引文格式：郑国强, 乔宇昊, 孙思民. 基于POI数据的城市功能区识别研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(10): 58-61. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.10.014

基于POI数据的城市功能区识别研究

郑国强[1]，乔宇昊[1]，孙思民[1]
（1. 山东建筑大学测绘地理信息学院，山东 济南 250101）

摘　要：基于兴趣点数据与道路网络数据，选取济南市中心城区为研究区域，通过频数密度与类型比例计算，以街区为研究单元对济南中心城区功能区进行定量识别，并验证识别精度。将识别结果与《济南市城市总体规划（2011-2020年）》对比，提出功能区优化对策。研究结果表明：城市功能区自西向东呈现多中心分布特征，单一功能区呈现圈层分布特征。构建混淆矩阵，计算出功能区总体精度为83.34%，可为济南市功能区空间规划提供新的思路。

关键词：城市功能区；POI兴趣点；空间分析；定量识别；济南市
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）10-0058-04

Research on the Identification of Urban Functional Areas Based on POI Data

ZHENG Guoqiang[1], QIAO Yuhao[1], SUN Simin[1]
(1. School of Surveying and Geo-informatics, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China)

Abstract: Based on POI data and road network data, taking the central urban area of Jinan as the research area and the blocks as the research unit, we used ArcGIS spatial analysis tools to quantitatively identify the functional areas of central urban area of Jinan, and calculated the Kappa coefficient to verify the accuracy. Then, we compared the identification results with Urban Overall Planning of Jinan City, and proposed the optimization countermeasures for functional areas. The research results show that ①urban functional areas present multi-center distribution from west to east. ②A single functional area is characterized by a circle distribution. ③The overall accuracy of functional area calculated by confusion matrix is 83.34%, which can provide a new idea for the spatial planning of functional areas in Jinan City.

Key words: urban functional area, POI, spatial analysis, quantitative identification, Jinan City

传统的城市功能区划分与识别主要依靠人工判读和实地勘查，主观性强，识别误差大且效率低下，无法满足相关技术精度需求。街区地块是开展城市空间规划编制的基本单元，因此，本文基于POI数据，以城市路网划分研究区域，利用频数密度与类型比例法实现了济南市中心城区的功能区定量识别。通过POI核密度分析展示了六大类POI在空间分布上的聚集性。最后将识别结果与济南市规划数据对照，利用混淆矩阵进行精度验证，提出功能区优化对策。研究结果可以展示城市功能区分布的空间格局，为济南市城市功能区空间规划决策提供新的思路。

1　研究区概况与数据来源

1.1　研究区概况

济南市位于山东省中部，地势南高北低，以丘陵、平原为主。截至2020年年底，济南市常住人口920.24万人，城镇化率达75%。

研究区域选取济南市绕城高速内的济南市中心城区，该区域城镇化率较高，居住功能集中，道路网络完整。在老城商埠区，路网类型以方格式为主，布局相对整齐。随着城市的扩张，受地形因素影响，中心城区路网分布的主要特征为方格-环形-放射混合式分布。研究区以绕城高速为界限与周围街区形成了明显的地理阻隔，可减少城市郊区在功能区识别过程中边缘效应的干扰[1]。

1.2　数据来源

利用Python语言从百度地图爬取的2021年POI数据，其中原始的POI数据共40万余条，每个兴趣点包含了名称、地址、电话、坐标、邮编、类别等信息，落入研究区域内POI数据共计7万余条，约占济南市POI总数的17.5%。

由于获取的原始POI数量众多，存在分类的重复或交叉的问题，因此需要对POI数据进行预处理，删

收稿日期：2022-05-30。
项目来源：2018年国家自然科学基金青年基金资助项目（51808320）；山东省研究生创新计划（SDYY6031）。
第一作者简介：郑国强（1972—），博士，副教授，研究方向为城市地理数据处理与分析，E-mail：2919853709@qq.com。

除重复的点和属性缺失的点。对预处理后的数据参照POI数据的分类标准进行重新分类，选取居住用地、公共用地、商业用地、工业用地、交通设施用地、绿地与广场用地[2]6个大类为主要用地类型，根据济南市的城市特点归纳总结出中类和小类，进行分类研究，如表1所示。

表1　城市用地功能分类体系

一级分类	二级分类	三级分类
居住用地	居住区 居委会办公驻地	各类住宅小区、职工宿舍、家属楼
公共用地	医疗卫生 文化体育设施 教育科研 行政办公	医院、诊所、疾控中心 图书馆、博物馆、体育馆 高等院校、职业院校、中小学、科研单位、驾校 政府机构、事业单位、行业协会
商业用地	商业设施	银行、写字楼、餐饮、购物、宾馆
绿地广场用地	风景名胜 公园广场	旅游景区、名胜古迹 公园、城市广场等开放空间
工业用地	工厂企业	工厂、车间、产业园区
交通设施用地	交通服务设施	火车站、汽车站、客流转运站、停车场

济南市2021年道路数据源自Open Street Map（OSM）开放地图平台，数据包括铁路，国道，县道，城市快速路，高速公路，市区一级道路，行人道路等。删除铁路、行人道路等无法围成街区的道路，保留以城市快速路、省道、县道、市区一级道路为主的路网，以此将研究区域划分成若干不规则格网进行研究。

2　主要研究方法

2.1　基于城市路网生成不规则格网

城市路网是城市建设的骨架，对城市发展起到了先导作用。路网的分布能体现城市交通的空间导向特征。以城市路网为基础划分的街区是研究城市功能区的基本的单元，基于城市路网划分功能区，在城市规划方面具有合理性。

获取的路网存在部分悬挂不通的道路和孤立于整个路网的道路，需进行拓扑纠正。纠正后的路网将研究区域划分为1 018个街区地块。

2.2　POI数据赋权

POI数据不包含地理实体的面积，仅表现为一个点，而街区内的建筑物均有一定的占地面积，并且地理实体的占地面积在该街区单元的功能区识别也承担了十分重要的作用。兴趣点需要被赋予权重分值，权重对于混合功能区识别具有重要性[3]。

通过网络社交工具，利用调查问卷的方式，统计济南市民众对本市6种POI一级分类的认知度。认知情况分为4种，分别是“高，中，低，非常低”4个认知等级。此次调查共收集问卷189份，且大部分的受访者为本地市民和济南市的在读大学生。根据地理实体的建筑面积与公众认知度排名[4]，结合济南市城市特点，对POI数据赋予相应权重。按照顺序量分级方法，选取100，75，50，25四个分值等级。

2.3　POI核密度分析

核密度分析用于计算要素在其周围邻域中的密度，展示点要素在空间上的密集程度。核密度分析法基于地理学第一定律，利用核函数计算一定空间范围内的POI的密度，地理学第一定律由Waldo Tobler提出[5]，即在地理分布上，任何事物之间都会与其他事物具有相关性，并且相近的事物关联更紧密。统计实验表明，当带宽（服务半径）确定后，不同的核函数对核密度估计的影响很小[6]，因此在实际工作中，只需要选择满足一定条件的核函数即可。本文采用的核密度函数公式如下：

$$f(x)=\frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n}k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \tag{1}$$

式中，$f(x)$为核密度函数；$k(x-x_i)/h$为核函数；n为已知点数量；h为服务半径；$(x-x_i)$为栅格中心点到已知点的距离。

服务半径的取值为各类POI的可达性距离，根据研究区实际特点以及城市规划领域的标准规范的要求，确定出六大类POI对应的不同的服务半径，如表2所示。

表2　服务半径对应表

一级分类	服务半径/m	具体类型
居住用地	1 000	各类住宅小区、职工宿舍、家属楼
公共用地	2 000	医院、诊所、疾控中心、图书馆、博物馆、体育馆 高等院校、职业院校、中小学、科研单位、驾校、政府机构、事业单位、行业协会
商业用地	1 500	银行、写字楼、餐饮、购物、宾馆
绿地广场用地	2 000	旅游景区、名胜古迹、公园、城市广场等开放空间
工业用地	1 500	工厂、车间、产业园区
交通设施用地	3 000	火车站、汽车站、客流转运站、停车场

2.4　频数密度与类型比例计算

利用ArcGIS10.6空间连接功能，将分类后的POI数据连接到以街区为基本单元的不规则网格中，连接后生成的属性表中的join-count字段可以统计出每个街区落入POI点的总量，根据上文各类POI赋予相应的权重分值，构建频数密度和类型比例算法[6]进行功能区的定量识别。

计算公式如下：

$$F_i = \frac{a_i \times n_i}{\sum_{i=1}^{6} a_i \times n_i} (i = 1, 2, 3..., 6) \quad (2)$$

$$C_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^{6} F_i} \times 100\% (i = 1, 2, 3..., 6) \quad (3)$$

在式（2）、（3）中，i 为类型；n_i 为第 i 类 POI 的个数；a_i 为POI数据中第 i 类 POI 的分值；F_i 为街区内第 i 类 POI 占该街区内所有 POI 的频数密度比例；C_i 为第 i 种一级用地类型的频数密度占街区内所有类型的POI频数密度比例。

在以路网分割形成的基本单元中，当街区内某一种类 C_i 值占总POI密度分值的50%以上时，该街区以此功能为主导功能，街区被识别为单一功能区[7]；如果该区域内的各类POI没有一种能够占到50%以上，则表明该街区有多个功能，选取占比前两名的为主要两种功能，则该区域识别为混合功能区。当该研究单元内没有落入POI时，该街区识别为无数据区。

3 结果与分析

3.1 POI空间密度特征

各类POI在研究区中心位置分布密集，南部区域分布稀疏。济南中心城区东西走向狭长，是典型的条带状城市，因此各类POI的空间分布呈现多个高密度区域，具有多中心特征。政府机关和科研教育的分布在空间上东西走向明显，整体上呈现长条状。居住区主要分布在研究区的东南部，济南的南部主要为山区，环境优美，而济南的东部地势平坦广阔，与章丘形成的一体化发展趋势较为明显。高新区附近工业类POI密度较高，高新技术企业呈现聚集分布，形成一定的规模。

商业用地与居住用地在空间分布密度特征上呈现一定的吻合性，表明商业设施的分布对居住小区具有较强的空间依赖性。在空间分布特征上，商业设施集中在济南老商埠区，与政策因素和历史因素有一定关联。济南是内陆城市，对外经济活动主要依靠铁路运输与高速运输，因此工业用地呈现沿铁路、沿高速路的分布特征。

3.2 城市功能区识别结果

功能区类型数量与占地面积的汇总如表3所示。

将识别结果可视化表达，如图1、2所示。济南市中心城区总面积约523.51 km²。其中，城市单一功能区共728个，面积约为334.59 km²；混合功能区280个，面积约为183.22 km²；无数据区10个。

表3 用地功能分类统计表

用地功能	数量/个	数量占比/%	面积/km²	面积占比/%
居住用地	378	37.13	112.90	21.57
公共用地	149	14.64	30.65	5.85
工业用地	45	4.42	27.27	5.20
商业用地	81	7.96	12.64	2.41
绿地广场用地	54	5.30	140.65	26.88
交通设施用地	21	2.07	10.48	2.00
绿地-居住混合	21	2.07	64.48	12.32
工业-居住混合	22	2.16	23.00	4.39
商业-居住混合	94	9.23	35.06	6.70
公共-居住混合	143	14.04	60.68	11.59
无数据区	10	0.98	5.70	1.09

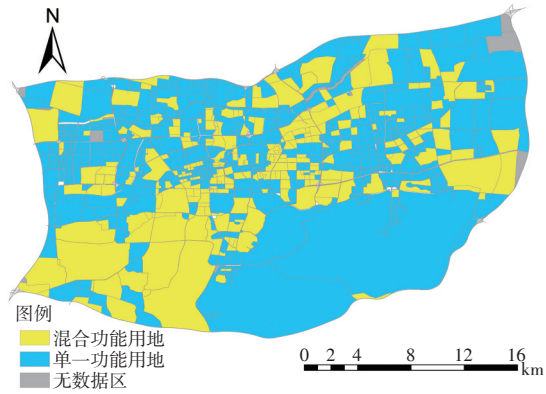


图1 单一用地与混合用地分布图

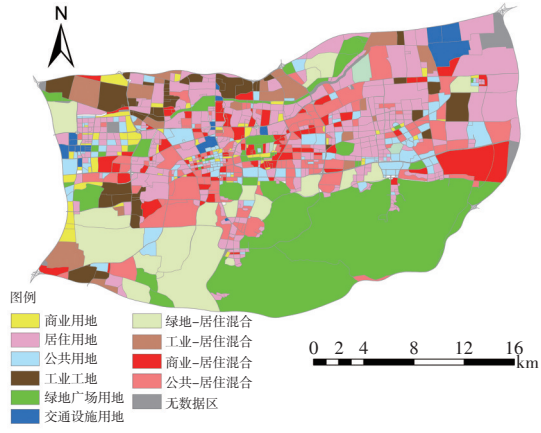


图2 功能用地分布图

单一功能区以居住用地、公共用地和绿地广场居多，分布上存在着一定的空间差异性。其中大面积的居住用地主要分布在中心城区东部，地块数量较多且占地总面积大。为了减少污染，且发挥最大的经济效益，工业区分布在靠近高速公路和铁路的城区边缘地带。城市的绿地与广场主要分布在老城区与南部山区。科研单位、政府机构等公共用地在老城区大明湖附近与高新区龙奥大厦附近呈现聚集分布特征，这与济南市的“东拓”政策导向有一定联系。为了方便城市边缘的功能区与中心城区实现联动发展，单一的功能区大都分布在城

市快速路附近，便于与中心城区的交通连接。

混合功能区主要以居住用地和其他功能区的混合的形式呈现，公共–居住混合和商业–居住混合占比最大。在某个以居民区为中心的街区内与周围各种类型服务设施聚集的混合功能分区较多，这是由于居民区附近一般会有各种配套的生活服务设施，比如小学，幼儿园，超市存在。受地形因素影响，城区南部以山地、丘陵为主，可供大面积建设的土地资源储备不足，导致单一用地数量较少，多以“绿地–居住”混合形式呈现。

3.3　识别精度分析

利用混淆矩阵评价识别精度，真实属性参照济南市高分辨率卫星影像目视结果解译和查询电子地图信息获得，识别属性为利用POI进行功能区识别的结果。受功能区数量的限制，在单一功能区各类地块中随机选取30个样本，混合功能区随机选取20个样本，分别建立混淆矩阵计算总体精度以及Kappa系数，如表4、5所示。Kappa系数的数值反映了分类精度的高低。通常，Kappa系数的取值范围为[0,1]。

表4　单一功能区混淆矩阵表

识别属性	真实属性					
	居住用地	工业用地	公共用地	商业用地	绿地广场	交通设施
居住用地	25	0	1	2	2	0
工业用地	1	25	0	3	0	1
公共用地	2	0	24	1	3	0
商业用地	2	0	1	26	0	1
绿地广场	3	0	0	0	27	0
交通设施	0	0	1	0	0	29

表5　混合功能区混淆矩阵表

识别属性	真实属性			
	绿地–居住	工业–居住	公共–居住	商业–居住
绿地–居住	15	2	1	2
工业–居住	1	14	2	3
公共–居住	1	0	18	1
商业–居住	2	0	1	17

通过计算，单一功能区识别的总体精度为86.67%，Kappa系数为0.84；混合功能区识别的总体精度为80%，Kappa系数为0.73。功能区识别的平均精度为83.34%，平均Kappa系数为0.78。参照一般性Kappa系数分级表，取值为0.61~0.80之间分类精度较高[14]。

4　功能区空间优化对策

济南市在最新一轮城市总体规划中提出了“东拓、西进、南控、北跨、中优”的城市空间发展战略。规划中提出，实施严格控制城市建设用地侵占南部绿地，改善老城区生态环境，构建立体交通网络等措施。在此基础上，中心城区的用地类型结构将进一步的调整与优化。将识别结果与《济南市城市总体规划（2011–2020年）》进行对比，为济南市中心城区的功能区优化提出三点建议与对策：①促进中心城区各功能区的均衡发展；②贯彻现代楼宇与古建筑群融合发展，生态保护与经济建设相互协调的方针；③完善交通设施建设，构建立体交通运输体系。

5　结　论

文章基于POI数据与路网数据，以路网划分研究区域，在街区尺度上进行定量识别，通过对POI数据进行分类和赋予权重分值，运用核密度分析法，频数密度与类型比例法对济南市中心城区功能分区进行计算，得到济南市中心城区单一功能用地与混合功能用地分布图。与《济南市城市总体规划2011–2020》进行对比，得出以下结论：①宏观上看，以商业中心为依托，城市功能区多中心格局初步形成。自西向东以西客站商圈、大明湖商圈和高新万达商圈为中心形成3个商业–居住类型组团式分布格局。②混合功能区主要分布在城区二环路以内的中心地带，单一功能用地环绕混合用地分布，呈现出圈层分布特征。③以POI数据为主的网络大数据在城市功能区识别与空间规划方面具有广阔的应用前景。通过混淆矩阵计算，功能区识别的总体精度可达83.34%，可为城市功能区识别与城市空间规划的科学决策提供新的方法及思路。

参考文献

[1] 毋亭,汤志伟. 基于POI数据的城市功能区划分和识别:以泉州市主城区为例[J]. 辽宁大学学报(自然科学版),2021,48(1):28-37

[2] 张玲. POI的分类标准研究[J]. 测绘通报,2012(10):82-84

[3] 郭亚峰,蓝贵文,范冬林,等. 基于POI数据的城市功能区识别[J]. 桂林理工大学学报,2023(3):1-9

[4] 赵卫锋,李清泉,李必军. 利用城市POI数据提取分层地标[J]. 遥感学报,2011,15(5):973-988

[5] 李小文,曹春香,常超一. 地理学第一定律与时空邻近度的提出[J]. 自然杂志,2007(2):69-71

[6] 黄慧敏,龙嘉露,吴宁邦,等. 基于POI大数据划分与识别城市功能区:以南宁市中心城区为例[J]. 科技资讯,2021,19(14):5

[7] 池娇,焦利民,董婷,等. 基于POI数据的城市功能区定量识别及其可视化[J]. 测绘地理信息,2016,41(2):68-73

[8] 黄亮东. 基于多源POI数据的天津市城市功能区识别与分析[D]. 徐州:中国矿业大学,2019