

# 基于多维数据的特大城市建设用地类型识别\*

## Classifying Development-land Type of the Megacity through the Lens of Multisource Data

赵渺希 梁景宇 郭振松 ZHAO Miaoxi LIANG Jingyu GUO Zhensong

**摘要** 随着信息技术和大数据应用的普及,城市规划编制技术也面临着进一步升级,如何将多维数据应用到城市规划成为当前的热门议题。试图利用网络开放的地址解析数据和传统的现场踏勘校核相结合的方式,通过快速的计算分析得到城市各类建设用地的功能强度测定,进而实现城市各类建设用地性质的综合评定。以广州市天河区为实证案例,选取百度开放平台数据、新浪微博签到数据和企业名录数据作为主要数据源,以现状道路中心线形成的街坊作为主要空间落位单元构建工作底图,利用熵值赋权法和均方差法实现对天河区现状建设用地的功能强度测定和用地性质的综合评定。

**Abstract** With the popularization of information technology and big-data application, urban planning technology is facing a further upgrade. How to apply multidimensional data to megacities' planning has become a hot topic. Traditional urban land use type analysis is drawn through the way of field survey, which takes a lot of time and manpower. This paper attempts to calculate and analyze the functional strength of various types of urban development land, and then to achieve the comprehensive assessment of various types of development land by the network address analysis data and the traditional address analysis data. Taking Tianhe District of Guangzhou as an empirical case, this paper selects Baidu LBS data, Sina microblog sign-in data and enterprise directory data as the main data sources. Taking neighborhoods formed by the current road centerline as the main space unit, entropy weight method and mean square deviation method are used to measure the functional strength of development land and make a comprehensive assessment of the land type in Tianhe District.

**关键词** 特大城市 | 建设用地 | 用地类型 | 多维数据 | 大数据

**Keywords** Megacity | Development land | Classification of land use | Multisource data | Big data

文章编号 1673-8985 (2018) 05-0072-06 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20180511

### 作者简介

**赵渺希**  
华南理工大学建筑学院  
亚热带建筑科学国家重点实验室  
教授

**梁景宇**  
华南理工大学建筑学院  
硕士研究生

**郭振松**  
深圳市城市规划设计研究院有限公司  
硕士

## 0 引言

随着特大城市人口增长带来的环境、资源、人口等矛盾日益突出,我国城市规划编制面临着各种技术瓶颈,而新时期丰富的网络数据为推动城市规划应用技术的升级提供了机会。城市用地现状性质图作为城市规划编制的基础信息资料,反映了规划区中城市功能的整体布局以及建设用地的性质。一般而言,绘制城市用地现状性质图的踏勘需消耗大量的人力资源和时间成本,且用地性质的判别不可避免地受到现场调研人员的感性判断,从而降低了基础资料的客观性;基于新技术的支持,在

特大城市发展战略的初期调研、总规和控规等法定规划调研的现状核实方面,如能借助于各类开放数据快速识别一定规划范围内的建设用地类型,将大大提高规划编制工作的效率和客观性。鉴此,尝试提出一种基于多维数据地址解析的建设用地类型快速识别方法,实现对特大城市现状建设用地的功能强度测定和用地性质的综合评定。

## 1 相关研究概述

在经历了改革开放以来的快速城镇化的阶段后,我国以土地增长规模扩张为主导的城

\*基金项目:广东省科技计划项目“基于大数据的城市商业游憩区(RBD)规划勘察技术集成应用”(2016A040403041),国土资源部重点实验室开放课题“基于大数据的城市建成区环境空间品质评价”(编号SCAUGIS-OF2014-2)。

市规划模式将转变为土地规模限制下的内生性增长模式<sup>[1]</sup>,对于城市存量土地的规划编制需求也日益增加。

近年来,社会活动产生的数据类型快速增长,例如微博数据、手机数据、公交卡数据、图片数据、搜索数据等为城市规划提供了更多的支持。国内外学者已经对如何将这些数据应用到城市规划中做了一些尝试:研究不同的数据对于城市研究、规划方面使用的潜力与障碍<sup>[2-3]</sup>;利用报纸数据的文本分析,对土地利用和社会变化的关系进行了探究<sup>[4]</sup>;使用移动定位数据分析游客进行旅游消费空间的季节性分布,并研究了游客的典型路线<sup>[5-6]</sup>;基于手机信令数据研究城市环境与通勤特征,进而测度城市就业中心体系<sup>[7-10]</sup>;利用手机信令数据与社交媒体数据研究城市时空人群分布与居民活动<sup>[11-13]</sup>;通过多种数据的整合与分析研究城市的空间布局,并对布局的调整提出指导<sup>[14-15]</sup>。

而在城市功能识别方面,国内外学者也进行了一系列的探索:例如,利用GPS数据和网络数据分析城市和乡村区域的土地使用情况<sup>[16]</sup>;通过手机通话记录、手机定位信息识别土地利用类型和利用现状,判断城市功能区及其混合程度<sup>[17-19]</sup>;基于手机信令数据对城市规划工作、城镇体系现状进行评估<sup>[20-21]</sup>;基于社交媒体数据判断城市土地利用类型<sup>[22-23]</sup>;基于城市交通刷卡数据识别地铁站周边地区的土地利用情况<sup>[24-25]</sup>。

需要指出的是,学界对于各类数据的用地识别已有过一定的探索,但既有的研究主要判断特定的活动功能在城市空间中的分布,而并不直接指向建设用地的类型,不利于全面判断建设用地的利用现状。再者,既有的研究中利用的数据集中在手机定位数据、电话呼叫记录、交通卡刷卡记录等获取门槛较高的数据源,收集此类数据的困难成为相关研究进一步展开的阻碍。在数据日益多元和丰富的今天,依靠互联网开放的多维数据进行地址解析生成城市规划中常用的用地类型图已经成为可能,但以此为目标的用地识别方法有待进一步深化。鉴此,本文以广州市天河区为例,根据城

市建设用地分类标准,实现多维数据识别各单元地块中的建设用地类型,以期提高特大城市的规划编制工作效率。

## 2 数据收集与用地识别技术

本文基于既有研究,针对城市规划编制的用地类型识别需求,对开源性的多维数据进行地址解析,实现建设用地类型的快速识别,具体方法包括以下4个步骤:(1) 收集整理基础数据;(2) 对各单元用地的不同功能强度进行测定;(3) 对各单元用地的性质进行综合判定;(4) 对用地性质的识别率和准确率进行评定。

### 2.1 基础数据收集

研究以网络数据作为主要数据来源,包括百度开放平台数据、新浪微博开放平台数据等,辅以企业名录等数据以丰富数据来源,并针对不同类型的用地分别选取不同的数据来源。利用现有开放平台的地址解析工具对所挖掘的各项数据进行地址解析,通过GIS系统将网络数据和传统数据统一空间落位和坐标校正,并以识别范围边界、建设用地范围和现状道路网作为建设用地类型识别的工作底图,以便下一步进行分类用地的功能强度测定和用地性质综合评价。

### 2.2 用地功能强度测定

功能强度的强弱反映了特定用地功能性

质所承载的活动和功能主体在特定单元地块中出现的频率高低。在建设用地的功能强度测定方面,首先从各类建设用地的性质特征入手,分别选取不同的数据源作为评价测定的要素(表1),以道路中心线划分的街坊单元作为空间落位单元,并对单元内不同数据源的原始化数据进行汇总统计。

在此基础上,对按单元汇总之后的绝对数据值采取熵值赋权法进行归一化处理 and 权重计算,解决不同数据源造成的量纲不一致的问题。熵值赋权法是由各个样本的实际数据求得最优权重,因而给出的指标权重具有客观性和可信度<sup>[26]</sup>。然后按照不同数据源之间的权重进行标准值叠加,最后通过计算单元汇总的标准值与空间单元面积的比值得到各类用地的功能强度分布情况。

各类建设用地的功能强度测定模型为:

$$G_i = \frac{\sum_{k=1}^n \alpha_k P_{ik}}{S_i} \quad (1)$$

$$\text{其中: } P_{ik} = [(\beta_{ik} + 1) / \sum_{i=1}^m (\beta_{ik} + 1)] \times \ln [(\beta_{ik} + 1) / \sum_{i=1}^m (\beta_{ik} + 1)]$$

式中的G<sub>i</sub>为第i个单元的用地功能强度,α<sub>k</sub>为第k类数据要素的权重,β<sub>ik</sub>为第k类数据要素在空间单元i中的设施数量,P<sub>ik</sub>为第i个单元内第k类数据要素的标准值,S<sub>i</sub>为第i个单元的建设用地面积(其中i=1, 2, ..., m;k=1, 2, ..., n)。

表1 各类建设用地功能强度测定的主要数据源

用地类型	百度开放平台数据	新浪微博数据	企业名录数据
R类用地	✓		✓
A类用地	✓	✓	
B类用地	✓	✓	
M类用地	✓	✓	
W类用地	✓		✓
S类用地	✓	✓	✓
U类用地	✓	✓	
G类用地	✓	✓	

资料来源:笔者自制。

### 2.3 城市各类建设用地的综合判定

在完成城市各类建设用地的功能强度测定的基础上,采用均方差的计算方法对各单元的用地性质作显著性判定。均方差法是一种适用于要求严格的综合评价权重确定方法,具有思路清晰、计算简便、客观性强等特点<sup>[27]</sup>。在现有的城市建设用地性质分类的基础上,根据用地兼容性特征和依从关系重新细分了新的用地性质分类,主要包括:居住用地 (R)、居住混合用地 (R+)、公共管理与公共服务设施用地 (A)、商业服务业设施用地 (B)、公共服务和商业混合用地 (A/B)、绿地与广场用地 (G)、工业仓储混合用地 (M/W)、公用设施与道路交通设施混合用地 (S/U)、其他混合用地 (O) 和未能判别用地性质的用地 (N)。

需要特别说明的是,由于居住用地与其他用地的混合、商业用地和公服用地的混合程度较高,在此提出了居住混合用地 (R+) 与公共服务和商业混合用地 (A/B);此外,由于公用设施用地、道路交通设施用地、工业用地和物流仓储用地的数量较少、样本数据也较为缺乏,本研究概括为工业仓储混合用地 (M/W)、公用设施与道路交通设施混合用地 (S/U);对于其他各种复杂的混合用地在本研究中不作进一步细分,在此统一归为其他混合用地 (O)。

建设用地性质显著性判定和综合评定的具体步骤如下:

首先,合并用地,计算单元用地功能强度平均值。在8类用地功能强度的基础上,分别将公用设施用地和道路交通设施用地、工业用地和物流仓储用地进行归并,得到6类用地的功能强度 $G_{ik}$ 。

然后计算6类用地的平均值 $Q_i$ ,计算单元用地功能强度的标准差 $\delta_i$ 。下一步,判断单元用地功能强度的显著性:

$$R_{ik} = G_{ik} - Q_i - \frac{1}{2}\delta_i \quad (2)$$

式中:( $i=1,2,\dots,m;k=1,2,\dots,6$ )。

根据赵渺希、郭振松 (2015)<sup>[28]</sup>的发明专利中的阈值进行判断,具有良好的用地功能显

表2 用地类型判定标准

用地类型	判定标准
居住用地 (R)	单元内只有一种显著性用地功能,且为居住用地功能
居住混合用地 (R+)	单元内有两种或以上显著性用地功能,且包含居住用地功能
公共管理与公共服务设施用地 (A)	单元内只有一种显著性用地功能,且为公共服务用地功能
商业服务业设施用地 (B)	单元内有两种或以上显著性用地功能,且为公共服务用地功能与绿地、工业仓储、市政道路用地功能混合
公共服务和商业混合用地 (A/B)	单元内只有一种显著性用地功能,且为商业用地功能
绿地与广场用地 (G)	单元内有两种或以上显著性用地功能,且为商业用地功能与绿地、工业仓储、市政道路用地功能混合
工业仓储混合用地 (M/W)	单元内只有一种显著性用地功能,且为公共服务用地功能和商业用地功能
公用设施与道路交通设施混合用地 (S/U)	单元内只有一种显著性用地功能,且为绿地与广场用地功能
其他混合用地 (O)	单元内有两种或以上显著性用地功能,且为绿地与广场用地功能与工业仓储、市政道路用地功能混合
未能判别用地性质的用地 (N)	单元内只有一种显著性用地功能,且为工业用地功能或者物流仓储用地功能
	单元内只有一种显著性用地功能,且为公用设施用地功能或者道路交通设施用地功能
	单元内有两种或以上显著性用地功能的其他情况
	没有显著性用地功能

资料来源:笔者自制。

著性效果,若 $G_{ik}>0$ 且 $R_{ik}\geq 0$ ,则判定单元内该类用地功能显著;反之,则不显著。

最后,在得到各单元用地性质显著性的基础上,可根据用地主导功能、用地依从关系、用地兼容性以及航拍影像图等方式对用地进行判定 (表2)。

在此基础之上,将各单元的用地分类信息导入GIS系统中的空间单元进行分类显示,借助卫星航拍影像图和电子地图对难以识别的混合用地单元进行辅助判定,得到城市各类建设用地的性质划分图。

### 2.4 城市各类建设用地的校核

在建设用地的性质快速识别完成之后,对生成的用地类型划分图分别进行用地识别率和用地识别准确率的判断 (图1)。当它同时满足这两个要求时,即可判定基于地址解析数据的建设用地类型快速识别完成:(1)若建设用地的识别率越高,则说明能被明确判别类型的用地越多,识别效果越好;反之,则识别效果越差;(2)基于现场踏勘的现状图进行准确率的分析,该值越高,说明该方法对建设用地的识别越准确;反之,则识别越不准确,若该值过低,需通过数据纠错或校核的方式重新进

行计算分析。

## 3 实证案例展示

天河区是广州市的中心城区,辖区面积136.57 km<sup>2</sup>,建设用地面积91.43 km<sup>2</sup>,2015年区内常住人口154.57万。天河区辖内建设用地的类型丰富,也包含大量的混合用地类型,是用地类型快速识别的理想研究对象。因此本研究选取广州市天河区为实证分析对象,基础底图来自广州市天河区规划分局信息中心提供的GIS平台。

### 3.1 基础数据整理

根据城市建设用地的性质,将获取的数据分为相应的8类进行整理,在GIS系统中进行空间落位,并进行坐标转换和数据纠偏。以现状城市道路中心线对现状建设用地的划分,将由城市道路围合形成的街坊单元作为数据落位的空间单元。需要特别说明的是,由于部分空间单元缺乏相关的地址解析数据,此时将部分缺失地址解析数据且道路网较为密集的街坊单元进行合并,提高建设用地的识别率。由于部分地址表达不清或错误而导致无法正确进行地址解析,失败率约为0.6%,基

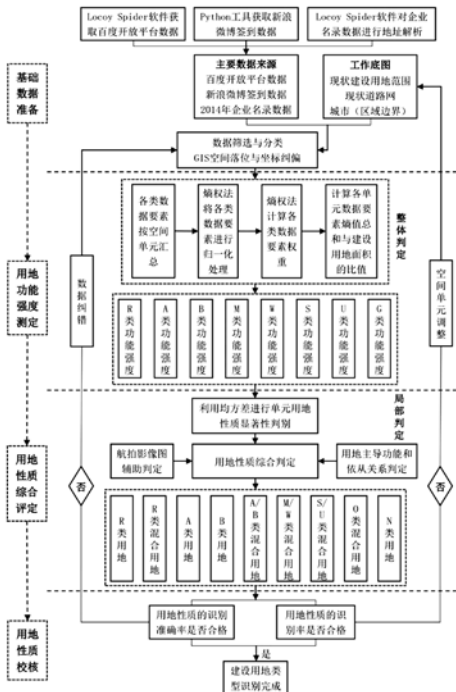


图1 基于多维数据的特大城市建设用地类型识别方法的具体实现技术流程图  
资料来源: 笔者自绘。

本不影响建设用地性质的识别。

### 3.2 用地功能强度测定

以选定的测评数据源作为各类型功能强度的测定要素(表1),以道路中心线划分的街坊单元作为空间落位单元,并对单元内不同数据源进行汇总统计。

在此基础上,对按单元汇总之后的绝对数据值采取熵值赋权法进行归一化处理和权重计算,然后按照不同数据源之间的权重进行标准值叠加,最后通过计算单元汇总的标准值与空间单元面积的比值得到各类用地的功能强度分布情况(图2-图9)。

根据用地功能强度显示得出的结果,天河区内居住功能、公共服务功能以及商业服务功能分布最为广泛,总体功能强度最高。就居住功能而言,功能强度较高的用地主要分布在中山大道沿线;公共管理与公共服务功能主要分布在龙口区域、石牌—五山高校区域;商业服务功能重要集中在中山大道沿线,体育西—石牌桥商圈尤为明显;道路交通设施用地以火车

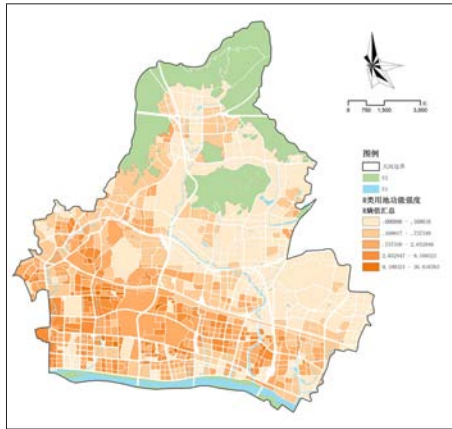


图2 居住用地功能强度测定  
资料来源: 笔者自绘。

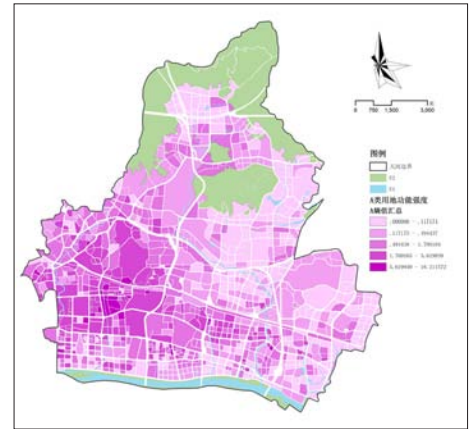


图3 公共管理与公共服务设施用地功能强度测定  
资料来源: 笔者自绘。

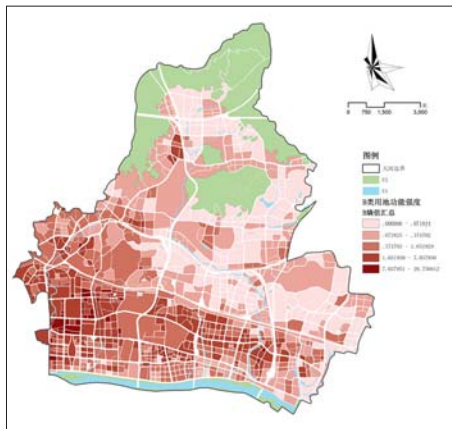


图4 商业服务业设施用地功能强度测定  
资料来源: 笔者自绘。

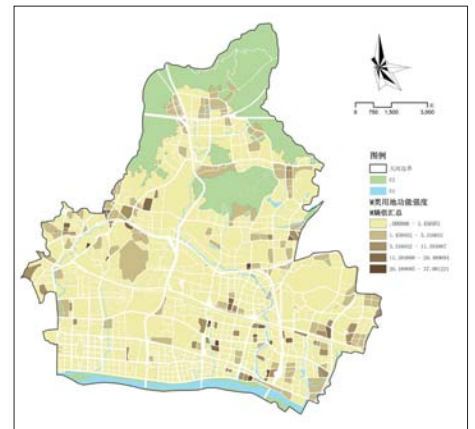


图5 工业用地功能强度测定  
资料来源: 笔者自绘。

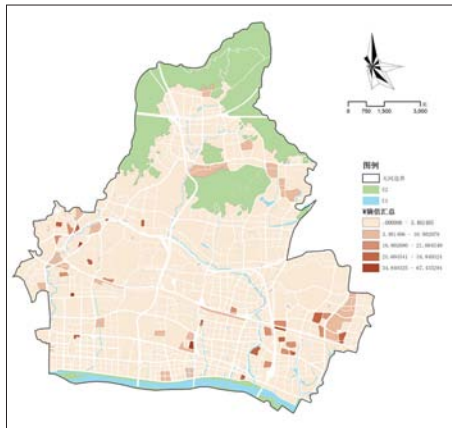


图6 物流仓储用地功能强度测定  
资料来源: 笔者自绘。

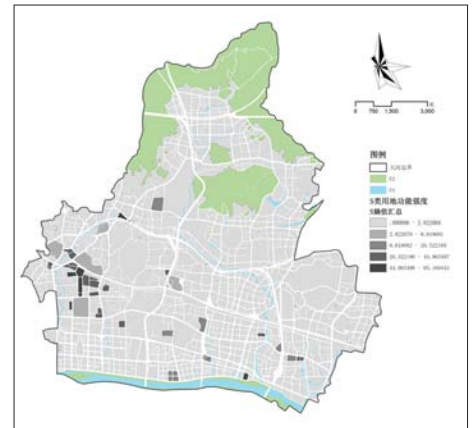


图7 道路设施用地功能强度测定  
资料来源: 笔者自绘。

东站区域强度最高;工业、仓储用地分布集中在靠近黄埔区的东部地区;绿地与广场功能较强的用地分布较为广泛;公用设施功能强度较高的用地零星分布。功能强度测定结果基本符合天河区建设用地使用现状。

### 3.3 各类建设用地性质的综合评定

在完成天河区各类建设用地的功能强度测定的基础上,采用均方差的计算方法对各单元的用地性质作显著性判定(公式(2)-(4))。在现有的城市建设用地性质分类的基础上,根

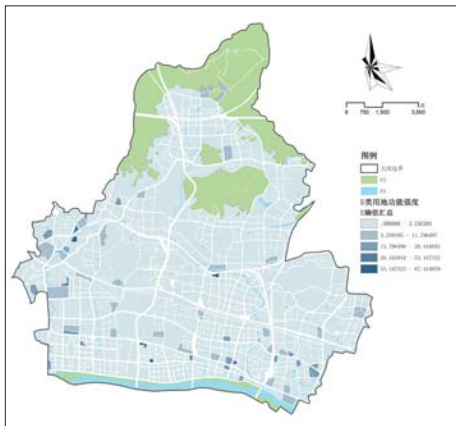


图8 公用设施用地功能强度测定  
资料来源:笔者自绘。

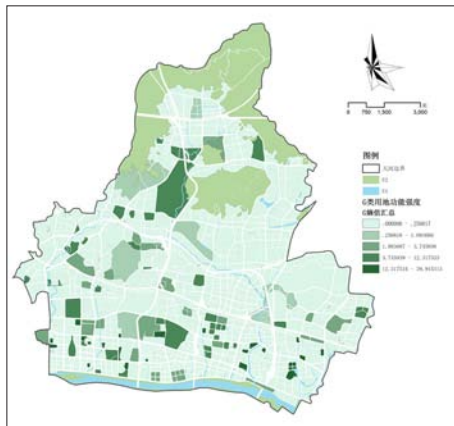


图9 绿地与广场用地功能强度测定  
资料来源:笔者自绘。

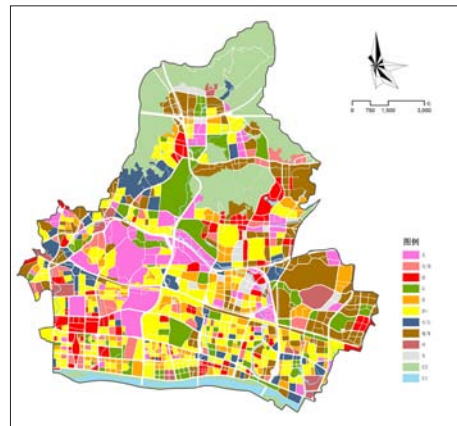


图10 城市各类建设用地区划图  
资料来源:笔者自绘。

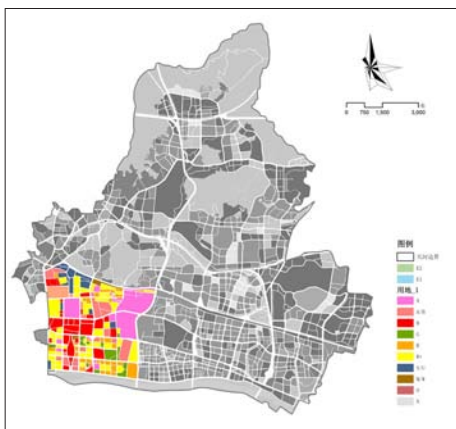


图11 快速识别的用地现状图  
资料来源:笔者自绘。

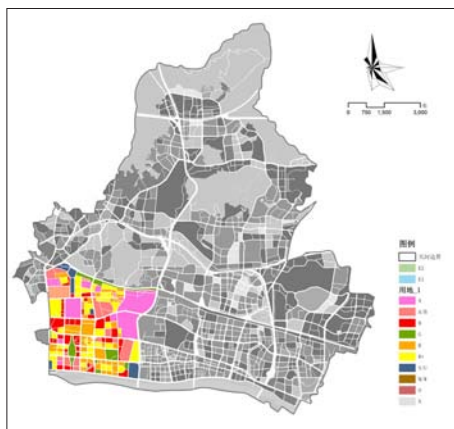


图12 规划信息中心提供的用地现状图  
资料来源:笔者自绘。

据用地兼容性特征和依从关系进行用地性质划分,并将各地块单元的用地分类信息导入GIS系统中的空间单元进行分类显示,借助卫星航拍影像图和电子地图对个别难以识别的混合用地单元进行人工辅助判定,得到城市各类建设用地区划图(图10)。

### 3.4 城市各类建设用地区质的校核

在建设用地区质快速识别完成之后,对生成的用地类型划分图分别进行用地识别率和用地识别准确率的判断。广州市天河区建设用地区质识别的空间单元数量为847个,其中未能判别用地性质的空间单元数量为12个,计算可得其建设用地区质的识别率 $\theta$ 为98.58%,识别程度较高。

准确率方面,划定取样范围面积为15.8 km<sup>2</sup>,通过地址解析数据可以得到天河区内建

设用地区质的性质(图11),另外通过天河区规划分局信息中心提供的相关规划图纸,可以在GIS系统中重新生成现状建设用地区质分析图(图12),然后在GIS系统中比较两张用地图的一致性,计算准确率。在此需要特别说明的是,由于天河区内花城广场的地面为绿地,地下为商业,在快速识别的结果中将其归为商业用地,自绘的用地现状图将其归为绿地,在此应将花城广场用地性质识别视为有效;另外,由于体育西小区、体育东小区均为开放式的商住混合用地,在快速识别的结果中将其归为商业用地,规划信息中心提供的用地现状图将其归为居住用地,在此也应将其用地性质识别视为具有效。分别统计取样范围内用地性质一致的空间单元面积和空间单元总面积分别为13.2 km<sup>2</sup>和15.8 km<sup>2</sup>,以准确识别的面积计算,建设用地区质识别的准确率为83.35%,说

明准确性较好。

## 4 讨论

在互联网数据日益丰富的背景下,利用不同来源的数据快速识别特大城市的建设用地区、提高城市规划编制效率已成为可能。本研究提供的是一种基于多维数据地址解析的建设用地区类型快速识别方法,与传统的实地勘察和调研进行绘制现状用地性质分析图相比,大大缩减了时间成本和人力成本,提供了一种更为便捷、快速的现状用地性质识别方法。本研究以广州市天河区为例,完成了区内城市建设用地区类型的识别,校核证明该方法识别效果较好。现实中,城市建设用地区往往是多种功能的混合,而不是单一性质,本方法的特点是在现行城市建设用地区分类的基础上,提出了识别多种混合用地区的工作方式,这一流程更加符合特大城市建成区的实际功能承载情况。

由于本研究是建立在地址解析数据的基础上完成的,建设用地区质识别的识别率和准确率与数据源密切相关,对于地址解析数据准确、丰富的城市或区域而言,能够对其建设用地区性质实现快速识别,如上述研究中的天河区,就具有数据丰富、准确的特点,有利于用地类型的准确识别,反之,对于数据缺失的区域则会有一定技术的瓶颈。其次,少部分用地功能强度判定的数据来源单一,若相关数据有误或更新不及时将直接影响判别结果。再者,以网络数据为主的用地类型识别效果与空间单

元划分有关,若空间单元划分过小,有可能导致单元内的功能特征数据过少而无法识别用地性质;若空间单元划分过大,功能特征数据过多,判别结果出现混合功能的可能性增加,不利于对用地特征的准确识别。另外,本研究的工作底图依靠规划管理部门等提供的道路网图或原有的用地性质现状图或规划图,适用于对已修编规划的区域进行规划实施评估或进行重新修编规划的前期分析,且在实际的使用时仍需要通过人工现场踏勘予以进一步核实。

随着互联网数据的进一步丰富、数据挖掘手段的进一步提升,可用于判断现状建设用地类型的数据将逐渐增加,并促使用地识别方法日趋完善,总体上将有助于特大城市现状踏勘的效率提升,并可与规划师的现场主观认知相印证,从而降低规划基础资料收集处理的随意性。在未来,相关研究的逐步深入,类似的方法或能广泛运用到指导特大城市的用地功能布局、用地混合模式、城市建设用地效率动态管理等方面。■

## 参考文献 References

- [1] 李郁. 面临新型城镇化的三个规划转型问题[J]. 城市与区域规划研究, 2015, 7 (1): 1-15.  
LI Yun. Three issues concerning planning transformation in the context of new urbanization[J]. Journal of urban and regional planning, 2015, 7 (1): 1-15.
- [2] RATTI C, FRENCHMAN D, PULSELLI R M, et al. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis[J]. Environment & Planning B Planning & Design, 2006, 33 (5): 727-748.
- [3] GRANT-MULLER S M, GAL-TZUR A, MINKOV E, et al. Enhancing transport data collection through social media sources: methods, challenges and opportunities for textual data[J]. Iet Intelligent Transport Systems, 2015, 9 (4): 407-417.
- [4] MARK R. ALTAWHEEL, LILIAN N, et al. Monitoring land use: capturing change through an information fusion approach[J]. Sustainability, 2010, 25.
- [5] AHAS R, AASA A, ÜLAR MARK, et al. Seasonal tourism spaces in Estonia: case study with mobile positioning data[J]. Tourism Management, 2007, 28 (3): 898-910.
- [6] AHAS R, AASA A, ROOSE A, et al. Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: an Estonian case study[J]. Tourism Management, 2008, 29 (3): 469-486.
- [7] RUBIO A, SANCHEZ A, FRIAS-MARTINEZ E. Adaptive non-parametric identification of dense areas using cell phone records for urban analysis[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2013, 26 (1): 551-563.
- [8] WIDHALM P, YANG Y, ULM M, et al. Discovering urban activity patterns in cell phone data[J]. Transportation, 2015, 42 (4): 597-623.
- [9] 袁炜毅, 刘杰, 张颖. 手机大数据视角下的工业区位平衡分析方法[C]/2015中国城市规划年会, 2015. QIU Weiyi, LIU Jie, ZHANG Ying. Analysis of job balance in industrial area from the perspective of large data of mobile phone[C]//Annual National Planning Conference, 2015.
- [10] 丁亮, 钮心毅, 宋小冬. 上海中心城就业中心体系测度——基于手机信令数据的研究[J]. 地理学报, 2016 (3): 484-499.  
DING Liang, NIU Xinyi, SONG Xiaodong. Measuring the employment center system in Shanghai central city: a study using mobile phone signaling data[J]. Acta Geographica Sinica, 2016 (3): 484-499.
- [11] PUCCI P. Identifying communities of practice through mobile phone data[J]. Urbe Revista Brasileira De Gestão Urbana, 2014, 6 (524): 17.
- [12] 张鸿辉, 黄军林, 王柱, 等. 基于大数据的城市设计方法研究[C]/2016中国城市规划年会, 2016. ZHANG Honghui, HUANG Junlin, WANG Zhu, et al. Research on urban design method based on large data[C]//Annual National Planning Conference, 2016.
- [13] 陈映雪, 甄峰. 基于居民活动数据的城市空间功能组织再探究——以南京市为例[J]. 城市规划学刊, 2014 (5).  
CHEN Yingxue, ZHEN Feng. Further investigation into urban spatial function organization based on residents' activity data: a case study of Nanjing[J]. Urban Planning Forum, 2014(5).
- [14] STEVEN D, SHULTZ, DAVID A, et al. The use of census data for hedonic price estimates of open-space amenities and land use[J]. The Journal of Real Estate Finance and Economics, 2001, 222.
- [15] 钮心毅, 李时锦, 宋小冬, 等. 城市工业用地调整的空间决策支持——以广州为例[J]. 城市规划, 2011 (7): 24-29.  
NIU Xinyi, LI Shijin, SONG Xiaodong, et al. Spatial decision support to adjustment of urban industrial land: a case of Guangzhou[J]. CITY PLANNING REVIEW, 2011 (7): 24-29.
- [16] WANG Shuliang, WANG Xinzhou, SHI Wenzhong. Development of a data mining method for land control[J]. Geo-spatial Information Science, 2001, 41.
- [17] VICTOR S, ENRIQUE FRIAS-MARTINEZ. Automated land use identification using cell-phone records[C]//Proceedings of the 3rd ACM international workshop on MobiArch. ACM, 2011: 17-22.
- [18] MILANO P D. Land use identification using mobile phone data[J]. Italy.
- [19] 钮心毅, 丁亮, 宋小冬. 基于手机数据识别上海中心城的城市空间结构[J]. 城市规划学刊, 2014 (6): 61-67.  
NIU Xinyi, DING Liang, SONG Xiaodong. Understanding urban spatial structure of Shanghai central city based on mobile phone data [J]. Urban Planning Forum, 2014 (6): 61-67.
- [20] MANFREDINI F, PUCCI P, TAGLIOLATO P. Toward a systemic use of manifold cell phone network data for urban analysis and planning[J]. Journal of Urban Technology, 2014, 21 (21): 39-59.
- [21] 姚凯, 钮心毅. 手机信令数据分析在城镇体系规划中的应用实践——南昌大都市区的案例[J]. 上海城市规划, 2016 (4): 91-97.  
YAO Kai, NIU Xinyi. Practical analysis of mobile phone signaling data in urban system planning: a case study of Nanchang metropolis[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2016 (4): 91-97.
- [22] FEICK R, ROBERTSON C. A multi-scale approach to exploring urban places in geotagged photographs[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2013.
- [23] ZHAN X, Ukusuri S V, ZHU F. Inferring urban land use using large-scale social media check-in data[J]. Networks and Spatial Economics, 2014, 14 (3): 647-667.
- [24] 曹瑞, 涂伟, 巢佰崇, 等. 基于智能卡数据的地铁周边职住用地识别与分析[J]. 测绘地理信息, 2016 (3): 74-78.  
CAO Rui, TU Wei, CHAO Baichong, et al. Identification and analysis of home and work regions in the vicinity of metro stations using smart card data[J]. Journal of Ueomatics, 2016 (3): 74-78.
- [25] 韩昊英, 于翔, 龙瀛. 基于北京公交刷卡数据和兴趣点的功能区识别[J]. 城市规划, 2016, 40 (6): 52-60.  
HAN Haoying, YU Xiang, LONG Ying. Identifying urban functional zones using bus smart card data and points of interest in Beijing[J]. City Planning Review, 2016, 40 (6): 52-60.
- [26] 孙利娟, 邢小军, 周德群. 熵值赋权法的改进[J]. 统计与决策, 2010, 2010 (21): 153-154.  
SUN Lijuan, XING Xiaojun, ZHOU Dequn. Improvement of entropy weighting method[J]. Statistic & Decision, 2010, 2010 (21): 153-154.
- [27] 王明涛. 多指标综合评价中权重确定的离差、均方差决策方法[J]. 中国软科学, 1999 (8): 100-101.  
WANG Mingtao. Deviation and weighted variance decision method for weight determination in multi-index comprehensive evaluation[J]. China Soft Science, 1999 (8): 100-101.
- [28] 赵渺希, 郭振松. 一种基于地址解析数据的建设用地类型快速识别方法[P]. 广东: CN104750799A, 2015-07-01.  
ZHAO Miaoxi, GUO Zhensong. A method for rapid identification of construction land type based on address analysis data[P]. Guangdong: CN104750799A, 2015-07-01.