引文格式：黎慧斌,梁瑞猛,连臣. 基于时空知识图谱的土地要素保障空间归集技术研究[J]. 地理空间信息, 2026, 24(2):79-83. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.02.016

基于时空知识图谱的土地要素保障空间归集技术研究

黎慧斌[1,2]，梁瑞猛[3]，连　臣[1,2]
（1. 广东省国土资源技术中心，广东 广州 510075；2. 自然资源部粤港澳大湾区自然资源数据协同应用工程技术创新中心，广东　广州 510075；3. 广东国地科技股份有限公司，广东 广州 510650）

摘　要：土地要素是保障社会经济高质量发展的重要基础，立足于广东省土地要素市场化配置改革，开展基于时空知识图谱的土地要素保障空间数据汇集与更新技术研究，通过构建土地要素时空知识图谱，实现海量数据中各类土地要素的联系发现和构建，通过时空知识图谱的发现和推理实现土地要素中保障空间的快速发现挖掘和保障空间供应成熟度的快速识别，建立了土地要素保障空间“资源池”，以广东省A市某年度土地数据为例，验证了保障空间数据发现与更新技术，提高了发现归集效率，助推土地要素高效配置，切实解决广东省百县千镇万村高质量发展工程实施和产业项目落地中土地“有多少、在哪里、怎么找”的核心问题。

关键词：土地要素；时空知识图谱；数据汇集；数据更新
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）02-0079-05

Research on Spatial Collection Technology for Land Element Support Based on Spatio-temporal Knowledge Graph

LI Huibin[1,2], LIANG Ruimeng[3], LIAN Chen[1,2]
(1. Guangdong Provincial Land and Resources Technology Center, Guangzhou 510075, China;
2. Technology Innovation Center for Collaborative Applications of Natural Resources Data in GBA, Ministry of Natural Resources, Guangzhou 510075, China;
3. Guangdong Guodi Planning Science Technology Co., Ltd., Guangzhou 510650, China)

Abstract: Land elements are an important foundation for ensuring high-quality social and economic development. Based on the reform of market-oriented allocation of land elements in Guangdong Province, we studied the spatial data aggregation and update technologies for land element based on spatio-temporal knowledge graphs. By constructing a spatio-temporal knowledge graph of land elements, the connection discovery and construction of various land elements in massive data can be achieved. The rapid discovery and mining of support spaces in land elements and the rapid identification of the maturity of support space are achieved through the knowledge discovery and reasoning of spatio-temporal knowledge graphs. We established a land element support space “resource pool”, and taking the land data of a certain year in A City as an example, verified the data discovery and update technologies for support space, enhanced the efficiency of discovery and collection, promoting the efficient allocation of land elements, which effectively addressed the core issues of “how much land is there, where it is located, and how to find it” in the implementation of high-quality development project of hundreds of counties, thousands of towns, and ten thousands of villages in Guangdong Province and the landing of industrial projects.

Key words: land element, spatio-temporal knowledge graph, data aggregation, data update

时空知识图谱是具有地理时空分布或位置隐喻的知识构成的有向图[1-4]，即以时空分布特征为核心的知识图谱（spatial-temporal knowledge graph）[5]。作为地理空间智能的基石，时空知识图谱是组织和利用大规模时空知识的有效手段，通过整合时间和空间维度的信息，实现海量土地要素的整合关联管理，能够更全面地描述土地要素各类保障空间中的复杂关系和模式，为保障空间的快速挖掘和状态识别提供数据统计分析和知识发现推理能力，为土地要素市场化配置改革提供技术手段支撑。

随着土地要素保障空间数据建设与应用的需求日益迫切，广东省开始落实建设用地“资源池”制度。当前，在规划新增空间、存量挖潜空间（包括存量低效用地、“三未”土地（批而未供、供而未用和用而

项目来源：时空数据治理与一体化管理服务项目（2022-2024年）。
第一作者简介：黎慧斌（1984—），本科，高级工程师，研究方向为地理信息系统工程和自然资源信息化等，E-mail：72259812@qq.com。

未尽））土地要素中保障空间领域，存在各类数据资源挖掘归集能力不足、供应状态变化情况时效性欠佳等问题。针对这些问题，本文构建了动态关联的土地要素时空知识图谱，通过该图谱的知识发现、知识推理和深度检索[6]实现土地要素中保障空间各类数据的快速挖掘发现和供应成熟度动态更新，突破了传统业务系统数据离散，动态汇聚关联能力不足等问题，支撑土地要素配置效率提升。

1 土地要素时空知识图谱构建

土地要素是土地资源要素的简称[7]，土地资源要素主要包括3个要素：土地面积、土地性质和土地所有权，这三大基本要素共同构成了土地资源的基础。土地要素具备鲜明的时空特征。土地面积涵盖了地块的坐落、形状和面积，具有典型的空间特征。土地性质包括了土地现状地类、规划用途，其性质和时空特征紧密相关。土地权属是指地块的归属，即归属的权利性质是公有制、私有制或集体所有制，随着社会经济发展，地块权属的变迁具有很强的时态特征。土地要素涉及因素庞杂、时空更新复杂，随着土地信息化的深入，迫切需要一个知识体系以规范形式进行管理。

为了更全面深入地描绘土地要素知识体系及其时空特征，本文引入了时空知识图谱，并专门针对土地要素领域展开系统性扩充与充实工作，从而构建出具备专业性与时空性的土地要素时空知识图谱 。土地要素时空知识图谱是一个结合了时空特征、多层次结构、高度关联性和动态更新特性的知识系统。它在时空知识图谱的基础上进行了扩充，体现了土地资源的动态性、空间性、专业性和综合性等特点，通过整合时间和空间维度的信息，实现海量土地要素的整合关联管理，能够更全面地描述土地要素各类保障空间中的复杂关系和模式。通过构建土地要素时空知识图谱，可以为用户提供对土地要素保障空间更深入的洞察和有效的决策支持。

1.1 土地要素本体建模

通过构建与土地要素资源相关的时空概念、属性以及时空概念之间关系的本体模型，对土地要素资源知识进行描述。知识模型构建方式包括自顶向下和自底向上2种[8]，本文结合土地要素资源的专业性，采用了自顶向下的方式，以专家经验结合具体的应用需求，人工构建了土地要素本体模型，如图1所示。

1.2 数据获取与处理

采用“数据湖”设计理念实现来自不同源头和具有不同结构的土地要素数据管理和整合[9]，将各类数据源引接汇聚来的原生态数据[10]形成可容纳各种形式数据的存储集[11]。通过调用数据资源服务或直接访问数据库的方式，整合来自不同系统的土地数据，实现读取存储在“数据湖”中的数据。这些数据主要包括空间、属性、业务数据等，通过清洗、格式标准化以及坐标统一等处理阶段，将来自不同数据源的数据进行整合，形成统一的格式和标准。

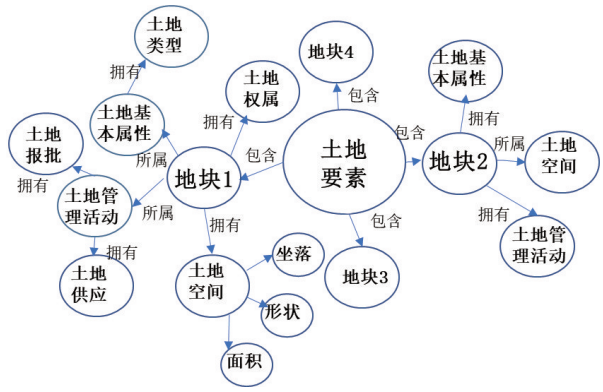


图1 面向土地要素空间数据实体数据映射图

1.3 土地要素时空知识抽取

1.3.1 土地空间信息抽取

土地空间数据主要为土地要素中的几何形态相关数据，包括地块边界、地块标识符和其他相关属性。基于土地要素数据中的边界信息提取地块的几何形态，利用提取后地块几何形态结合地理参考系统确定地块在地理空间的位置，进一步分析提取的几何形态信息描述地块的形状（如矩形、多边形、边界长度、面积属性等）。最后基于空间本体将提取的土地空间数据映射到本体概念中，空间本体作为一种语义模型，能够有效描述地理空间实体及其相互关系，通过这一模型，成功实现了土地的几何形态信息与地块概念的有机关联。

1.3.2 土地时间信息抽取

土地时间信息数据包括了土地的权属和管理活动数据。通过提取土地要素数据中的地块的权属和管理活动时间状态信息获取，包括地块的创建时间、管理活动状态更新时间。根据特定的规则或要求，定义地块的有效时间段为从创建时间到更新时间之间的范围，确定计算地块的有效时间段。借助时间本体这一语义模型，将提取出的有效时间段，精准映射到地块权属情况或是土地管理活动当中。时间本体能够对时间及时间概念展开清晰描述，成功实现了时间信息与地块时间状态的关联，得以详细刻画块在不同时间段内的状态变化。

1.3.3　土地基本属性抽取

土地基本属性数据需基于土地要素数据进行直接抽取，抽取完成后，将提取到的有效属性，直接映射到土地基本属性本体当中。这些属性映射，与土地要素在时间本体上的映射、空间本体上的映射相结合，共同构成了时空知识图谱的一种三元组表示形式（图2）。

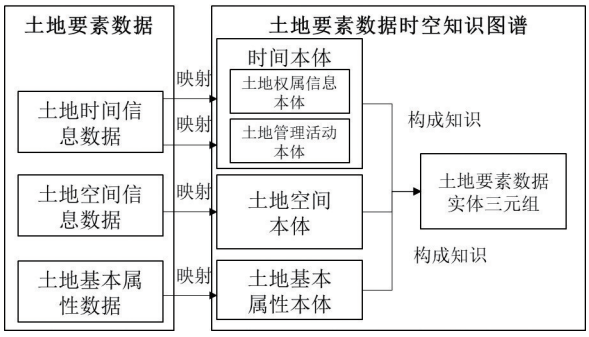


图2　面向土地要素空间数据实体数据映射图

1.4　土地要素时空知识抽取

构建土地要素时空知识图谱的核心是明确本体模型与时空知识图谱的映射关系，实现本体概念层级结构与时空知识图谱语义网络的转换[12]。明确相关映射规则，主要包括了从本体概念到知识图谱节点的转换，以及本体关系到知识图谱边的转换。

其中本体概念到知识图谱节点的映射为：本体中的每个概念在知识图谱中创建一个对应的节点，节点包含该概念的名称、定义、描述等基本信息，并可根据需要进一步扩展。本体关系到知识图谱边的映射为：本体中的每个关系，如“土地空间与土地基本属性的关系”“土地权属信息与土地空间的关系”等，在知识图谱中创建一条对应的边，并描述它们之间的关系类型。

最后基于“节点–边”组成的语义网络图[13]，形成土地要素时空知识图谱。其中图的节点代表模式层中的本体概念或属性值，而图的边代表本体概念之间的各种语义关系，直观描述土地要素实体的全要素和全生命周期信息。

2　基于土地要素时空知识图谱的应用研究

2.1　土地要素保障空间推理规则

保障空间是广东省土地要素的重要组成部分，主要可分为规划新增空间和存量挖潜空间，规划新增空间包括了城镇开发边界外剩余可用土地和城镇开发边界内剩余可用土地，存量挖潜空间包括了存量低效用地和“三未”土地等。土地要素保障空间推理规则是基于土地要素时空知识图谱进行保障空间知识推理分析的规则描述，是时空知识图谱推理的基础。根据专家经验、政策文件、文献等知识体系梳理，明确土地要素中保障空间中各地类的推理分类依据。土地要素保障空间推理规则主要从空间层面和时间层面进行概念描述，如图3所示。如在时间层面可从土地现状和土地管理活动状态推理分类为规划新增空间和存量挖潜空间，在空间层面可从位于城镇开发边界内外，将规划新增空间进一步推理分类为城镇开发边界外剩余可用空间和城镇开发边界内剩余可用空间。

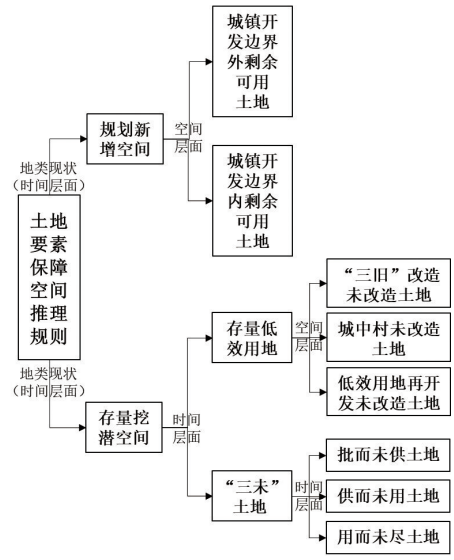


图3　土地要素保障空间推理规则逻辑结构

土地要素时空知识图谱作为该技术实现的核心支撑，以图结构的形式提供了土地要素丰富的时空关联和上下文信息。图检索算法是指在图结构中寻找从起点到终点路径的算法，为实现土地要素数据中保障空间数据的关联分类提供了技术手段。基于土地要素保障空间知识推理规则，通过图检索算法根据地块属性信息在时空知识图谱中查找相关知识节点，实现土地基础属性数据、土地权属信息、土地管理活动的快速获取，从而实现保障空间的快速归集。

基于土地要素保障空间知识推理规则实现土地数据关联分类主要通过2个处理流程[14]：①基于土地要素保障空间知识推理规则，以图检索算法获取地块实体属性信息相关知识节点，并与地块空间本体中的几何形态数据链接。如规划新增空间中的开发边界内新增空间地块、存量挖潜空间中的存量低效用地和“三未”土地等，可以通过图检索算法直接获取，通过结合土地基础属性数据、土地权属信息、土地管理活动事件进行关联分析、推理挖掘保障空间数据，实现数据快速归集；②规划新增空间和存量挖潜空间这两大数据由于没有直接对原始数据进行知识存储，无法直

接获取，可通过时空知识图谱丰富的语义关系，基于土地要素保障空间知识推理规则，以图节点计算得到所需的规划新增空间数据和存量挖潜空间数据，实现土地要素保障空间数据中各类土地数据（如开发边界内新增空间地块、存量挖潜空间中的存量低效用地和“三未”土地等）的自动分类汇聚，支撑土地要素保障“一张图”形成。

同时基于土地要素时空知识图谱中的地块时间状态描述信息，实现土地要素供应成熟度变化状态获取。即通过时空知识图谱丰富的语义关系，以图检索算法获取地块供应成熟度相关知识节点，并与地块空间本体中的几何形态数据链接。如通过时空知识图谱中的土地管理活动本体的最新节点，明确开发边界内规划新增空间地块当前供应成熟度为农转用或土地征收阶段；明确存量挖潜空间中的批而未供土地，当前供应成熟度为土地征收或土地储备阶段等。通过土地管理活动本体的最新节点获取当前供应成熟度，并链接至分类后的土地空间数据，实现土地要素保障空间中的各类数据供应成熟度呈现，如图4所示。

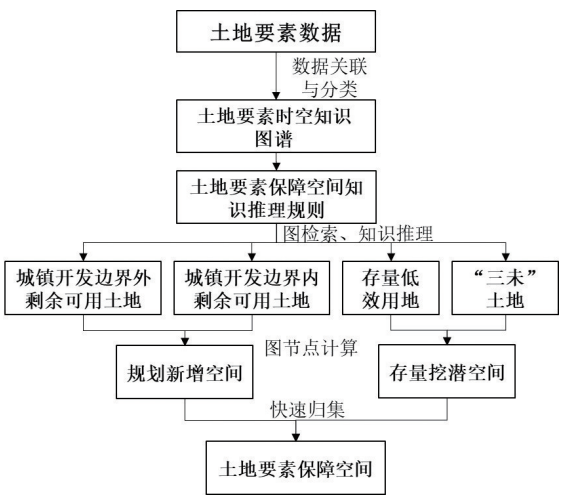


图4 土地要素时空知识图谱知识推理实现保障空间数据快速归类

2.2 实现保障空间快速挖掘归类

土地要素保障空间数据对于支撑土地要素配置效率提升有着重要作用，大量的土地要素保障空间数据需要及时更新至土地要素时空知识图谱中。土地要素保障空间时空知识图谱利用原生图结构存储知识，只需要将新数据按照土地要素时空知识图谱构建流程进行数据预处理和知识提取，再以新的节点和关系存储到土地要素时空知识图谱中，基于知识图谱更新和推理实现土地要素保障空间数据的动态更新[15]，如图5所示。

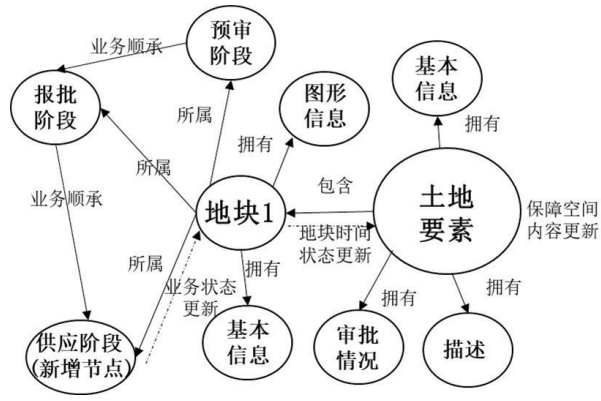


图5 基于标签节点实现保障空间动态更新

1）新增数据以新的节点和关系添加至知识图谱。面向新增的土地要素数据，进行必要的数据预处理，包括数据清洗、数据格式转换及数据标准化等将新数据转换为适合知识图谱构建和存储的格式，从预处理后的数据中提取出有用的信息，包括地块、地块空间层面属性和关系、地块时间层面的状态和流程等。基于根据提取出的实体，在图谱中创建相应的节点和关系，并为节点添加属性。

2）通过图检索获取新增数据实体节点信息，实现土地要素时空知识图谱动态更新。为了快速准确地获取新增地理实体的节点信息，设计了高效的图检索策略，主要基于空间层面的业务属性和时间层面的状态属性两方面查找新增数据中的节点新增。对新增数据进行完成节点识别，并与已有的土地要素时空知识图谱中的实体进行匹配，判断是否为新增实体或已有实体的时间状态的更新，再将新增节点及其属性和关系添加到知识图谱中，根据标签节点的情况，更新知识图谱本体的状态，最终实现土地要素时空知识图谱动态更新。

3）基于更新后的土地要素时空知识图谱，通过图计算的方式实现土地要素保障空间数据中各类土地数据的分类更新汇聚。基于时空知识图谱的土地数据关联分类方法，以图节点计算得到更新后的规划新增空间数据和存量挖潜空间数据。

3 实验探索

本文围绕土地要素保障空间的数据管理需求，提出了基于时空知识图谱的数据汇集与更新方法，并以广东省A市为例进行了实证研究（图6），验证了该技术在效率与自动化方面的显著优势。

1）实验设计与实施。研究选取广东省A市某年度共6 138个地块作为数据样本，基于规划新增空间与存量挖潜空间的业务逻辑，构建了土地要素时空知

识图谱。数据来源于该市土地供应、储备、报批及基准地价等业务数据。实验采用Neo4j图数据库作为技术载体，运用Cypher查询语言进行语义操作，建立了包含49 104个节点和49 103条关系的动态可更新知识图谱，实现了从土地要素本体模型到语义网络的知识转化。通过该图谱，完成了土地数据的关联分类、时空状态挂接和可用空间的综合分析。

2）土地资源分析结果。通过知识图谱的汇总分析，明确了A市该年度可用空间总面积为76 113.71 hm^2。其中，规划新增空间为24 506.79 hm^2（城镇开发边界内未用土地19 493.43 hm^2，边界外5 013.36 hm^2）；存量挖潜空间达51 606.92 hm^2，主要包括存量低效用地38 726.86 hm^2（含“三旧”改造用地7 933.37 hm^2、低效用地再开发1 533.34 hm^2等）和“三未”用地12 880.06 hm^2（包括批而未供、供而未用和用而未尽类型）。该结果系统摸清了A市土地资源的家底，为精准配置土地要素提供了数据支撑。

3）技术效能显著提升。在数据归集效率方面，基于知识图谱的方法从构建到完成数据分类归集仅需3.5个工作日，而传统ArcGIS方法需5~6.5个工作日，效率提升约40%~60%。在数据检索层面，从超过4.9万个节点中获取5个目标地块的平均耗时仅为98 ms，远低于传统方法的500 ms，检索效率提升约5倍。在数据更新方面，通过预设规则与算法实现了自动化更新，大幅减少了人工干预，更新速度提升约3~5倍，有效增强了数据管理的及时性和准确性。

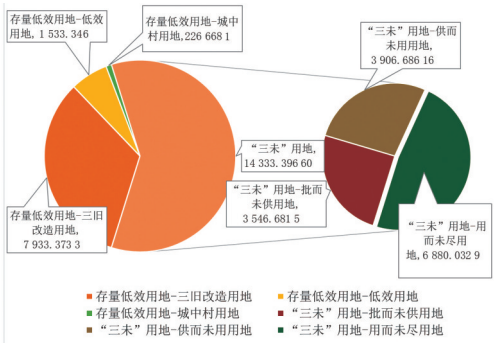


图6　广东省A市存量挖潜空间组成结构/hm^2

4　结　语

本文针对广东省在加强土地自然资源要素保障、提升土地要素配置效率的工作中，存在面向海量土地要素数据，对规划新增空间、存量挖潜空间等土地要素保障空间的资源快速发现挖掘能力不足、供应成熟度时效性不够等问题，通过设计自动化的土地要素保障空间数据发现汇聚与更新框架，减少了土地要素保障空间数据管理中的人力与时间成本，并凭借时空知识图谱的强知识表达能力以及基于图结构的高运行效率，改善了使用关系型数据库带来的时空信息表达能力弱和更新效率低的问题。通过实验验证了方法的可行性与高效性，期望能给土地要素保障空间数据发现汇集与更新提供一种新思路。

参考文献

[1] 蒋秉川，万刚，许剑，等. 多源异构数据的大规模地理知识图谱构建[J]. 测绘学报，2018，47(8):1051-1061

[2] 陆锋，余丽，仇培元. 论地理知识图谱[J]. 地球信息科学学报，2017，19(6):723-734

[3] 刘俊楠，刘海砚，陈晓慧，等. 面向多源地理空间数据的知识图谱构建[J]. 地球信息科学学报，2020，22(7):1476-1486

[4] 孙利平，刘亮，彭胡萍. 知识图谱技术实现流程及相关应用[J]. 科技创新与应用，2024，14(18):24-27

[5] 陆锋，诸云强，张雪英. 时空知识图谱研究进展与展望[J]. 地球信息科学学报，2023，25(6):1091-1105

[6] 官赛萍，靳小龙，贾岩涛，等. 面向知识图谱的知识推理研究进展[J]. 软件学报，2018，29(10):2966-2994

[7] 丰雷，魏丽，蒋妍. 论土地要素对中国经济增长的贡献[J]. 中国土地科学，2008，22(12):4-10

[8] 于合龙，沈金梦，毕春光，等. 基于知识图谱的水稻病虫害智能诊断系统[J]. 华南农业大学学报，2021，42(5):105-116

[9] 黎慧斌，黄昭，董道宽，等. 自然资源资产清查管理与分析系统设计与实践[J]. 地理空间信息，2023，21(1):58-63

[10] 陈永南，许桂明，张新建. 一种基于数据湖的大数据处理机制研究[J]. 计算机与数字工程，2019，47(10):2540-2545

[11] 陆生强. 时空数据湖的研究与应用[J]. 国土资源信息化，2021，20(3):28-33

[12] 李涓子，侯磊. 知识图谱研究综述[J]. 山西大学学报(自然科学版)，2017，40(3):454-459

[13] 张雪英，张春菊，吴明光，等. 顾及时空特征的地理知识图谱构建方法[J]. 中国科学(信息科学)，2020，50(7):1019-1032

[14] 张永军，程鑫，李彦胜，等. 利用知识图谱的国土资源数据管理与检索研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版)，2022，47(8):1165-1175

[15] 李嘉欣，杨熙鑫. 基于多标签节点和LINE的知识图谱动态更新方法[J]. 青岛大学学报(工程技术版)，2022，37(3):32-38