引文格式：徐长庆, 张明, 南楠, 等. 基于规则集构建的工程材料提取系统设计实现[J]. 地理空间信息, 2023, 21(8): 72-75. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.08.018

基于规则集构建的工程材料提取系统设计实现

徐长庆[1]，张　明[2]，南　楠[3]，姚凯中[1]，李德友[4]，逯跃锋[1,5*]
（1. 山东理工大学 建筑工程学院，山东 淄博 255049；2. 福建师范大学 地理科学学院，福建 福州 350007；
3. 三门峡职业技术学院 信息传媒学院，河南 三门峡 472000；4. 福州大学 数字中国研究院，福建 福州 350108；
5. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室，北京 100101）

摘　要：为了解决工程材料人工调查难以获取和运输成本较高的问题，基于遥感图像地物识别和规则集的面向对象分类方法，实现了针对目标工程材料创建特征规则集以进行识别提取和对提取结果修正及相关统计的工程材料提取系统。该系统包含了数据的加载和导出，遥感影像分割，工程材料规则集的创建、存储和管理，工程材料提取，监督分类，提取结果统计分析和专题制图等功能。不仅为工程材料的获取提供技术支撑，提升了工程规划前期目标工程材料的搜寻能力，而且对工程材料提取系统发展起到了参考作用。

关键词：IDL二次开发；面向对象；规则集创建；工程材料提取
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）08-0072-04

Design and Implementation of Engineering Material Extraction System Based on Rule Set Construction

XU Changqing[1], ZHANG Ming[2], NAN Nan[3], YAO Kaizhong[1], LI Deyou[4], LU Yuefeng[1,5]
(1. School of Architecture and Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China; 2. School of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 3. School of Information Media, Sanmenxia Polytechnic, Sanmenxia 472000, China; 4. Digital China Research Institute, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China; 5. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: In order to solve thedifficulty to obtain engineering materials by manual investigation and high transportation cost, we designed an engineering material extraction system based on remote sensing image feature recognition and rule set to create feature rule set for target engineering materials for recognition and extraction, correction of extraction results and related statistics. The system includes the functions of data loading and export, remote sensing image segmentation, creation, storage and management of engineering material rule set, engineering material extraction, supervision and classification, statistical analysis of extraction results and thematic mapping, etc. This systemnot only provides technical support for obtaining engineering materials and improves the search ability of target engineering materials in the early stage of engineering planning, but also serves as a reference in the development of engineering material extraction system.

Key words: IDL secondary development, object-oriented, rule set creation, engineering material extraction

在中蒙俄等国家建立的经济走廊区，以陆地通道和信息高速公路为基础，一个庞大的基础设施网络正在逐渐形成。对于大型基础设施建设工程所需的采石区、采砂区等原料地的勘探，采用现有人工调查方式不仅成本较高、效率偏低，而且调查的范围有限。为了解决该难题，当前地物识别提取方面的研究各种分类方法在业界都有大量的使用，比如基于机器学习的支持向量机（SVM）方法[1]、神经网络方法[2]，基于规则的面向对象分类方法[3-4]，以及其他的各种监督与非监督分类[5]方法。

在遥感影像相关的系统设计与实现方面，国内有不少学者对遥感影像分类系统的设计进行了研究[6-7]。国外的研究中，大多是遥感影像处理系统的设计[8]，专门做遥感影像识别分类的学者较少。

在总体上，目前国内外的遥感提取分类任务大多使用现有软件功能，依赖于工作人员的组合而达到实现辅助决策的目的。为了实现机器半自动化实现工程材料的识别提取，本文在前人研究基础上以多源遥感数据为基础，进行了工程材料提取系统的设计与实现。

收稿日期：2022-04-28；修回日期：2022-05-26。
项目来源：山东省科技型中小企业创新能力提升工程项目（2021TSGC1056）；高分辨率对地观测系统重大专项（GFZX0404130304）。
第一作者简介：徐长庆（1996—），研究方向为GIS工程与应用，E-mail：yflu@sdut.edu.cn。
通信作者：逯跃锋（1982—），博士研究生，研究方向为地理空间数据匹配与隐私保护、地理信息系统开发，E-mail：yflu@sdut.edu.cn。

1　工程材料提取系统设计

1.1　系统总体设计

工程材料提取系统由数据处理层、功能层和应用层组成。数据处理层采用了PostgreSQL数据库，PostgreSQL是对象关系型数据库，与单纯的关系型数据库相比，PostgreSQL可较好的存储空间数据。

功能层包含了本系统所实现的主要功能，包括工程材料特征分析、规则集构建、规则集存储与管理、规则集统计分析、遥感影像分割、规则集提取材料、监督分类、提取结果要素编辑、提取结果统计分析、空间查询、专题图制作等功能。

应用层对系统的3个模块界面进行优化展示来供用户进行操作使用。

1.2　功能设计

工程材料提取系统在功能上分为3个模块，分别是工程材料规则集构建模块、工程材料提取模块、提取结果修正模块。

1.2.1　工程材料规则集构建模块

工程材料规则集构建模块用来提取目标地物的特征规则集。对目标材料进行几何特性、光学特性（涉及光谱、纹理、色调、反射等）等多特性分析后进行构建特征集，构建后可将规则集文件导入到数据库中或存放到本地，在后续的工作流程中进行调用。该模块的详细功能如下。

1）地图基本操作。GIS系统的地图基本操作，包括地图文档和栅格矢量文件加载、放大、缩小、漫游、全图和前后视图操作。

2）特征分析。通过对目标材料的空间、光学和几何特征等进行分析，为规则集构建做准备。

3）规则集构建。以多源遥感数据为基础，根据目标材料特征分析的结果，构建相应的规则集，以进行目标地物的提取。

4）规则集存储。通过与数据库的交互完成规则集的存储工作，包括将规则集进行本地的导入导出、规则集入库等功能。

5）规则集管理。管理数据库中的规则集文件，包括查看和编辑入库规则集、进行入库规则集查询统计等。

6）规则集统计分析。依据规则集的内容或类型，反映数据库中规则集的总体情况。

1.2.2　工程材料提取模块

工程材料提取模块是调用目标材料的规则集文件对面向对象分割后的遥感影像进行识别提取，该模块的详细功能如下。

1）遥感影像分割。将遥感影像分割成单独的地物对象。

2）材料提取。本功能为核心功能，使用已经针对特定地物分析构建好的规则集文件对输入影像中的目标地物进行提取分类，得到工程材料分布结果。

3）监督分类。使用训练样本和监督分类算法实现对工程材料的识别提取，本系统中使用 K 最邻近算法（KNN）[9]作为监督分类的算法。

4）结果精度分析。将系统分类的结果与人工目视解译的结果进行对比分析得出本系统对目标材料的提取精度，以此来验证本系统的可靠性。

1.2.3　提取结果修正模块

提取结果修正模块可以对工程材料的提取结果进行修正编辑，面积、土方量和距离的分析统计以及专题图输出。该模块的详细功能如下。

1）要素编辑。将获取的工程材料分布结果的形状和属性进行编辑修改，使提取结果更加符合施工区域的真实情况。

2）统计分析。对提取结果的长度、面积、距离和类型等进行统计分析。

3）空间查询。对提取结果进行空间关系查询。

4）信息管理。对提取矢量结果的面积、周长的等属性数据进行图表展示。

5）土方量计算。将提取的材料结果结合对应区域的DEM高程数据计算提取材料的土方量。

6）专题制图。可根据需求制作多种格式的工程材料分布专题图。

1.3　数据库设计

数据库的逻辑结构设计是整个数据库设计的关键因素，决定了数据库及其应用的整体性能，反映了业务的逻辑结构，本系统的数据库E-R关系图如图1所示。

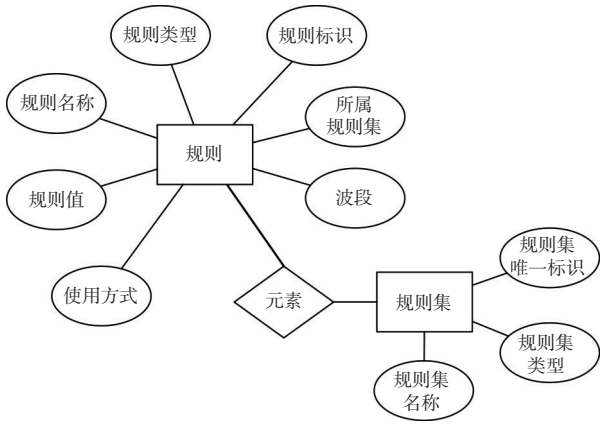


图1　E-R关系图

工程材料提取系统包括2个数据表，分别是规则数据表与规则集数据表。规则数据表存放每个特征规则的详细属性，具体字段信息如表1所示，规则集数据表存放规则集的相关信息，具体字段如表2所示。

表1 规则数据表

字段名称	字段类型	字段约束	字段描述
id	integer	主键	数据唯一标识
uid	integer	外键	标识规则所属的规则集
type	character varying	非空	规则类型
name	character varying	非空	规则名称
value	character varying	非空	规则属性值
operation	character varying	非空	规则值的使用方式
band	integer	非空	规则作用的波段
m_name	character varying	非空	所属规则集名称

表2 规则集数据表

字段名称	字段类型	字段约束	字段描述
uid	integer	主键	规则集唯一标识
class	character varying	非空	规则集类型
name	character varying	非空	规则集名称，对应表1中m_name字段

2 系统功能实现

2.1 工程材料规则集构建实现

依据目标工程材料的光谱、纹理、空间特征进行创建的相应规则，创建规则可以选取每种特征中所独有的类型，例如空间特征中有长度、面积等类型，光谱特征中有光谱平均值、光谱标准差等类型。

选中规则所用的波段，可以编辑该规则的数值范围，也可为规则集中添加一条规则。创建完成后将规则集文件输出到本地或者数据库进行保存以供工程材料提取模块使用。

2.2 工程材料提取实现

2.2.1 遥感影像分割

遥感影像分割功能包括影像分割和影像合并2个过程，影像分割过程将原始输入影像依照分割算法、分割参数以及纹理内核大小分割成初步的地物对象，影像合并过程将上一步骤中得到的初步分割结果进行合并处理，得到系统分割的最终结果。

该功能的使用需选择分割算法、合并算法、分割尺度、合并尺度以及纹理内核大小等参数。纹理内核的大小决定了在影像分割过程中提取信息的窗口大小，设定范围为3~15，纹理内核越大，信息提取窗口所获得信息越多，可以将纹理规模较大的地物较完整地分割出来，在地形平缓的地区选用较大的纹理内核，在沟壑纵横的山区选择较小的纹理内核。本系统数据选取的地势较为平坦，选取的纹理核较大，纹理核大小为13。

2.2.2 工程材料提取

工程材料提取功能使用创建完成的特征规则集文件在分割后的Landsat8遥感影像上对工程材料进行识别提取。

以提取石材为例，实验数据为Landsat8遥感影像数据，选取的区域为沙漠地带，其裸露的石材料较为明显。通过调用“建筑石材规则集”规则文件后，点击“提取”即可实现建筑石材的提取。建筑石材提取结果（图2）中黄色区域为提取的石材结果，黑色部分表示为非石材。

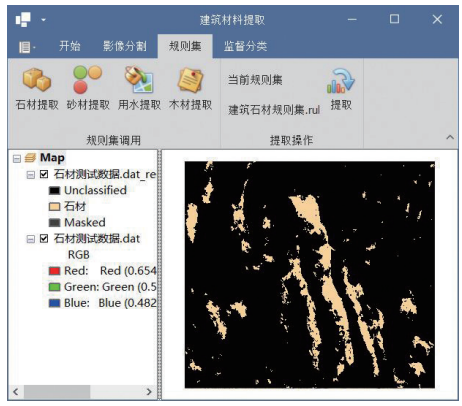


图2 建筑石材提取结果图

2.3 提取结果修正实现

2.3.1 统计分析

统计分析功能对提取结果进行面积、土方量以及距离的统计分析。面积分析可以计算每种类型材料的面积信息；土方量计算可以计算每种材料的土方量信息；距离分析可以通过设定施工点来分析施工点到原材料地的距离情况。

以土方量计算为例，土方量的计算对工程施工中基础设施原料估算极为重要。土方量计算[10]方法有很多种，主要使用的方法有方格网法、DEM法、断面法等等，本系统采用DEM法来计算土方量。

土方量的计算依赖于目标区域的DEM高程数据与目标地物的提取结果（矢量数据）数据来计算。计算流程图如图7所示，计算步骤如下：

1）将矢量数据与栅格数据叠加，将矢量数据作为掩膜对DEM数据进行裁剪，获得每个多边形对应的DEM图块。

2）设置土方量计算的起算高程 K 。

3）对于裁剪得到的每个DEM图块，遍历其每个

像素，计算每个像素的土方量大小，计算方法为：

$$V=(H-K)\times M^2 \quad (1)$$

式中，V 为单个像素的土方量大小；H 为当前像元高程值；K 为预设像元高程值；M 为当前DEM数据的分辨率。

4）将每个像元的土方量加起来得到当前多边形的总土方量。

5）通过绘制图表对每种材料（每个图层）的每个多边形要素所对应的土方量进行统计分析显示。

2.3.2　专题制图

专题制图功能可以将提取的目标材料结果作为底图，根据需求进行制图模板的导入，输出为多种格式的工程材料分布专题图。

专题制图功能可以体现工程材料的分布情况，对工程建设的决策有一定的指导作用，图3为本系统输出的建筑石材提取结果专题图。



图3　建筑石材提取结果专题图

3　结　语

工程材料的提取对于国家大量基础设施工程的施工极为重要，更加合理的原料选择方案可以在很大程度上减少基建工程的运输成本，从而减少工程的预算，能将更多的资源、资金集中在保证工程建设质量上。

本系统以基于规则集的面向对象分类方法为核心，并结合其他技术，设计并实现了一个具有完备工作流程的工程材料提取系统。由于系统原理是根据遥感影像表面地物的几何、纹理、波谱等特征进行规则集创建和分类，因此对植被覆盖地区识别提取效果不太理想，在以后应做相关的研究。

参考文献

[1] 周君，李楠，方涛. 基于SVM的遥感图像半自动提取方法研究[J]. 计算机应用与软件，2010，27(3):49-51

[2] 尼加提·穆合塔尔，周迪，等. 人工神经网络在高分影像防沙带识别中的应用[J]. 地理空间信息，2021，19(1):13-17

[3] 杨维超. 基于规则面向对象的遥感影像分类方法在信息提取中的应用[J]. 世界有色金属，2020(7):281-283

[4] 黄欢欢，黄万里. 基于面向对象分类方法的城市用地类型提取[J]. 福建师范大学学报(自然科学版)，2014，30(6):96-102

[5] 周珂，杨永清，张俨娜，等. 光学遥感影像土地利用分类方法综述[J]. 科学技术与工程，2021，21(32):1 603-1 613

[6] 王晨安，李浩，李靖. 基于改进自组织神经网络的遥感图像分类研究[J]. 地理空间信息，2019，17(2):51-53

[7] 李敏，李思齐. 基于开源PostgreSQL & SharpMap的遥感影像管理系统的设计与实现[J]. 煤，2019，28(10):59-62

[8] Shi Y，Shen W，Xiong W，et al. High Performance Cluster System Design for Remote Sensing Data Processing[J]. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering，2012，8539:85390N-85390N

[9] 陈嘉伟，韩晶，郝瑞玲，等. 基于改进KNN算法的动态手势识别研究[J]. 中北大学学报(自然科学版)，2020，41(3):232-235

[10] 程飞，金泽林. 土方量计算方法研究与应用[J]. 测绘与空间地理信息，2021，44(1):176-180

(上接第60页)

veals China's City Activity During the COVID-19 Pandemic Period in Early 2020[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing，2021，14:5 111-5 122

[9] Small C，Sousa D. Spatiotemporal Evolution of COVID-19 infection and Detection Within Night Light Networks: Comparative Analysis of USA and China[J]. Applied Network Science，2021，6(1):10