系统选用 OWL 语言作为本体描述语言. OWL 语言是对 RDFS 进行扩展,在保证更强大的语义表达能力的同时,还保证了描述逻辑的可判定推理<sup>[11]</sup>. OWL 本体由类(classes)、属性(property)、实例(instance)组成.

在土地利用总体规划本体领域中,描述类(land,单元土地)具有对象属性(has\_landscapes,所处地的地貌类型),其值域为(landscapes,地貌类型),用 OWL 语言描述为

```
<owl:Ontology rdf:about="" />
<owl:Class rdf:ID="landscapes" /> (类定义)
<owl:Class rdf:ID="basin" /> (类定义)
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#landscapes" />
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="land" /> (类定义)
<owl:ObjectProperty rdf:ID="has_landscapes" /> (对象属性)
<rdfs:domain rdf:resource="#land" /> (定义域) <rdfs:range rdf:resource=
"#landscapes" /> (值域)
</owl:ObjectProperty>
```

描述土地单元(land)类的实例 land\_1 所处地的地貌类型为盆地(basin),用 OWL 语言描述为

```
<land rdf:ID="land_1" /> (类的实例)
<has_landscapes>
<basin rdf:ID="basin" />
</ has_landscapes >
</land>
```

领域本体存储到系统数据库中,形成本体库,作为知识库的基础.

### 1.2 规则库的构建

传统的知识库建模方式有事实、概念与规则 3 个层次<sup>[12]</sup>. 在采用本体表示知识的知识库中,事实层和概念层已通过本体知识模型表示,需利用本体概念和关系进行知识规则的组织,完成规则层的构建.

土地利用总体规划中存在着大量的结构化与非结构化的约束规则. 按照内容可分为政策法规约束、土地利用综合效益约束、土地利用数量结构约束和土地利用空间格局约束;按照类型可分为属性规则和

数量规则. 属性规则是指通过土地本身的土壤、地形地质条件等属性推理,从而得到土地的利用方式;数量规则是指土地利用布局中不同地类、不同行政级别和地类与行政区域面积之间数量上的约束.

系统采用 Jena 推理机进行推理,规则按照 Jena 语法规则<sup>[13]</sup>进行组织,每一条规则都是由前主体项 terms(前提)、hterms(头部项)、可选规则名和可选推理方向定义组成. 下面以政策法规约束和土地利用空间格局约束为例介绍 Jena 语法规则.

土地利用空间格局约束:如果某土地单元被规划成城乡建设用地,则该地土地单元一定位于可建设用地管制区. 用 Jena 规则可表示为

```
(? x rdf:type ns:land_Unit)
(? a rdf:type ns:cityTown)(? x ns:has_planType ? a)
(? b rdf:type ns:buildArea) -> (? x ns:is_located ? b)
```

政策法规约束:某行政区规划控制指标中耕地保有量为 30 000 公顷,则该行政区耕地总量必须大于 30 000 公顷,用 Jena 规则可表示为

```
(? x rdf:type ns:district) (? a rdf:type ns:farmland)
(? x ns:has_landType ? a)(? b rdf:type ns:total)
(? a ns:has_chanType ? b)(? c rdf:type ns:minValue)
(? a ns:has_numType ? c)(? c ns:has_value ? c1)
- > greaterThan(c1,30000)
```

其中:ns 为本体库的命名空间;rdf:type 表示为本体中的一个类;has\_chanType 表示 farmland 类具有 has\_chanType 对象属性;greaterThan 为 Jena 的内建元语,表示前者大于后者;“->”符号表示规则的结论方向.

将以上形式组织的规则以 Jena 语法规则进行组织并存储到数据库,完成规则库的构建.

### 1.3 本体知识库推理

Jena 是由惠普语义网络实验室开发的一种用来构建语义 Web 应用的 Java 框架. 它为 RDF, RDFS, OWL 和 SPARQL 等应用提供开发环境,而且包含一个基于规则的推理引擎. 本文主要应用 Jena 框架中的 RDF 应用编程接口、持久性存储子系统、Ontology API,以及基于本体的规则推理等组件完成系统的开发.

系统选用 Jena 内置的通用推理机,读取规则库中的规则与推理机绑定,生成推理模型,进行基于本体的规则推理. 图 2 为基于本体知识库的推理过程流程. 从图 2 可知:首先通过读取本体库中的 RDF 模型,创建本体模型,将规划数据与本体模型结合,生成土地利用总体规划本体实例;其次,读取规则库中的规则,与本体实例结合绑定到本体推理机,实现推理;最后,通过对推导出的 RDF 三元组模型进行查询得到最后的推理结果.

## 2 决策支持系统及其应用

### 2.1 系统体系结构

文中的土地利用总体规划决策支持系统以 ArcEngine 开发组件为基础,根据县级土地利用总体规划的决策依据和业务需求建立,用于辅助县级土地利用总体规划工作. 系统除实现了空间数据管理和空间分析等基本的 GIS 功能之外,还提供多种数学模型以对土地利用总体规划工作提供决策支持.

根据决策支持系统的特点,系统采用 C/S(客户/服务器)结构模式,如图 3 所示.

1) 数据层. 土地利用总体规划涉及自然环境、社会经济等多方面的图件和属性资料,存在大量的图形数据和属性数据,还包括本体知识库的规则库和本体库. 因此,数据组织的是否合理对系统的实用性

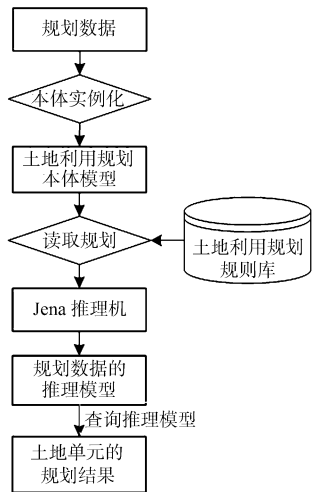


图 2 本体知识库推理过程  
Fig. 2 Reasoning process of knowledge base of ontology

将产生很大的影响<sup>[13]</sup>. 为了能够方便快捷地对数据进行读取和操作, 系统利用 Oracle 和 ArcSDE 作为系统数据库管理平台, 将属性数据与空间数据分开存储, 实现对土地利用总体规划涉及的空间数据、属性数据、决策数据等的一体化管理, 是整个系统的基础.

2) 逻辑层. 包括系统模型库和知识库. 在土地利用总体规划中, 需要采用一些数学方法来解决, 所以要建立数学模型<sup>[14]</sup>. 本系统构建了土地需求预测模型、土地适宜性评价模型、土地利用结构优化模型、土地利用空间布局优化模型等数学模型来支持土地利用总体规划. 在 Java 开发环境下, 利用 ArcEngine 组件技术实现土地利用总体规划决策支持技术的逻辑层, 是整个系统的核心.

3) 表现层. 通过菜单、对话框、编辑工具、视图等方式实现人机交互的用户界面.

2.2 系统应用

系统以福建省常山华侨经济开发区(以下简称常山)2006—2020 年土地利用总体规划为案例对系统性能进行验证. 常山地处福建省漳州市南部云霄、诏安、东山三县交界处, 位于东经 117°11′~117°24′, 北纬 23°50′~23°55′, 南距广东汕头 100 km, 北距福建厦门 160 km, 境内有连接闽粤的 324 国道、沈海高速公路及 2006 年投建的厦深高速铁路, 东临福建东山港 5 000 t 码头 26 km, 水路畅通. 开发区三面环山, 境内丘陵起伏, 东西侧面临近沿海.

应用系统实现常山土地利用总体规划业务的流程, 如图 4 所示.

1) 土地利用总体规划目标制定. 通过对常山土地利用现状进行分析, 让用户对区域的土地利用现状和土地利用变化趋势有一定把握; 以往年各类土地利用数量为基础, 应用回归模型对各地类的需求量进行预测; 结合常山经济条件和土地利用特点, 制定了经济效益和综合效益两种目标函数进行土地利用结构优化, 确定各类用地规划数量.

2) 土地利用布局初步方案生成. 土地利用布局初步方案生成有两种方式: 一种通过对土地单元进行适宜性评价, 通过地类优先、适宜性差值方式生成初步布局方案; 另一种是通过本体知识库系统的推理实现, 将规划数据中与规则库中规则匹配的土地单元进行基于本体知识库的推理, 生成初步布局方案.

3) 土地利用布局优化. 系统对布局方案优化, 通过模型库中的土地利用布局优化数学模型与本体知识库系统结合实现. 利用土地利用布局优化模型对初步布局方案进行运算, 同时结合本体知识库实现政策法规约束和土地利用数量结构约束, 保证布局方案中合理的土地利用数量结构.

4) 土地利用布局修改. 当土地利用布局方案生成后, 需要对当前布局方案进行局部调整, 如果重新生成布局方案将浪费时间与精力. 针对此类情况, 系统提供对当前布局进行修改功能. 如要划出一块面积为 33.33 hm<sup>2</sup> 的耕地作为厂房, 那么耕地将减少 33.33 hm<sup>2</sup>, 建设用地将增加 33.33 hm<sup>2</sup>, 需要对耕地进行补充. 在本文构建的本体知识库中, 耕地(farmland)类有 has\_Source 对象属性, 表示可以转化为耕地的地类. 为了对被占用的耕地进行补充, 系统通过 has\_Source 属性得到荒草地(wildgrass)类能被转化为耕地, 通过 has\_Area 属性找到与 33.33 hm<sup>2</sup> 最相近的荒草地规划为耕地, 即实现耕地总量平衡.

2.3 应用结果分析

按照图 4 的流程运行系统, 可得到两种不同规划目标下的常山 2006—2020 年土地利用总体规划结

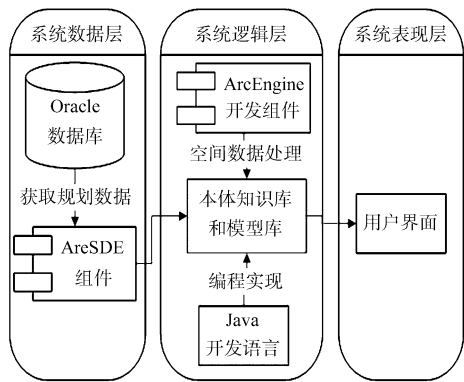


图 3 系统体系结构

Fig. 3 System architecture

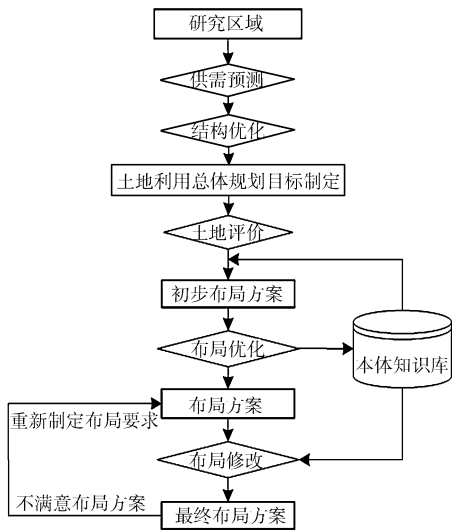


图 4 常山土地利用总体规划流程图

Fig. 4 Flowchart of land uses planning in changshan

果,如图 5 所示.将得到的规划结果与常山土地利用现状(图 6)进行对比,可以得到两种布局方案.

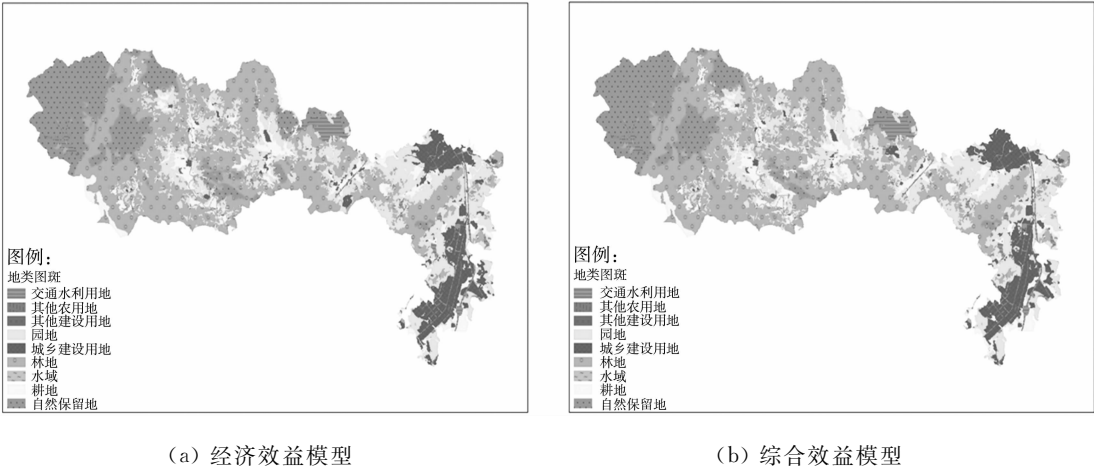


图 5 常山 2006—2020 年土地利用总体规划结果  
Fig. 5 Results of land use planning of Changshan from 2006 to 2020

1) 通过经济效益优先模型得到的空间布局方案,将绝大部分新增建设用地布局在中心城区与北部工业园区,紧靠交通干线的优势区域地段,同时也在中心城区与北部工业园区之间的交通沿线布局许多破碎的建设用地.由于单纯追求经济效益,直接导致规划后的新增建设用地较大程度地占用了中心城区周边的优质耕地资源,并且规划后形成的土地利用空间布局呈破碎化趋势.

2) 通过综合效益模型得到的空间布局方案,在考虑经济效益的同时更多地兼顾到区域生态格局的合理性,将新增建设用地布局于紧靠中心城区与北部工业园区的优势区位,摒弃交通沿线的零星式布局模式,从而一定程度上确保兼顾区域经济发展并且优化区域空间格局的需求.

两种布局方案中的各类用地的数量结构都能满足上级下达的规划控制指标要求,并基于不同的规划理念采取相应的规划策略,在经济效益模型中充分利用优势区位,在综合效益模型中基于区域整体宏观构思,优化区域空间格局.模型能较好的体现相应的规划理念,实现知识的共享与重用,能在一定程度上为土地利用总体规划方案编制提供参考.

3 结论

土地利用总体规划涉及的行业广,交叉部门多,不仅需要区域内土地进行充分的整合,还要与交通规划、林业规划、旅游规划等相关规划进行衔接,是一个具有多目标的复杂决策问题.此外,规划中存在诸多不确定的因素,给土地利用总体规划决策带来较大的难度,所以专家的经验 and 知识成为了确保规划中正确决策的重要方面.

将本体知识库引入土地利用总体规划领域,通过遴选土地利用总体规划领域的概念与定义构建了土地利用总体规划领域本体,并以 Jena 语法规则构建了连贯无冗余的土地利用总体规划规则库,完成土地利用总体规划知识库的构建,实现规划领域专业经验知识的共享与重用.

将构建的土地利用总体规划知识库集成到土地利用总体规划决策支持系统中,并将其应用到常山 2006—2020 年土地利用总体规划实际业务中.结果表明:基于本体的知识库系统能有效实现领域知识与方法的共享与重用,为土地利用总体规划支持技术开辟了新的思路.

然而,土地利用总体规划是一个极其复杂的工作,需要不断完善规则库中的规则,扩展规则库,为土地利用总体规划工作提供更多的支持.

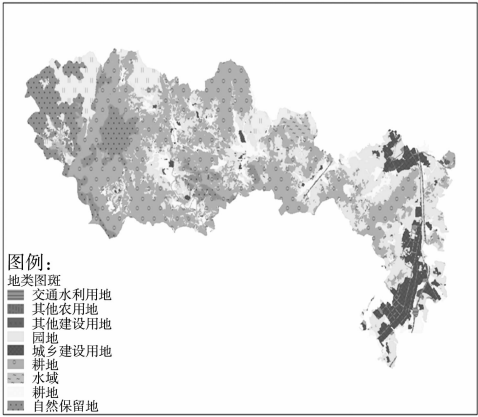


图 6 常山土地利用现状图  
Fig. 6 Land-use map of Changshan

## 参考文献:

- [1] 王万茂. 土地利用规划学[M]. 北京:科学出版社,2006:57-58.
- [2] MIAO Zuo-hua, CHEN Yong, ZENG Xiang-yang. CA model of optimization allocation for land use spatial structure based on genetic algorithm[J]. Artificial Intelligence and Computational Intelligence, 2011, 7002: 671-678.
- [3] CAO Kai, HUANG Bo, WANG Shao-wen, et al. Sustainable land use optimization using boundary-based fast genetic algorithm[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2012, 36(3): 257-269.
- [4] CHEN C H, LIU W L, LIAW S L, et al. Development of a dynamic strategy planning theory and system for sustainable river basin land use management[J]. Science of the Total Environment, 2005, 346(1/2/3): 17-37.
- [5] 马世发, 何建华, 俞艳. 基于粒子群算法的城镇土地利用空间优化模型[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9): 321-326.
- [6] STUDER R, BENJAMINS V, FENSEL D. Knowledge engineering: Principles and methods[J]. Data & Knowledge Engineering, 1998, 25(1/2): 161-197.
- [7] MARASOVI T, MARASOVI R. Ontology based road service task manager and route planning system[C]// 2010 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM). Split: IEEE, 2010: 331-335.
- [8] SCHEVERS H, VELDMAN D, BOULAIRE F, et al. Ontology-based demand support systems for urban development[J]. Clients Driving Innovation: Moving Ideas into Practice, 2006: 149-155.
- [9] 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.
- [10] 李宏伟, 李勤超. 基于本体的土地利用数据分类分级表达[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(1): 82-85.
- [11] 巫建伟, 陈崇成, 唐丽玉. 面向土壤适宜性评价的本体知识库系统设计与应用[J]. 地球信息科学, 2010, 12(5): 602-612.
- [12] 朱承, 曹泽文, 张维明. 知识库系统建模框架的发展与现状[J]. 计算机工程, 2002, 28(8): 3-5.
- [13] 程雄, 熊华, 易玲. 土地利用规划信息管理系统中的数据组织研究[J]. 测绘通报, 2002(5): 12-13.
- [14] 王建弟, 王人潮. 县级土地利用管理决策支持系统的研制[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 2001, 27(1): 49-54.

## Method of General Land Use Planning Based on Ontology Knowledge Base

ZHONG Ming<sup>1</sup>, QIU Bing-wen<sup>1</sup>, GAO Jian-yang<sup>2</sup>,  
LONG Rong<sup>1</sup>, WU Jian-wei<sup>1</sup>

(1. Key Lab of Spatial Data Mining and Information Sharing Ministry of Education, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China;

2. Fujian Geologic Surveying and Mapping Institute, Fuzhou 350011, China)

**Abstract:** In the support of the theory of ontology and knowledge base, this paper introduces ontology knowledge base into general land use planning. According to the main content and the process of general land use planning, general land-use planning ontology knowledge base was constructed. And on this basis, land use planning decision support system integrating ontology knowledge base was developed, and was applied to general land use planning in Changshan overseas economic development zone of Fujian Province in 2006—2020. The application indicates that the ontology knowledge base technique can effectively realize the reuse and sharing of methodology and knowledge in general land use planning, and improve the efficiency and scientificity in general land use planning.

**Keywords:** land use; general planning; knowledge reuse; knowledge sharing; ontology; knowledge base; knowledge reasoning; decision support system

(责任编辑: 黄晓楠 英文审校: 吴逢铁)