引文格式：李胜男, 刘亚静. 基于多源数据的城市职能中心与空间结构识别[J]. 地理空间信息, 2023, 21(6): 89-92. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.06.022

基于多源数据的城市职能中心与空间结构识别

李胜男[1]，刘亚静[1*]
（1. 华北理工大学矿业工程学院，河北 唐山 063210）

摘　要：以唐山市为研究区域，将夜间灯光数据、OSM路网数据与5余万条城市热点（POI）数据相结合，通过3种数据综合识别城市主要职能中心，并利用平均最邻近分析、标准差椭圆分析和核密度分析等方法，探究不同类型POI数据的空间分布特征与聚集程度，明确各职能中心的空间分布，对唐山市内部进行精细的识别。结果表明：唐山市内部发展不均衡，路南、路北区的平均灯光和路网聚集程度显著高于其他县区，且为POI主要聚集区域，是城市的主要中心区；唐山市城市热点在空间上存在不均衡分布，存在较强的方向性，在整体上呈现出明显的“多中心—组团式”空间结构，且具有明显的聚集性；各职能中心在空间结构上呈现出明显的聚集式分布，主要集中分布于路南区、路北区两个中心城区，其中生活中心的热点数据聚集度最高，金融中心的热点数据聚集度最低。

关键词：多源数据；职能中心；空间结构；POI；唐山市
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）06-0089-04

Urban Functional Center and Spatial Structure Identification Based on Multi-source Data

LI Shengnan[1], LIU Yajing[1]
(1. College of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, China)

Abstract: Taking Tangshan as the research area, combing the night light data, OSM road network data and more than 50 000 urban hot spot(POI) data, we comprehensively identified the main centers of city, explored the spatial distribution characteristics and aggregation degree of different types of POI data by using the methods of average nearest neighbor analysis, standard deviation ellipse and kernel density analysis, made clear the spatial distribution of each functional center, and made a fine identification of the interior of Tangshan City. The results show that the internal development of Tangshan is uneven. The average lighting and road network aggregation degree of Lunan District and Lubei District are significantly higher than that of other counties and districts, and they are the main gathering area of POI and the main central area of city. Tangshan urban hot spots are unevenly distributed in space and have strong directionality. On the whole, they show an obvious “multi center-cluster” spatial structure and obvious aggregation. The spatial structure of each functional center shows an obvious aggregation distribution, which is mainly concentrated in the two central urban areas of Lunan District and Lubei District. The hot spot data aggregation degree of life center is the highest and that of financial center is the lowest.

Key words: multi-source data, functional center, space structure, POI, Tangshan City

目前，从城市内部根据不同职能类型来探索多中心结构的研究相对较少，并且对于城市多中心的研究大多是单独利用POI数据表征多中心结构，将多源数据进行融合进行相关的研究较少。基于此，本文将城市夜间灯光数据、路网数据和POI大数据相结合，以唐山市为研究范围，识别城市中心区，并且利用核密度分析和平均最邻近分析等方法，通过对不同职能类型POI数据进行分析[1]，探究其聚集程度与各职能中心的空间分布特征，为多中心城市研究提供新的手段与视角，为城市空间规划提供借鉴。

1　研究区域与数据

1.1　研究区概况

唐山市位于河北省东部、华北平原东北部，南邻渤海，北依燕山，毗邻京津，地处渤海湾中心地带，地理坐标为117°31′~119°19′E，38°55′~40°28′N，总面积为13 472 km^2，素有“北方瓷都”之称[2]。唐山市

收稿日期：2021-01-07；修回日期：2023-03-14。
项目来源：河北省自然科学基金资助项目（D2019209598）。
第一作者简介：李胜男（1997—），硕士研究生，主要从事地理信息系统理论与应用方面研究，E-mail：lishengnan1230@163.com。
通信作者：刘亚静（1977—），博士，教授，主要从事地理信息系统理论与应用方面研究，E-mail：lyj2206@163.com。

包括路南区、路北区、丰润区、丰南区、曹妃甸区、古冶区、开平区在内的7个市辖区、遵化市、迁安市、滦州市3个县级市、乐亭县、迁西县、滦南县、玉田县4个县，另外还包括汉沽管理区和芦台经济开发区。

1.2 数据来源及预处理

本文爬取了高德地图POI数据，包括名称、经度、纬度、地址、市县区、类型等12种属性。将导出的原始POI数据经过定义坐标和投影，将重复数据剔除后，共计56 693条POI数据，根据城市的不同功能及高德地图POI分类标准[5]，将得到的POI数据分为以下6大类，见表1。夜间灯光数据作为城市社会经济活动强度的表征之一，可作为城市结构研究的重要数据源[3]。夜间灯光数据可以从侧面反映一个地区的发达程度，灯光影响上亮区和暗区的对比可用于研究人类活动的密集区域。本文所用的夜间灯光数据来源于珞珈一号卫星（http://59.175.109.173:8888/index.html）的2018年合成数据，数据分辨率为130 m，已经将临时灯光、异常值等剔除。路网数据来源于OpenStreetMap平台（https://www.openstreetmap.org/），筛选出唐山市的主要道路。基础行政地图来自全国地理信息资源目录服务系统。

表1 唐山市POI数据分类

POI分类	内容描述	数量/个	比例/%
餐饮购物类	中餐店、自助餐、酒吧、茶楼、超市、商场、服装鞋帽店、文体用品等	28 680	50.59
休闲娱乐类	游乐园、公园、博物馆、电影院、娱乐会所、运动场、健身房、网吧等	3 417	6.03
医疗教育类	诊所、药房、专科医院、综合医院、医疗器械、培训学校、幼儿园、学校、教育中心等	17 979	31.71
金融服务类	银行、保险机构、ATM、投资理财等	931	1.64
商务办公类	写字楼、公司、商务会馆等	1 150	2.03
交通设施类	车站、停车场、公交站等	4 536	8.00
合计		56 693	100

2 研究方法

2.1 核密度分析

核密度（KDE）是计算每个输出栅格像元周围的POI点要素的密度[4]，在POI点所在位置处的表面值最高，随着与点的距离的增大表面值逐渐减小。核密度分析法在城市热点探索方面应用广泛，充分反映了空间位置和距离衰减的规律性[5]。本文利用核密度分析法探索唐山市总体及不同类型的POI数据聚集区，并通过对不同搜索半径下的核密度分析结果进行比较，从而选取最适合本研究的搜索半径[6]。核密度分析表达式如下：

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

式中，$f_n(x)$为x初的核密度估计值；n为研究区域内POI的数量；$x-x_i$为POI样点间的距离；k为核的权重函数；h为带宽，其取值会影响到图像的光滑程度。

2.2 平均最邻近分析

平均最邻近分析是以每个要素与其最近邻的要素之间的平均距离来计算其最近邻指数[7]。通过平均最邻近分析法对每类POI数据进行分析，刻画同类型POI的邻近度，以平均观测距离与预期平均距离的比值R来判断不同类型POI的分布特征。本文利用ArcGIS10.2软件的平均最邻近工具对每类POI数据进行分析。若$R>1$，则此类POI在空间上趋于离散分布；若$R<1$，则此类POI在空间上趋于聚集分布，并且R值越小，聚集程度越高。平均最邻近分析表达式如下：

$$R=\frac{\overline{r_i}}{\overline{r_E}} \tag{2}$$

$$\overline{r_i}=\frac{\sum_{i=1}^{n}d_i}{n} \tag{3}$$

$$\overline{r_E}=\frac{1}{2\sqrt{n/A}} \tag{4}$$

式中，$\overline{r_i}$为平均观测距离；$\overline{r_E}$为预期平均距离；d_i为POI要素与其最邻近要素之间的距离；n为研究区域内POI的数量；A为研究区的面积；R为平均最邻近指数。

2.3 标准差椭圆分析

标准差椭圆（SDE）分析是通过构建标准差椭圆，从椭圆的中心、分布范围、形状及方向等多个角度分析城市热点数据的空间分布特征。标准差椭圆法能同时对空间点数据的方向和分布进行分析，是研究空间点位分布方向和特征的重要方法。

标准差椭圆分析表达式如下：

$$\mathrm{SDE}_x=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{X})^2}{n}} \tag{5}$$

$$\mathrm{SDE}_y=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\overline{Y})^2}{n}} \tag{6}$$

式中，x_i和y_i为POI点i的坐标；$\{\overline{X},\overline{Y}\}$为POI点的

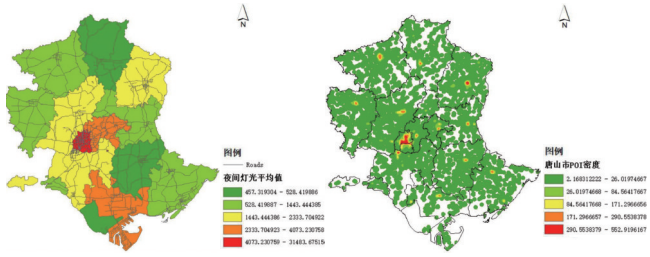
平均中心；n 为研究区域样本总数。

3　结果与分析

3.1　唐山市城市主要中心识别

根据全局空间自相关分析方法，计算唐山市56 693条POI数据的全局莫兰指数为0.862 7，即唐山市城市热点数据在空间上呈现显著的正空间自相关特征性。由图1a分析可知，城市热点要素聚集水平较高、分布相对均匀，唐山市以路南区和路北区2个中心城区为城市主中心，城市POI密度较高，POI个数最高达到553个，这与该地区的经济发展水平较高，人口密集有密切关系，其次是迁安市迁安镇；且唐山市大部分地区的POI数量处在[2，84]之间。以丰南片区（主要为丰南镇）、丰润片区（主要为浭阳街道与燕山路街道）、古冶片区（主要为林西街道）、开平片区（主要为开平镇）、玉田县（无终街道）、遵化镇、迁西县（栗乡街道）、迁安镇、滦州城区、滦南县（倴城镇）、乐亭县（乐安街道）和曹妃甸片区（主要为唐海镇）为副中心的多中心城市结构明显，并且呈现出明显的“多中心—组团式”空间分布模式，沿海地区的设施发展有待提高。

通过ArcGIS10.2平台构建唐山市各县区平均夜间灯光指数（average nighttime light index，ANLI），并利用自然断点法将夜间灯光平均值划分为5级。由图1b分析可知，唐山市内部发展不均衡，灯光指数由中间地区向四周逐渐降低，夜间灯光均值最高地区为路北区31 483.68，其次为路南区，夜间灯光均值为31 047.63。其中西南部县区的灯光高于其他县区，东南部、北部县区的灯光偏低，最低为迁西县457.32。唐山市路南区和路北区的平均灯光均相对较高，且路网较为密集，是城市的主要中心区；其次是开平区、古冶区和曹妃甸区，而滦南县和迁西县最低。



a 唐山市POI核密度分析图　　b 唐山市夜间灯光分布图

图1　唐山市城市中心分析图

3.2　不同职能城市中心分布特征

不同类型的城市热点数据在空间布局上存在差异，使得不同职能类型的城市中心在空间分布上也存在差异。结合唐山市不同类型的POI数据，识别不同职能城市中心：餐饮服务类城市热点数据识别城市生活中心；金融服务类城市热点数据识别城市金融中心；医疗教育类和交通设施类城市热点数据识别城市公共服务中心；休闲娱乐类城市热点数据识别城市休闲娱乐中心；商务办公类城市热点数据识别城市商务。通过标准差椭圆法分析唐山市不同职能类型POI数据的空间分布方向及趋势。由图2分析可知，各类型城市热点数据主要分布在路北区、路南区、开平区、古冶区、丰润区以及丰南区大部分，且交通设施类的热点数据分析结果近似于圆形，说明该类数据的方向性不明显，其他城市热点数据均呈现出了明显的“西北-东南”的方向偏离，特别是金融服务类热点数据方向性最强，另外餐饮购物类的方向偏离程度最大。

本文基于城市的尺度来探究不同类型的城市中心分布，通过对不同搜索半径下的核密度分析结果进行比较，选取搜索半径为1 500 m的模型参数作进一步

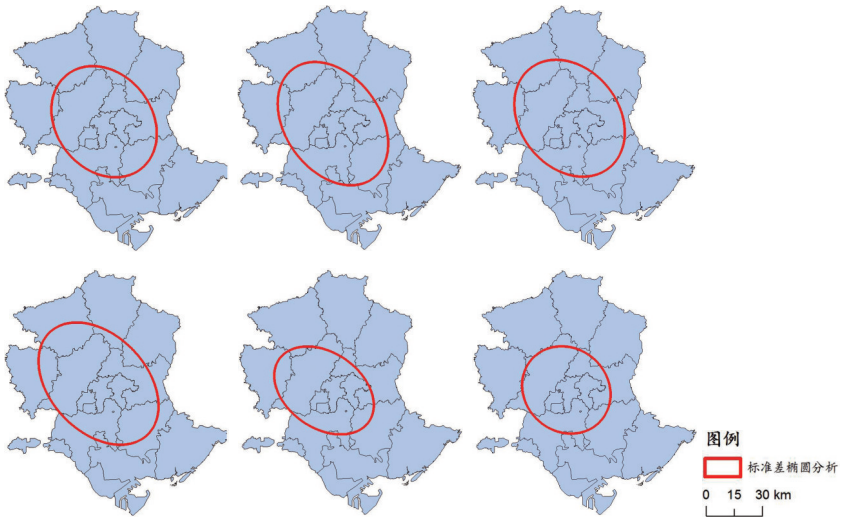


图2　各类型POI标准差椭圆分析结果

表2 唐山市不同类型POI平均最邻近分析结果

POI类型	数量/个	比例/%	最邻近指数（R）	平均距离（$\overline{r_i}$）/m	P值	分布特征
餐饮购物类	28 680	50.59	0.148 9	51.06	0.00	强烈聚集
休闲娱乐类	3 417	6.03	0.310 0	402.62	0.00	一般聚集
医疗教育类	17 979	31.71	0.236 3	123.11	0.00	比较聚集
金融服务类	931	1.64	0.403 8	920.46	0.00	一般聚集
商务办公类	1 150	2.03	0.267 5	498.48	0.00	比较聚集
交通设施类	4 536	8.00	0.250 0	250.91	0.00	比较聚集

分析，并利用自然断点分类法对核密度分析结果进行分类，分析不同职能类型POI数据的高、中、低聚集区。通过平均最邻近分析法对每类POI数据进行分析，刻画同类POI的邻近度，分析其分散程度。

不同类型的POI数据特征各有不同[8]：从唐山市POI的构成比重来看（表1），餐饮购物类的热点数据占比最高，占总数据的50.59%；医疗教育类次之，占总量的31.71%；金融服务类占比最小，仅占全部数据的1.64%。结合各类POI数据最邻近分析结果（表2）及核密度分析结果，可以看出在空间聚集程度上，餐饮购物类的热点数据聚集度最高，R值为0.148 9，主要分布于路南区和路北区2个中心城区，在丰润镇、玉田县无终街道、遵化镇和迁安镇形成少量的聚集点，且呈向四周散射状分布。由医疗教育与交通设施类的核密度分析结果可知，城市公共服务中心主要聚集于路南区和路北区，主要原因在于路南、路北区经济发展水平较高，并且包括唐山市的CBD中心，人流量大，交通发达。空间分布最为分散的是金融服务类POI，R值为0.403 8，主要分布于路南区、路北区、丰南钱营镇和丰南镇、丰润韩城镇和丰润镇、古冶林西街道、玉田鸦鸿桥镇和玉田镇、遵化城区和堡子店镇、迁安镇、滦州城区、滦南倴城镇、乐亭县城和唐海镇。通过平均最邻近分析可将这6类城市热点数据按聚集程度划分为强烈聚集型中心，为生活中心；比较聚集型中心，包括公共服务中心、休闲娱乐中心和商务中心；一般聚集型中心，为金融中心。从平均最邻近距离来看，餐饮购物类POI的平均观测距离为51.06 m，这与该类型城市中心的职能有着密切的联系，因生活中心主要为居民生活提供所必需的事物，便利性要最高；邻近距离最长的为金融中心，平均观测距离为951.18 m，便利性最差[9]。

由以上分析可以看出，城市热点数据在空间聚集度上，各职能中心的聚集点多分布于路南区、路北区两个中心城区和丰南片区、开平片区，这几个地区构成了唐山市的主要核心区。

4 结 语

城市热点数据易受人口密度、交通可达性、城市规划和城市建设用地扩张等因素的影响，本文基于城市热点数据，利用平均最邻近分析、核密度分析和标准差椭圆分析等方法，分职能类型识别城市中心，探讨不同职能类型POI的空间分布结构。根据不同类型POI数据的空间分布特征与聚集程度，识别唐山市包括生活中心、金融中心、公共服务中心、休闲娱乐中心、商务中心在内的6类不同职能城市中心的聚集程度与空间分布特征，总体来看，唐山市职能体系较为完善，从不同职能类型中心的空间分布来看，功能疏散下的“多中心—组团式”空间结构，将成为唐山今后发展的主要空间演替模式，并且以主城区为中部发展核心，以沿海地区为发展带的发展趋势需要继续增强。

参考文献

[1] 吴先赋,李永树,王金明,等. 基于POI数据的成都市区生活设施空间格局分析[J]. 测绘地理信息,2019,44(3): 122-126

[2] 史有瑜,柴瑞,王爱军,等. 唐山市人居环境气候舒适度评价及其变化特征[J]. 湖北农业科学,2020,59(15): 75-79

[3] 罗庆,李小建. 基于VIIRS夜间灯光的中国城市中心的分异特征及其影响因素[J]. 地理研究,2019,38(1): 155-166

[4] 吴启倩,钱乐祥,吴志峰. 基于多源数据的特大城市空间结构识别及空间形态研究[J]. 地理信息世界,2020,27(5): 32-38

[5] 宋程,陈嘉超,李彩霞,等. 基于大数据的城市活力区和中心城区边界识别:以广州市为例[J]. 城市交通,2020,18(4): 71-78

[6] 段亚明. 山地城市与平原城市多中心结构比较研究[D]. 重庆:西南大学, 2019

[7] 廖嘉妍,张景秋. 基于POI数据的北京城市文化设施空间分布特征研究[J]. 北京联合大学学报,2020,34(1): 23-33

[8] 刘畅,孙彩歌,樊风雷. 基于多源数据的拉萨旅游空间结构分析[J]. 地理空间信息,2020,18(8): 25-30

[9] 刘勇,李伟. 基于POI数据的西安市商业空间分布和商业中心识别[J]. 城市建筑,2020,17(6): 15-18