

引用格式:周琦,高长春.城市创意产业空间动态集聚演化的计算与可视优化方法[J].地球信息科学学报,2020,22(5):1033-1048. [Zhou Q, Gao C C. The calculation and visual optimization method of spatial dynamic agglomeration evolution of urban creative industries[J]. Journal of Geo-information Science, 2020,22(5):1033-1048. ] DOI:10.12082/dqxkx.2020.190661

# 城市创意产业空间动态集聚演化的计算与可视优化方法

周琦,高长春\*

东华大学旭日工商管理学院,上海 200051

## The Calculation and Visual Optimization Method of Spatial Dynamic Agglomeration Evolution of Urban Creative Industries

ZHOU Qi, GAO Changchun\*

Donghua University, Sunrise School of Business Administration, Shanghai 200051, China

**Abstract:** Analysis of the urban creative industry's image visualization based on the perspective of human geography is of great significance for the integration between urban deep space and regional innovation development. However, the intelligent dynamic spatiotemporal modeling of Swarm groups is insufficient in meeting the visual development of the spatial clustering of creative industries. This study aims to provide a basis for decision-making within city management. Starting from the influencing factors of spatial clustering of creative industries in urban areas, a novel process of density-based interest spatial clustering of path (DBICP) is proposed together with a computer browser to aggregate visual images. First, according to the indicator system of influencing factors, and through the space bayonet traffic data and industry indicator data during 2014 to 2018, preprocessing is performed for constructing a spatial standard clustering algorithm: The density-based spatial clustering of applications with noise. Second, a hierarchical optimization of clustering density is performed to develop a new DBICP algorithm and obtain a preliminary trajectory image. Finally, using source code translation, the output of spatially-aggregated trajectory images under the browser interface is completed. Through the selection of 7 creative spatial indicators, the selection of more than 4000 points of interest, 2 groups algorithm tests, data of 3 groups bubble-set preliminary planning, 3 sets of Canvas dynamic simulation sequential planning, and E-charts spatial dynamic partial planning are accomplished. The average moving trajectory distance is 4.88 km, the regional agglomeration degree is 0.84, and the dynamic agglomeration evaluation index is 5.01. The results of the process as applied to the sample city of Shanghai show that three different clustering patterns have been formed in the spatial distribution of creative industries in Putuo District, Pudong New District, and Xuhui District, thus evidencing the control response strategy of allocation, uniform distribution, and siphon. The vector clustering image generated by the method proposed in this paper can explore the clustering characteristics of smart dynamic activities of the urban big data in the future and can also effectively solve practical urban problems,

收稿日期:2019-11-05;修回日期:2020-03-17.

基金项目:国家自然科学基金面上项目(71874027)。 [ **Foundation item:** National Science Foundation of China, No.71874027. ]

作者简介:周琦(1983—),男,博士生,主要从事城市创意产业组织管理、城市区域发展研究。E-mail: qiweekend@163.com

\*通讯作者:高长春(1964—),男,博士,教授,博导,主要从事城市创意产业研究、宏观经济政策研究、城市产业创新决策分析。

E-mail: gcc369@dhu.edu.cn

such as business clustering graphical measurement and community traffic image survey, and provide relevant technical support and research means for the large-scale spatial dynamic clustering supervision of urban geography. The method overcomes the lack of clustering classification and trajectory measurement in traditional images, effectively finding clustering information of image trajectories from the index data. This in turn embodies the interdisciplinary integration of geographic and sociological information, thus providing a clustering method.

**Key words:** urban creative industry; indicators of influencing factors; clustering algorithm; DBICP dynamic modeling; linear trajectory; visualized image; Shanghai municipality; regulatory strategy

\*Corresponding author: GAO Changcun, E-mail: qiweekend@163.com

**摘要:**基于人文地理视角下的城市创意产业图像可视化分析对城市深层次空间综合和区域创新发展具有重大意义。但Swarm群智能动态时空建模难以满足创意产业空间集聚的可视化发展。本文研究目标是,从城市区域创意产业空间聚类影响因素指标出发,创新性地提出区域空间动态集聚轨迹算法(Density-Based Interest Spatial Clustering of Path, DBICP),并与计算机浏览器共建聚类可视化图像,为城市管理提供决策依据。首先,根据影响因素指标体系,利用2014—2018年空间卡口流量数据和产业指标数据进行预处理,构建空间标准聚类算法DBSCAN。然后,对其进行聚类密度分级优化形成全新DBICP算法并得出初步轨迹图像。最后,通过源码转译实现了浏览器界面下空间动态集聚轨迹图像的输出。结果表明:以上海市为例,普陀区、浦东新区、徐汇地区的创意产业空间分布形成了3种不同的聚类模式,并相应提出了分摊、均布、虹吸的管控策略。此方法克服了传统图像的聚类分级和轨迹测量的缺失,可以有效地从指标数据中发现图像轨迹聚类信息,体现了地理信息科学和人文社会学科的交叉融合。也为大数据动态图像的集聚方法提供了全新视角和借鉴价值。

**关键词:**城市创意产业;影响因素指标;聚类算法;DBICP动态建模;线性轨迹;可视化图像;上海市;管控策略

## 1 引言

随着全球科技进步和区域一体化的发展,创意产业的空间聚集性分析对城市地理深层次空间构建和区域创新发展具有重要价值。城市创意产业空间既是新型产业的发源地,也是新兴文化产业区的聚集区,还是一种复合型产业空间载体。它包括但不限于时尚工业、潮流文化、资讯科技、设计传媒等类型<sup>[1]</sup>。伴随着大数据可视化的应用,创意产业空间集聚的研究与影响因素、算法模拟、可视图像日渐紧密。本文的研究目的是,基于空间人文学及社会科学框架下,对创意产业空间聚类进行算法优化并形成可视图像,有利于判定区域热点集聚、改善城市空间结构、从而提升城市管理水平。

当前,大数据可视化预测主要以群智能统计聚类方法和Swarm插件形式支持,并将机会网络引用到数据传输过程中。近几年对空间聚类的分级研究表明,应先基于Matlab进行预测与建模,再与动态可视化浏览器联合,最后形成全面的轨迹图像<sup>[2]</sup>。因此,本文的解决思路是在人文地理框架内建立指标体系,再将聚类算法与轨迹算法进行综合,用浏览器代码交互进行动态大数据制图可视化。研究内容侧重于方法概述和图像解析。

从人文地理的创意产业方向看,国内外学者关

于文化创意集聚的时空分布研究不断推陈出新。吴丹丹等<sup>[3]</sup>利用标准差椭圆、核密度和平均最近邻距离方法探究杭州市文化创意产业集聚特征与时空格局变化,并与热点图像相结合。戴俊骋等<sup>[4]</sup>利用新的“规模—效率”二维框架分析得到中国创意文化产业整体呈现东部规模与效率具有全面优势。何金廖等<sup>[5]</sup>利用近期大数据三维图像对城市创意空间集聚系统进行动态识别。国外学者则围绕着空间集聚与影响因素的关系等方面展开,例如Caves<sup>[6]</sup>和Heur<sup>[7]</sup>在城市区域范围内,得出文化创意产业在地理空间上通常表现为集聚性、影响性和驱动性。Florida<sup>[8]</sup>和Scott<sup>[9]</sup>提出“创意场域”假说,以影响因素为主线解析文化创意产业的空间集聚。由此可见,以上文献虽然研究了创意产业影响因素指标的时空分布特征,但对其轨迹测量的识别还有待深入研究。

近年来,基于城市空间可视技术和数据图形展示领域有了显著突破。在空间集聚建模方面,孙国道等<sup>[10]</sup>利用道路卡口数据和城市ICP数据,通过DBSCAN聚类算法模型,用Bubbleset可视化展示不同的功能区块以及人群移动。王子毅等<sup>[11]</sup>优化了空间集聚下需求交互的可视化DRILLDOWN模型。屈华平等<sup>[12]</sup>根据空间拓展交互的流水线模型,得出空间感知数据的挖掘规律。宁安良<sup>[13]</sup>优化了

空间集聚可视化回路模型,使空间交互的准确性提升。郑幸源等<sup>[14]</sup>通过空间转换模型实现了可视化多层次数据钻取和不同图表间的动态跳转。以上空间可视化研究注重模型的数据表达及分配方式,但对空间模型算法的数据筛选及交互语言的内在关联并未过多涉及。

在动态图形技术方面,关于组件交互、可视技术、图像拓展、多场景识别等的可视性研究愈发深化。宋佳慧等<sup>[15]</sup>使用E-charts技术和Ajax技术,解决了大数据和空间集聚多场景下的交互组件选择问题和图形运行速度问题。吕弘等<sup>[16]</sup>通过E-charts图形可视技术,进行了空间图像拓展尝试。Li等<sup>[17]</sup>基于新互联网核心语言HTML 5的推广,通过Canvas实现了动态图形绘制。冀潇等<sup>[18]</sup>根据数控系统,实现了城市可视图形的异步编程策略。王文豪等<sup>[19]</sup>基于改进中值滤波方法并借鉴BDND的移动判别使图像轨迹得到强化。杨智尧等<sup>[20]</sup>使用开源操作系统Linux,基于动态图像拼接实现了扩展运动的目标检测。刘可佳等<sup>[21]</sup>基于细节图像素灰度值变化规律统计的优化模型,解决了群动态红外图像细节增强与降噪问题。以上图像的研究方法对本文的启发较大,但对城市创意产业区聚类空间层面的结合性较少。

综上所述,在城市区域发展研究层面,现有的空间动态可视聚类技术研究往往是通过一定的智能算法和浏览器编程机制,实现个体的空间轨迹和随机路径实现区域热点集聚,但动态时空建模没有升级,也没有对城市指标选取、聚类强度分级、数据可视渲染形成系统性关联。本文以城市文化创意产业空间区域中个体形成的聚类轨迹为研究对象,以优化集聚、动态轨迹、可视图象为研究策略。首先,基于城市创意产业影响指标体系下的数据动态进行算法优化,产生DBICP算法(Density-Based Interest Spatial Clustering of Path, DBICP),其次进行后台代码转译,基于Canvas、E-charts等浏览器策略,最终形成城市创意产业区动态集聚可视化图像。以期进一步提高城市动态集聚区域的图景输出效率及准确性,保证城市地理计算与城市画像的体系性和综合性。

## 2 DBICP群动态集聚建模

### 2.1 方法概述

首先通过改进的DBSCAN算法,实现了城市空

间区域密度类和熵类集聚。其次根据个体携带的创意指标,基于空间偏移策略得到区域间的线性轨迹图,进一步检验城市创意产业空间聚类变化趋势。最后运用计算机编码对DBICP算法代码进行后台转译交互,在Canvas容器中实现3D动态模拟,利用E-charts进行可视化图像表现。本文总体流程如图1所示。

本文构建的DBICP算法是一种创意产业空间聚类的综合评估方法,包括动态集聚算法与动态轨迹算法。其中,动态集聚算法是对空间聚类的密度算法进行修正、动态轨迹算法是对空间轨迹算法进行优化,最后综合2种算法对空间集聚进行可视化展现。

以上海市为例,首先以普陀区、徐汇区、浦东新区的POI(Point of Interest, POI)卡口数据作为基础,以特征向量的相似阈值为依据,划定集聚区域。其次,除了系统地显示空间集聚的地理视图,其他的影响因素的指标按空间轨迹算法进行训练,得到了集聚区域间的初步可视图像。综上,空间聚类DBICP方法的整体流程分为:

- (1)在目标区域中选取空间卡口,以影响因素指标中流量数据和面板数据为基础进行初始测算。
- (2)运用DBSCAN密度类算法,在目标区域内形成多个初始组团集合,并进行降噪处理。

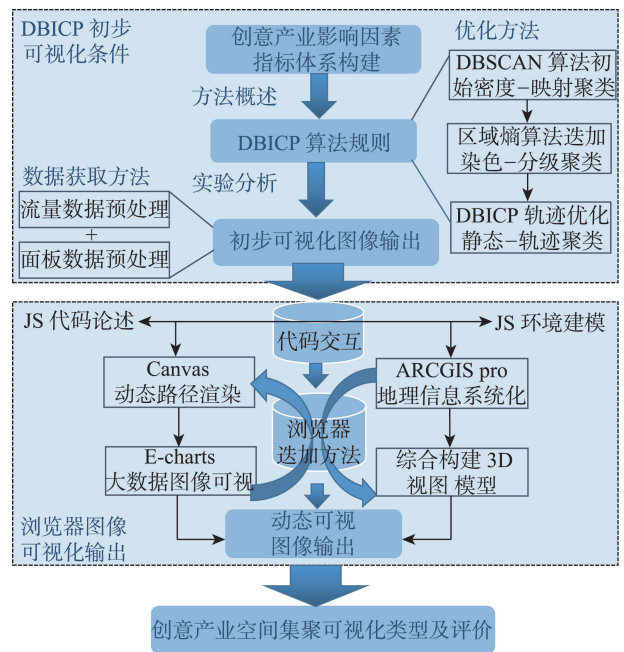


图1 城市创意产业区动态集聚DBICP图像可视总体流程  
Fig. 1 Visual flow chart of dynamic clustering DBICP image in urban creative industry zone

(3)运用熵值算法,对初始组团进行筛选、分级,形成簇类。

(4)运用轨迹算法,对多个簇群进行空间线性轨迹关联,形成可视图像。算法流程如图2所示。

### 2.2 创意产业动态聚类影响因素指标构建

Lan-desberger<sup>[22]</sup>和 Andrienko<sup>[23-24]</sup>提出了将城市创意产业区空间集聚的各种影响因素视为综合聚类指标。虽然分类处理不同的类型数据太复杂<sup>[25]</sup>,但本文认为该理论恰当考虑了人文地理、社会学与空间动态集聚的交叉结合,且综合指标选取的算法优化比单一数据的训练结果更加准确。故按此思路对影响因素进行遴选。影响因素获取来源2大途径:①文献及研究;②调研及访谈。然后采用扎根理论(Grounded Theory)<sup>[26]</sup>方法进行归纳。

城市创意产业空间聚类影响因素指标借鉴了同

领域的文献。①创意企业、租金指标。根据褚岚翔和黄丽<sup>[27]</sup>对企业数量、租金水平进行了对数值研究,发现以上2种因素与空间集聚发生显著关联。②空间投资、交通指标。张祥建<sup>[28]</sup>发现投资需求、交通作用对空间集聚起到显著的促进作用。③教育指标。刘磊<sup>[29]</sup>研究表明,市场经济背景下科学与公众的教育产业创新发展的基础与空间集聚性具有相关黏性。④零售产值指标。根据吴秉坚<sup>[30]</sup>的研究,创意产业区消费品零售总额作时间序列分析,建立AR模型进行趋势预测得出,零售产值指标是构成创意产业空间集聚的重要影响因素之一。⑤创意消费指标。根据 Moore J<sup>[31]</sup>的实证研究发现,消费因素符合对空间集聚的调节变量的产业逻辑衍生。以上5项均经过质性研究的二次过滤。表1中把创意产业区空间集聚效应之间相互作用分为Q1—Q7共7项指标,构建了城市创意产业区空间集聚的影响因素指标集合。

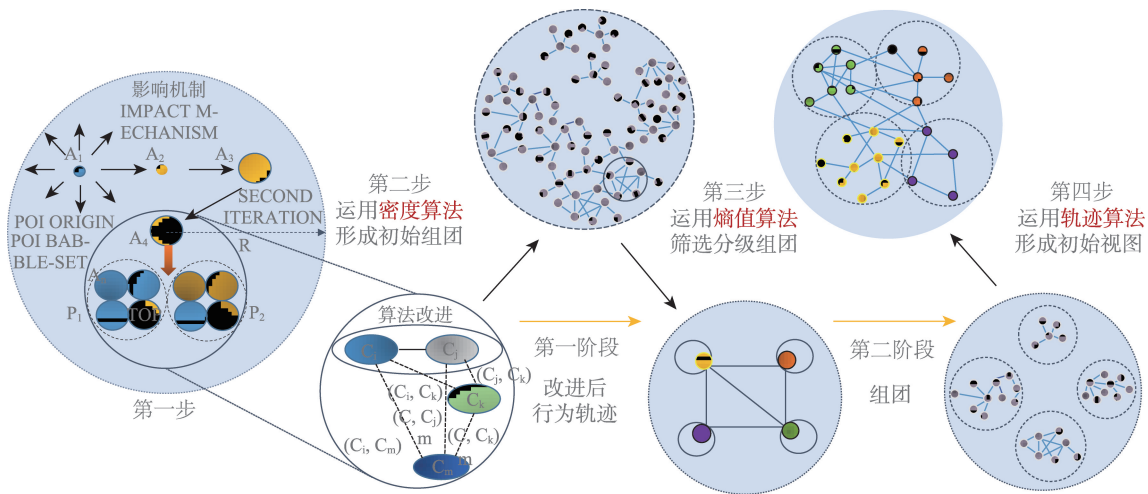


图2 城市创意产业区动态集聚DBICP算法流程

Fig. 2 Visual flow chart of dynamic clustering DBICP image in urban creative industry zone

表1 基于城市创意产业区空间动态集聚的关键影响因素指标集合

Tab. 1 Index set of key influencing factors based on spatial dynamic agglomeration of Urban Creative Industry Zone

主范畴与核心范畴关系因素	符号属性	指标说明
Q1 投资需求因素	Investment	当前投资环境的总需求量,随企业组织创新行为而改变
Q2 企业数量因素	Number of enterprises	该模型中考虑的各创意产业区内企业的迁徙数目
Q3 租金水平因素	Rent	租赁办公空间需要的资金
Q4 交通车辆因素	transportation	随着创意园核心区域辐射半径车流量变化而变化
Q5 教育水平因素	Education	随着创意园区内企业技术教育水平的变化而变化
Q6 消费要求因素	Consumption	随着创意园区内消费客群水平的变化而变化
Q7 零售产值因素	Retail outp value	随着创意园区内总体财政支持水平的变化而变化

注:限于篇幅,未给出扎根理论的分析过程,如有需要可向作者索取。这些指标根据数据的类型分为2部分,其中交通工具流量数据为动态数据,需进行地理信息途径获取;其余6项为静态数据,需从文献、报告、网络中获取。

### 2.3 DBICP算法规则方法

#### 2.3.1 DBSCAN聚类算法初始化

DBSCAN是基于区域邻域来描述样本集聚的紧密程度,其显著优点是聚类速度快且能够有效地处理噪声点和发现任意形状的空间聚类。参数( $\epsilon$ ,  $MinPts$ )表示邻域的样本分布紧密程度。其中, $\epsilon$ 表示某一样本的邻域距离阈值, $MinPts$ 表示某一样本在其距离 $\epsilon$ 的邻域内的样本最少个数。

设样本集是  $D=\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ , 其中  $x_m$  是采集的样本,此处是卡口数据。则DBSCAN的密度定义如下:

(1) $\epsilon$ -邻域:取  $x_j \in D$ , 以  $x_j$  为中心,以  $\epsilon$  为半径的一个范围。在  $D$  中所有到  $x_j$  的距离小于或等于  $\epsilon$  的样本点的集合,即  $N_\epsilon(x_j) = \{x_i \in D \mid \text{distance}(x_i, x_j) \leq \epsilon\}$ ,子样本集的样本点个数为  $|N_\epsilon(x_j)|$ 。

(2)核心对象:对任意  $x_j \in D$ ,若  $x_j$  的  $\epsilon$ -邻域对应的  $N_\epsilon(x_j)$  不少于  $MinPts$  个样本,即若  $|N_\epsilon(x_j)| \geq MinPts$ ,则  $x_j$  是核心对象。

(3)密度直达:如果  $x_j \in D$  是核心对象,那么对于任意  $x_i \in N_\epsilon(x_j)$ ,有  $x_i$  是由  $x_j$  密度直达。反之则不一定成立( $x_i$  也是核心对象除外)。

(4)密度可达:存在样本序列  $p_1, p_2, \dots, p_l$ , 若存在  $x_i, x_j \in D$  且  $p_1 = x_i, p_l = x_j$ , 使  $p_{i+1}$  由  $p_i$  密度直达,则可构成  $x_j$  由  $x_i$  密度可达。由此可见,密度可达具有传递性。又由于能够让除自身外的样本密度直达自身的样本只能是核心对象,因此  $p_1, p_2, \dots, p_{l-1}$  均为核心对象。同时也可看出由于密度直达的不对称性,密度可达也是不对称的。

(5)密度相连:取  $x_i, x_j \in D$ , 若在  $x_i$  与  $x_j$  之间存在  $x_k \in D$ , 同时满足  $x_i$  由  $x_k$  密度可达和  $x_j$  由  $x_k$  密度可达这两条件,则称  $x_i$  和  $x_j$  密度相连。

利用关键卡口进行集聚初始定位,对数据进行

了提取操作,区域间的集聚组团呈现出明显的离散性。比如,图3(a)—(c)为DBSCAN算法在浦东新区、普陀区和徐汇区的初始聚类图。

从图3可以得知,虽然从集聚的节点可以初步判定是有效的,但是集聚的程度表达不清楚,难以挖掘空间集聚模式背后的意图、语义信息及对可视性。所以要对此算法进行改良。

#### 2.3.2 DBSCAN算法改进

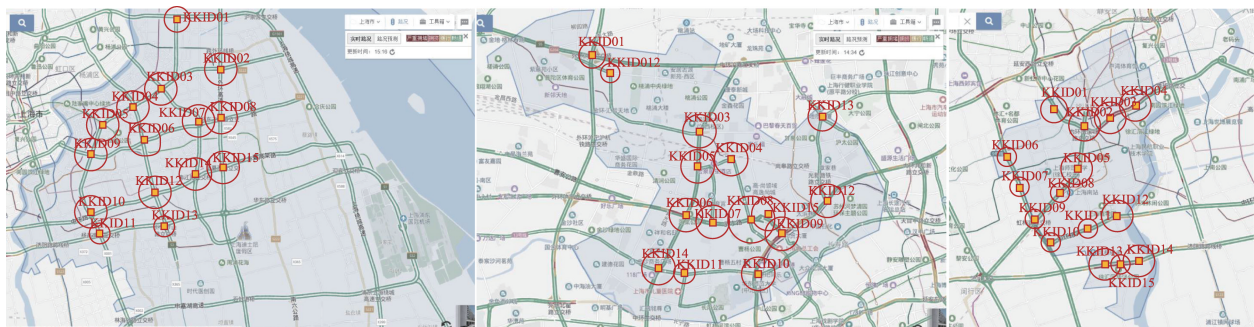
传统DBSCAN算法的聚类过程可以由其中的任何核心对象确定,假设满足核心条件的数据对象  $p$ , 样本集  $D$  中所有从  $p$  密度可达的数据对象  $o$  所组成的集合构成了一个完整的聚类  $C$ , 且  $p \in C$ 。遍历完所有聚类  $C$  后,寻找新的  $p \notin C$  进行聚类,形成新的聚类集合,直到遍历完所有点。

但此算法仅仅将空间点密度进行聚类分类,为使具有相似周边环境的卡口聚为一类,不能使邻近区域的以功能相似性划分空间也进行集聚,故本节改进了DBSCAN算法,不仅将距离卡口  $p$  较近距离(此距离用  $a$  表示)的点与  $p$  聚为一类,还将距离卡口  $p$  范围在  $[a, b]$  的卡口,且和卡口  $p$  的特征向量的相似度满足一定阈值的聚为同一簇。本文中相似度使用的是欧氏距离,用变量  $s$  表示。

改进的DBSCAN框架由4个不同的阶段组成:数据分区、映射、缩减、合并标记。首先,按照最小化的边界点进行分区,划分输入数据。其次,使用密度进行分割,独立地集聚所获得的分区,以获得不同密度的聚类。再次,合并存在于不同分区中的簇以获得全局聚类。最后,在区域范围内整合全局聚类,形成初始可视化。

##### (1)分区阶段

改进的DBSCAN使用PRBP(Partition with Reduce Boundary Points)分区将数据划分为若干个小



(a) 浦东新区初始聚类结果

(b) 普陀区初始聚类结果

(c) 徐汇区初始聚类结果

图3 DBSCAN空间聚类算法提取

Fig. 3 Extraction results of DBSCAN algorithms

分区,这些分区可以由集群中的单个节点处理。对数据进行分区,使得2个相邻的分区共享公共区域,该区域称为分割区域。位于分割区域中的点称为边界点,其有助于识别存在于2个相邻分区中的连接簇。PRBP主要关注最小化边界点。它的工作原理是将每个维度划分为相等宽度的切片,然后计算每个切片中的数据分布。此外,选择具有最小点的切片以将数据划分为几个大的集聚分区。通过递归地拆分数据空间,直到分区大小适合节点的内存。使用PRBP作为DBSCAN的数据分区算法,其直觉是减少边界点数量将减少合并时间以及映射时间,提高执行效率。

(2)映射阶段

在映射阶段,每一个映射器都要读取到完整的分区数据。此外,根据分区中存在的数据点的统计特征,找到不同的密度聚类,进行密度划分,相似密度的点归于同一个密度集合。基于K阶距离,数据被划分成了不同的密度集合,K值的选择范围一般在3~10。对于每一个在K阶集合内的点 $p_i$ 和 $p_j$ ,通过下式来计算相应的密度:

$$Den Var(p_i, p_j) = \frac{|kdist(p_j, k) - kdist(p_i, k)|}{kdist(p_i, k)} \quad (1)$$

式中: $kdist(p, k)$ 是 $p_i$ 点到 $p_j$ 点的第K阶最近邻域的距离。在DenVar的集合中的值大于阈值的 $\tau$ 时,将点分离出来,并将与这些分离出的点放入单独的集合中。阈值的值 $\tau$ 使用如下的计算公式:

$$\tau = E(Den Var list) + \omega \cdot SD(Den Var list) \quad (2)$$

式中: $E$ 是数学期望; $\omega$ 是调和系数; $SD$ 是标准偏差; $\omega$ 的取值范围是(0,3),DenVarlist是集合的密度序列。

$$\varepsilon_i = \max kdist(DLS_i) \cdot \sqrt{\frac{mediankdist(DLS_i)}{meankdist(DLS_i)}} \quad (3)$$

式中: $maxkdist$ ,  $mediankdist$ 和 $meankdist$ 分别是样本距离序列中的最大值、中位数和平均数。DBSCAN后得到的聚类结果分为2个区域:边界区域和局部区域。边界区域的聚类结果用于合并相邻分区中存在的相似密度聚类。边界区域的结果以数对的形式传递给下一步。

(3)缩减阶段

缩减阶段从相邻分区中查找聚类对,在下一阶段进行合并缩减阶段从映射阶段收集边界点,并从不同分区收集具有相同点索引的所有点。具有相同点索引的点在同一减速模式下执行。基于边界点值,缩减阶段决定是否可以合并共享边界点的2

个聚类。但是,最终合并将在合并阶段进行。

(4)合并阶段

合并阶段合并由缩减阶段合并的集合,以识别跨越多个分区的集群。数据由减缩阶段写入。输出一组合并之后的集合,每一个集合表示合并的集群列表。合并阶段需要进一步标识可以合并的边界点,通过不断的迭代合并,生成最终的合并聚类。如图4所示。

根据以上改进规则,本文取 $a=0.5 \text{ km}$ ,  $b=1 \text{ km}$ ,  $n=1$ ,  $s=0.2$ ,这种改进方法,不仅将距离较近的卡口数据聚类在一起,而且将距离较远、但周围环境相似的卡口也聚在一起。采用默认的集聚参数设定阈值为0.5。1个气泡(Bubble)表示1个簇,正方形表示卡口位置,以提高聚类的效果。如图5(a)为同样参数下没有改进的DBSCAN算法,图5(b)为改进后的DBICP算法得出的聚类可视效果图。

2.3.3 熵值算法修正

本节根据各卡口的车流量数据计算卡口的区域熵,通过区域熵的值级来表征卡口所在区域的交通车辆情况。在集合 $a_j = \{p_{j1}, p_{j2}, p_{j3}, p_{j4}\}$ 中, $p_{j1}, p_{j2}, p_{j3}, p_{j4}$ 分别代表卡口4个不同方向的车流量, $j$ 是代表的第 $j$ 个卡口。对于任意集群 $C$ , $C$ 中包含的元素 $C = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ , $m$ 表示集群内卡口数目。对于区域的熵值,计算公式如下,

$$S = - \sum_{j=1}^n p_j \log p_j \quad (4)$$

其中,

$$p_j = \frac{a_j}{a_1 + a_2 + \dots + a_m} \quad (5)$$

$$a_j = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 x_{ij} \quad (6)$$

熵值是信息多样性的一种描述,区域熵值越

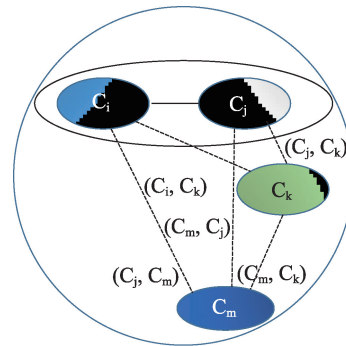


图4 DBICP算法空间聚类合并策略  
Fig. 4 Spatial Clustering and Merging Strategy of DBICP Algorithms

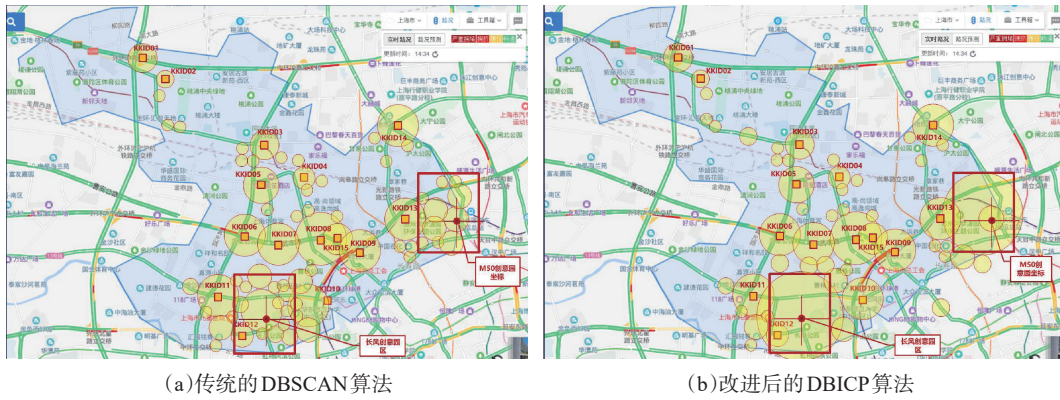


图5 DBICP算法改进前后聚类效果比较(仅以普陀区域为例)

Fig. 5 Comparison of clustering effect before and after improvement of DBICP algorithm (Putuo District, Shanghai)

高,说明此区域城市创意产业空间集聚越丰富<sup>[32]</sup>。本节将熵值高的区域,映射为橘红色;反之,映射为淡紫色。区域内周围熵值偏低,说明周边创产集聚偏少,而市中心则创产集聚较为完善。如图6所示。

DBICP算法的显著优点是聚类速度快且能够有效处理噪声点和发现任意形状的空间聚类。算法直接对整个数据库进行操作且进行聚类时使用了一个全局性的表征密度的参数。图7中红色部分为二者聚类结果不一样的地方,可以看到改进后DBICP算法可将距离较远,但相似度较高的卡口聚在一类。从蓝色暗色的低密度集聚区逐渐变成红色亮色的高密度集聚区域。图7结果反映出区域集聚间的多元关系的变化,而且表明相同类型的Bubble

可以相互结合,可视效果清晰。

### 2.3.4 轨迹算法优化

空间偏移建模构思借鉴蚁群算法的思路,具体算法如图8所示,设个体集聚的创意产业空间为连续域空间,记为 $R_1, R_2$ ,沿用POI的卡口做数据回测,采用序号栅格标识法,按栅格法划分。创意产业集聚环境中的障碍物即为建筑,路线为城市主干道,以上参数均可用ArcGIS进行准确定位。设从外部数据平台取出的每一条数据记为 $A$ ,个体在区域道路站点行走, $A$ 点根据影响指标决定单次路径。根据迭代效应决定是否产生下一次的迁移,如果在 $A$ 点有相互重叠的区域,就要比较 $R_1, R_2$ 相交域内 $P$ 值的大小,再决定偏移—集聚方向,迁移的最终效果

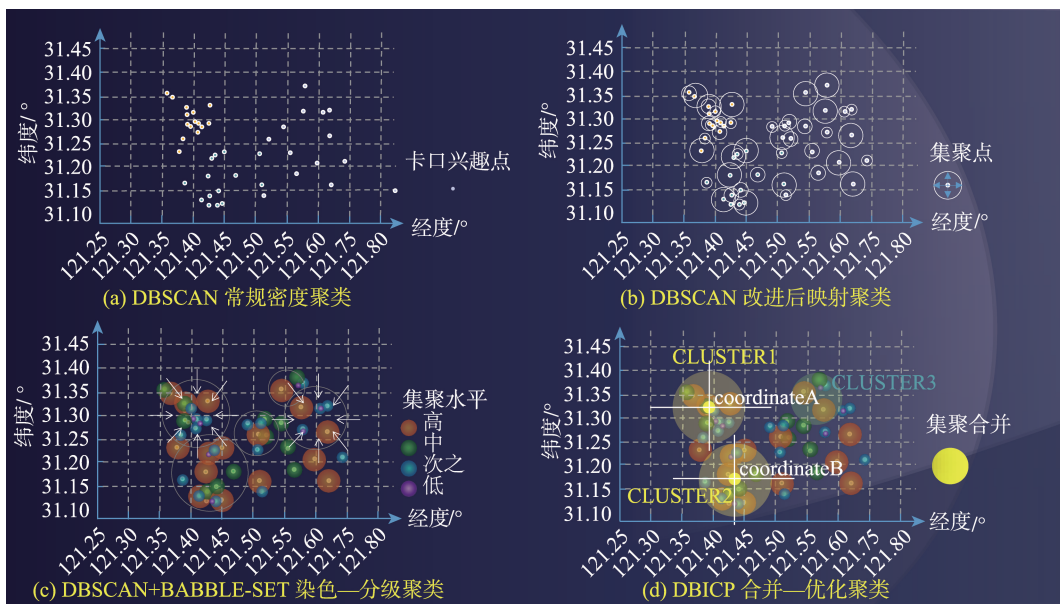
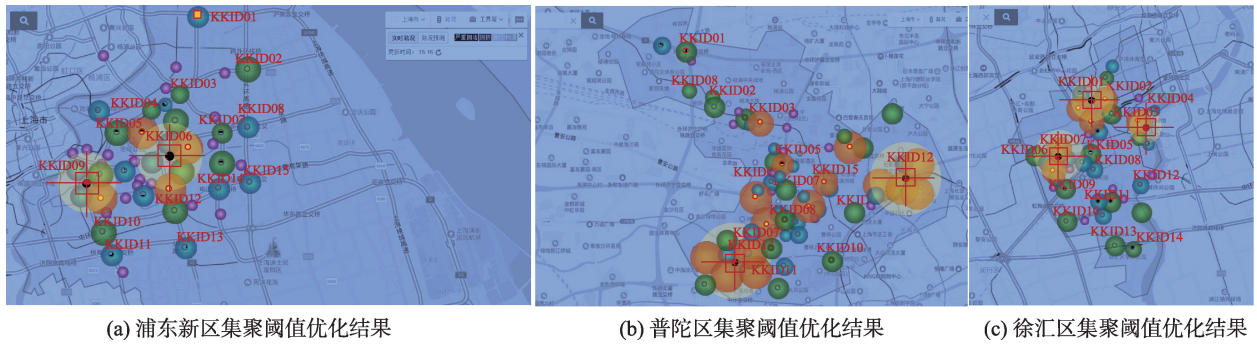


图6 DBICP算法聚类优化效果

Fig. 6 DBICP algorithm clustering optimization effect



(a) 浦东新区集聚阈值优化结果

(b) 普陀区集聚阈值优化结果

(c) 徐汇区集聚阈值优化结果

图7 DBICP算法阈值颜色映射合并及优化

Fig. 7 DBICP algorithm Threshold color value planning optimization

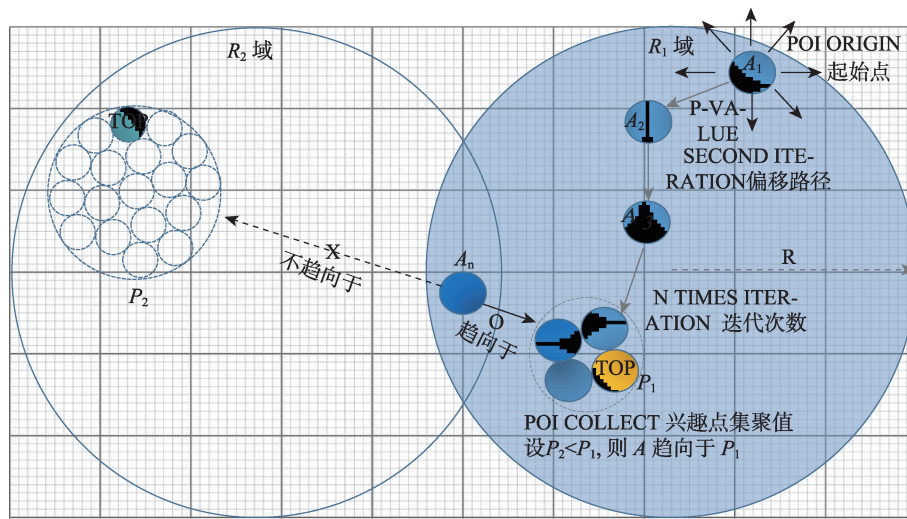


图8 DBICP基于连续域范围求解最优路径示意

Fig. 8 DBICP Optimal path demonstration images

将是呈现一些组团集聚轨迹,会产生下一个坐标点的经纬度数值,每经过一次或者多次迭代都会产生一个新的数值  $A_n$ 。当在连续域数据足够多时,就会呈现出区域集聚的轨迹连线。

DBICP 聚类算法的思想的运行机制在于每一次迭代中经过指标计算,按空间偏移步骤将每次迭代中得到的偏移值作为该算法的初始值,保证该算法在一个较好的解空间内迭代,并将寻优过程中得到的较优解替代算法中的较差解,强化了较优解的影响因素,增强了聚类算法中的正反馈机制<sup>[33]</sup>。这种集聚方法简单实用,能够满足环境模型与真实情况相符。从而使个体在路径规划时畅通无阻。令  $S = \{1, 2, 3, \dots, N\}$  为栅格序号集。根据上述对应关系,可知坐标(0,0)的序号为1,坐标(1,0)序号为2,直至坐标(X,Y)的序号为n。规划起始位置、目标位置均为真实经纬度。空间偏移轨迹算法流程如图9所示。

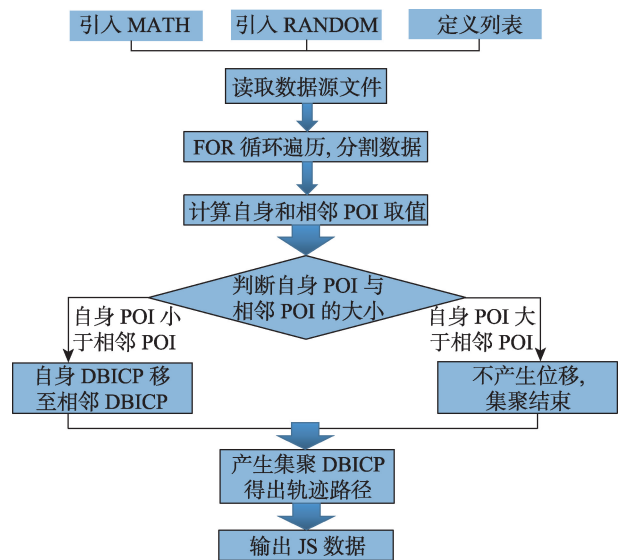


图9 轨迹算法路径选择流程

Fig. 9 Pattern flow chart of ant colony algorithm



根据轨迹算法进行全域路径规划,选择POI卡口参数对DBICP算法在动态图像中的应用非常关键。然而,参数的设置还主要依赖于统计数据。POI个体数目越多,路径的全局搜索能力和算法的稳定性越好。首先设置环境信息的起始点经纬位置序号,设置启发因子 $\alpha=1$ ,期望启发因子 $\beta=5$ ,区域 $\rho=0.8$ ,迭代次数 $N_c=30$ , $Q$ 则来自于目标区域影响因素的数据回测,选用多目标决策的实证方法<sup>[34]</sup>。得到影响因素的权值,在上海三大区域设置不同的环境模型,图10为轨迹算法路径实现。基于轨迹算法的移动个体产生的空间集聚在整体上呈收敛状态,搜索之初在环境域内出现了一定的波动,这是因为个体开始的试探路径所致。在搜索中后期,随机搜索的数量减少,最优路径趋于平缓。由于影响因素浓度的正反馈机制,使所搜索的路径分别在第250次迭代时收敛到最佳路径。表明此时聚类效果良好。

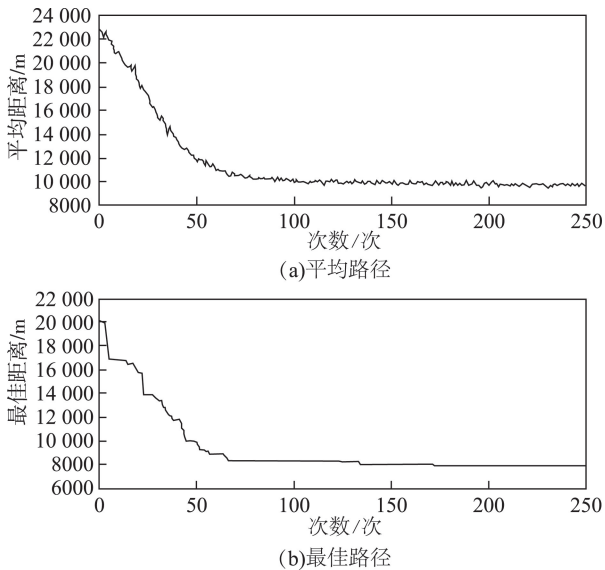


图10 DBICP平均路径长度和最佳路径长度

Fig. 10 Average path length and best path length effect diagram

### 3 实验与分析

本文采用上海市2014—2018年数据样本来验证方法的实际应用价值。把影响因素指标的数据来源分为动态车流量数据和静态面板数据2种类型。其中“交通车流量”指标属于动态流量数据,选取普陀区、浦东新区、徐汇区3个中心城区为实验区域,考虑到城市创意产业空间聚类图像的客观性及

可信性,采样地区既有老城区、又有新城区,区域样本根据《城市道路工程设计规范》<sup>[35]</sup>中定义的快速路、主次干路为标准卡口监测点,根据普陀区、徐汇区域中老建筑物与道路规划的客观条件,卡口拾取一般集中在快速主干道及主干道的交叉路口上;浦东新区由于规划较新,数据噪声可控,卡口拾取一般在二三级主干道上,道路骨干尺度与前两个区域类似,避免支路和狭窄路口的卡口分布。在30处有效卡口点测得高峰期单车道4000余条车流量数据,每个卡口点的采样间隔大于20s。影响因素的其他指标属于静态数据,获取的途径分别通过产业专题专访、企业政府年报、文献研究报告、网络数据爬取等。为了保障研究数据的相关性、真实性和有效性,又进一步对所收集到的资料进行内容排查筛选,初选出208份面板数据,再从中筛选出168份数据用于实验解析。本次实验使用的综合数据对于创意产业动态聚类的数据提取具有一定创新性与代表性。

#### 3.1 数据获取及属性

##### 3.1.1 动态流量数据预处理

本文使用的车流量数据来源于道路卡口监测点和区域兴趣点。选取理由借鉴了姜晓睿等<sup>[36-37]</sup>对群移动模式的认知,以上专家认为,交通卡口中的数据能够在一定程度上反映出城市的创意活跃度和产业的集中度。监测的车辆数据在信息处理和特征识别上较为便利,在动态语义的转化上也易于操作,同时避免了人群流量监测的路线复杂性和不确定性。故选用卡口数据作为密度算法的基础数据进行预处理,将交通车流量指标和POI类的个数作为特征向量,用于目标内的聚类和分割,进行移动模式空间简化、时间简化和可视分析。

首先对空间区域进行功能性划分。对于空间区域划分,整理出目标区域内卡口附近3km范围内POI数据。此POI数据来自于百度地图服务器,地图信息将POI数据分为20个大类,但本文只挑选了区域功能划分相关的8个类别。选取的关键点位要尽量采用详细坐标信息的地理图,为了更好地实现空间集聚的区域表达,需要选取合适的POI卡口定位点,需要提取道路拓扑结构,以重要分级道路交叉口和转弯点为节点选取对象,步骤如下:①选骨干交通网络交汇点,理清骨干道路的地理方向和基本信息;②适当选取二级道路和三级道路及重要支路对骨干道路的交叉地理点位;③添加有重要地理坐标的建筑物和构筑物 and 基建标志,并检验卡口

坐标是否与这些重要的地理节点重合或相邻,按照道路实际情况连接,并将每段道路生成点集合并存储。分别构成的卡口特征向量8个维度,如表2所示。对应交通车辆的组合数据,对卡口特征向量进行标准化。为动态集聚算法做数据准备。

表2 交通车流量卡口类型的属性划分

Tab. 2 Attribute classification of traffic flow gate types

序号	属性	说明
1	KKID	卡口ID
2	DIRECTION_FXBH	方向编号
3	VEHICLE TYPE	车辆类型
4	LICENSE PLATE NUMBER	车牌号
5	PEAK TRAVEL HOURS	出行峰值\小时
6	KK TYPE	卡口类型
7	LNG	经度
8	LAT	纬度

具体的数据测量源于2018年1月上海市的浦东、普陀、徐汇三区的卡口数据,1天的卡口数据大小为400 MB左右。数据统计表概括了卡口数据的属性和其说明,包括14个维度,如“Location”代表了每个卡口的坐标位置,经纬度及方向车辆等。由于私家车的的数据与空间区域功能划分的人群移动模式关联性强,首先根据“Vehicle-Type(车辆类型)”筛选出私家车的的数据,剔除其他车型数据;其次根

据“Plate Number(车牌号)”属性,整理出上海市私家车和出租车的相关数据,即过滤出以“沪A-沪F”开头的车辆数据,并剔除“警”和“学”结尾的车辆数据,以便分析上海市区域创意产业的人群移动和空间聚类模式。关于数据去重,则针对车辆上传GPS数据时很容易生成的重复数据进行整合并脱敏处理。从而保证从理论定义到具体测量的一致性。交通车流量的数据节选如表3所示。

### 3.1.2 静态面板数据的预处理

选用影响因素指标模型中其他6项指标数据作为轨迹算法基础数据,采用静态数据测量。静态数据的来源方面,一部分参照了中国国家统计局于2014年3月发布的《创意产业文化及相关产业分类》,另一部分数据参考了2018年度清华大学主持的《创意工业产业园发展指数及研究报告》。因为涵盖了创意产业的类别与本文的创意指标高度相关,具有较高的可信性<sup>[38]</sup>。还有一部分数据来源于《中国国民经济行业分类与代码(GB/T4754-2012)》选定的创意产业的行业类别:截至2018年11月,经信委和市委宣传部挂牌的市级文化及创意园区,累计已达96个,经市场调研走访发现核心区域的创意产业园为38个<sup>[39]</sup>。在数据采集方面,一种方式是针对POI卡口形成的数据回测,采用Python调用OpenCV对交通及员工流量等监控视频流数据进行

表3 交通车流量的指标数据采集(普陀区域交通路段卡口节选)

Tab. 3 Data selection of traffic flow

卡口类型	坐标位置		经纬度/°		出行高峰合计/(辆/h)			
	(选取骨干路网)		(选取骨干路网)					
交通十字卡口	1	KKID01 外环高速与沪嘉高速交叉口	121.365°E, 31.293°N	西向东 4705	东向西 3225	南向北 4641	北向南 3927	
	2	KKID02 真南路与古浪路交叉口	121.371°E, 31.290°N	西向东 2886	东向西 2140	南向北 1414	北向南 2954	
	3	KKID03 真北路与真南路交叉口	121.399°E, 31.274°N	西向东 3970	东向西 5288	南向北 5905	北向南 4444	
	4	KKID04 桃浦路与曹杨路交叉口	121.410°E, 31.267°N	西向东 4293	东向西 2777	南向北 3500	北向南 6121	
	5	KKID05 桃浦路与真北路交叉口	121.399°E, 31.265°N	西向东 4473	东向西 2940	南向北 3803	北向南 6484	
	6	KKID06 武宁路与真北路交叉口	121.398°E, 31.251°N	西向东 5348	东向西 4949	南向北 5100	北向南 6222	
	7	KKID07 武宁路与梅岭北路交叉口	121.405°E, 31.247°N	西向东 3888	东向西 4112	南向北 6001	北向南 4885	
	8	KKID08 武宁路与曹杨路交叉口	121.415°E, 31.251°N	西向东 3230	东向西 4029	南向北 5949	北向南 5181	
	9	KKID09 武宁路与东新路交叉口	121.425°E, 31.247°N	西向东 3511	东向西 5390	南向北 4717	北向南 4481	
	10	KKID10 宁夏路与金沙径路交叉口	121.419°E, 31.237°N	西向东 2900	东向西 4227	南向北 5100	北向南 4213	
	11	KKID11 泸定路与金沙径路交叉口	121.261°E, 31.393°N	西向东 4143	东向西 4920	南向北 5028	北向南 4009	
	12	KKID12 泸定路与云岭东路交叉口	121.393°E, 31.228°N	西向东 4440	东向西 3889	南向北 4005	北向南 3900	
	13	KKID13 镇坪路与光复西路交叉口	121.438°E, 31.251°N	西向东 4200	东向西 3592	南向北 5504	北向南 3742	
	14	KKID14 沪太路与志丹路交叉口	121.438°E, 31.278°N	西向东 4760	东向西 3300	南向北 5800	北向南 4172	
	15	KKID15 武宁路与中宁路交叉口	121.419°E, 31.251°N	西向东 3242	东向西 3121	南向北 4839	北向南 4416	

注:限于篇幅,未给出全部的车流量数据,如有需要可向作者索取。这些指标根据普陀区、徐汇区、浦东新市区定点卡口数据加载通勤时间(8:00—10:00、17:00—19:00)二部分。并适当区分工作日及节假日时间段车流的移动模式,形成出行高峰4h综合数据进行解析。

有效指标图像的优化间隔提取;另一种方式根据政府信息公开的网络统计年鉴的点击量,利用Python实现网络爬取,存放于porn目录下。数据集的70%作为训练样本,余下部分各15%作为测试和验证样本。经过滤后采用无量纲化、归一化的方式进行训练,为动态轨迹算法做数据准备。

### 3.2 空间聚类算法初步可视化图像

首先增添线性运动轨迹,形成初步的地理属性视图化效果。通过整理出在此时间段所有个体POI的起始位置(Origin to Destination, OD),即个体POI所在经过的起始卡口连线。OD数据的初步可视化可分为需要、无需凸显起始点地理属性2类。在对需要凸显的线性运动轨迹可视化,将再次结合地图中地理位置的编码图,通过上节DBICP算法直接标记起始点的初始位置,同时在起始点到终点之间画一条有向边,边的粗细表示轨迹编码从起点到终点的数值,使用线性轨迹图可以展示多个Babble节点之间的关系,并从该图可直观地看到某一POI节点与其他节点之间的权重关联。经测量发现,卡口连线的平均移动轨迹为4.88 km,利用熵值优化后得到的集聚度为0.84,以常规集聚阈值为0.5来看,此阶段具有较高的集聚表现,这是因为DBICP算法把大量分散的小集群通过分区、映射、缩减、合并进行

调整,因此得到的集聚结构更加科学合理。基于DBICP对OD数据进行初步可视化时,其可视的内容就是从POI点到其他点的流量轨迹图。如图11所示。

但图11仅反映初步、简单的静态可视关联。对于更为详细的视图切换的动态图像和详细路径信息。则在计算机浏览器中进行综合动态演示。

Bubble视图展示了区域POI类别的整体信息,用列表展示当前被选中区域的关键POI详细信息,并对聚类的区域进行地理信息拾取,卡口区位显示的地理信息恰好与上海创意产业区位信息趋同,证实了方法的实用有效。如表4所示。

将以上被选中集聚区域的POI名称作为参数传至计算机GPU服务器,接下来研究空间集聚Babble之间的线性运动轨迹。

### 3.3 计算机浏览器动态可视化图像

JavaScript是执行空间动态集聚状态、图层区域分析、城市图底研究、地理数据挖掘、程序代码转换、数据处理管理系统<sup>[40]</sup>。在Matlab源码基础之上,转译成对应的JavaScript代码。通过JavaScript实现DBICP聚类算法的数据筛选,基于语言的编程原理和语言表达,实现聚类算法动态视觉效果<sup>[41-42]</sup>。

首先通过Canvas的浏览器程序得出的空间集

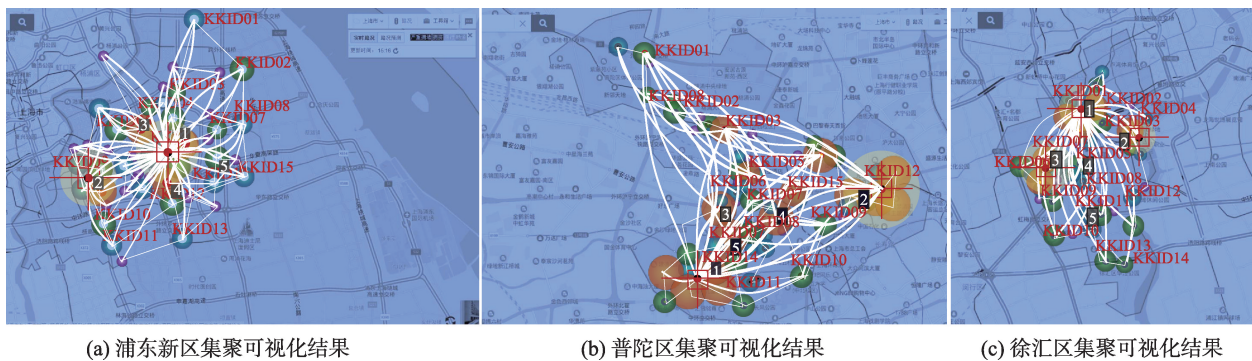


图11 浦东区、普陀区、徐汇区域空间集聚的静态初步线性轨迹

Fig. 11 A preliminary linear trajectory of creative industry spatial agglomeration based on DBICP algorithm

表4 POI Bubbe-set 空间集聚初步地理信息拾取(普陀区)

Tab. 4 Preliminary geographic information of POI BUBBE-SET spatial aggregation (Putuo District)

kkType 卡口类型	地理区域	经纬度/°	搜索条目数量/个
卡口12	M50 创意园集聚区域	121.393°E, 31.228°N	667 890
卡口13	长风创意园集聚区域	121.438°E, 31.251°N	4 328 761
卡口3	上海金沙3131 创意园	121.398°E, 31.251°N	3 897 201
卡口6	上海艺法创意园	121.415°E, 31.251°N	3 654 980

注:限于篇幅及后台城市管控数据测机密,未给出全部目标区域的卡口汇集,如有需要可向作者索取。

聚关系,对上海坐标点进行视图训练,得到每个空间位置对应DBICP影响因子数值的大小、向量偏移数值及方位渐次迭加<sup>[43-44]</sup>。在Canvas软件中形成了计算机语言下的动态效果,其效果为立体空间路径。动态图像生成也证明了N次迭代计算对于DBICP聚类算法的图像构建成立。其次进行Arc GIS pro地理信息构建。通过地图定位,采用Ribbon界面风格,对地图数据进行空间介质的可视化编辑<sup>[45-46]</sup>,最终迭加动态可视界面。E-charts是以大数据动态模拟为基础,兼有形象化、可视化、量化的功能进而构建而成的站点包。基于Js语言实现

的该聚类算法图像化,每2个一组作为一次的偏移量,数据的获取采用后台交互技术,此操作会显著的提高图像的显示速度和呈现效果。本文经过创意产业空间集聚过程中不同浏览器策略下的图像对比,研究表明E-charts可视界面的集聚趋势清晰。如图12所示。

### 3.4 识别结果及集聚类型

利用E-charts实现动态可视图像输出。基于JavaScript语言实现的DBICP聚类算法交互,生成的空间集聚精确轨迹结果,如图13—图15所示。

实验结果表明,经动态视频输出处理得到精确

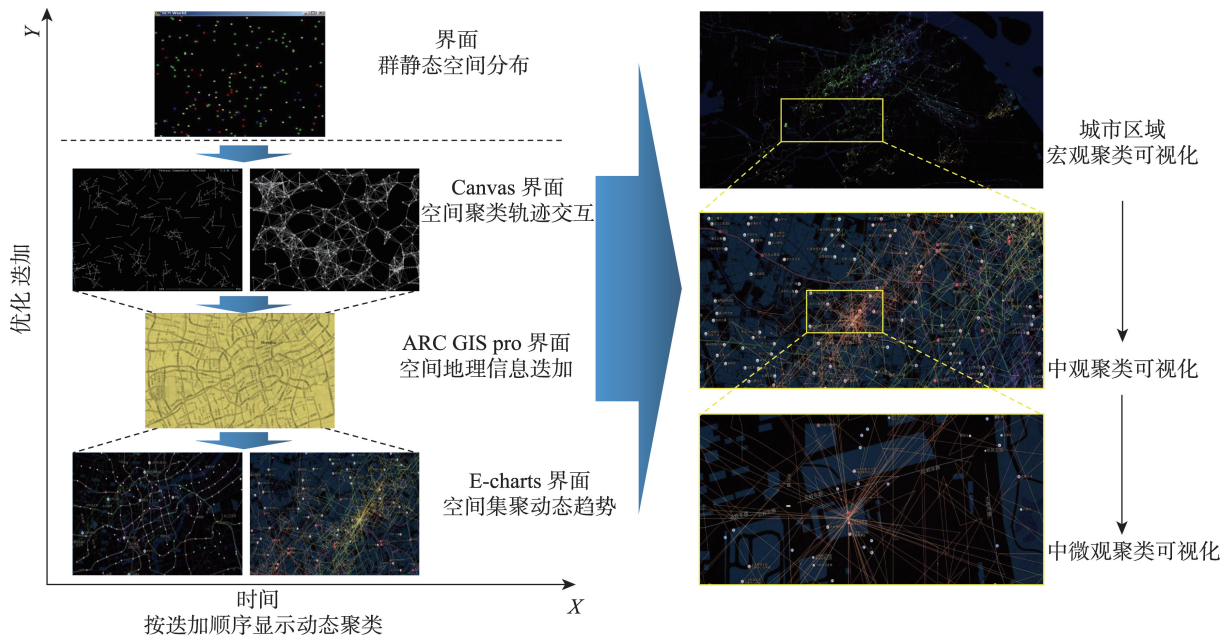


图 12 基于浏览器策略下图像可视化处理  
Fig. 12 Image visualization based on browser strategy

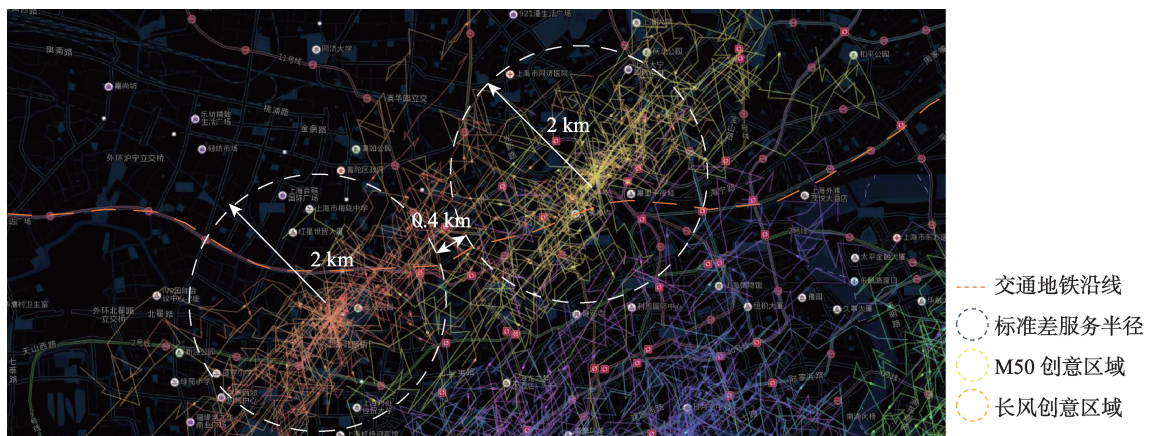


图 13 上海普陀区 E-charts 空间集聚动态局部界面搜索结果  
Fig. 13 E-charts spatial aggregation dynamic interface search results in Putuo District, Shanghai



图14 上海浦东新区E-charts空间集聚动态局部界面搜索结果

Fig. 14 E-charts spatial agglomeration dynamic global interface search results in Pudong District, Shanghai

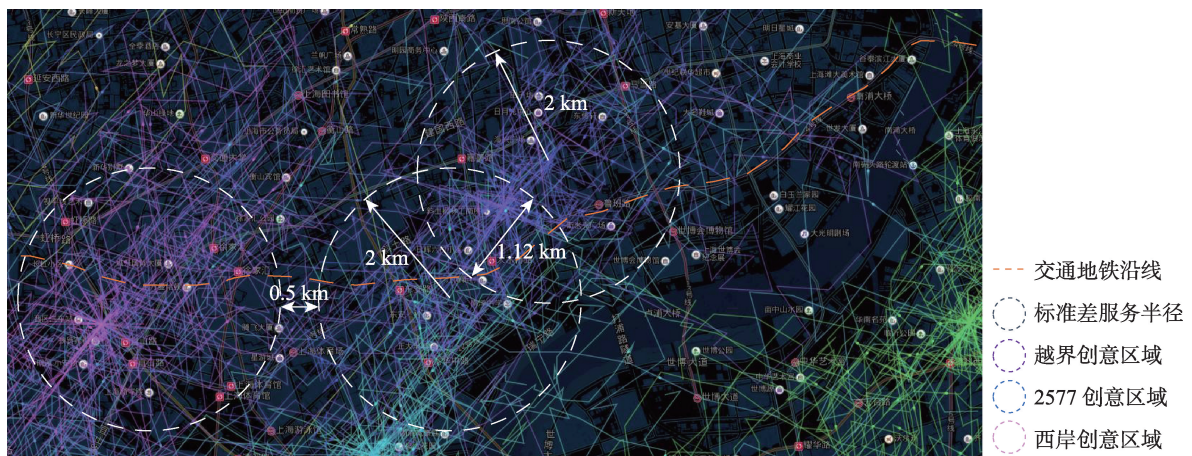


图15 上海徐家汇区E-charts空间集聚动态局部界面搜索结果

Fig. 15 E-charts spatial agglomeration dynamic global interface search results in Xujiahui District, Shanghai

集聚结果,可以清晰的看出上海普陀、浦东新区、徐汇地区创意动态集聚的空间结构整体状况的聚类趋势。对图13中热点集聚性进行可视化分析,得出空间动态集聚的热点分布恰好位于普陀区的热点服务5 km半径之外,且该区域的动态集聚较为集中,负荷较高,管控对策:应对此区扩大建设规模或进行流量疏解;对图14的空间布局得知浦东新区在热点分布在10 km半径的服务区内有连续2处动态集聚热点呈现均布情况。管控对策:较符合城市区域创意产业区位划分,通过区域定时监控视图,维持创意产业空间发展现状。对图15的空间布局观测徐汇区的动态集聚热点分布情况,有2处创意园区正处于相互融合的空间态势,需考虑暂不干预城市创意热点自组织的情况下对周边2处创意区域实施分摊虹吸策略,缓解此热点的超高负荷流量压

力。再通过城市创意产业空间动态集聚评价结果如表5所示。

经表5统计得出,各区域的动态集聚服务半径长度均在5~8 km,基本符合个体位于产业区域的运动轨迹;根据空间集聚网络评价指数来看,形成的空间集聚区域轨迹非直线系数为1.63,表示个体均可以进行便捷的城市交通;相邻区域集聚轨迹路径连接度为5.01,构成了创意产业空间系统的快速互联集聚体系。考虑到城市快速发展的空间融合趋势,研究预测上海市创意空间集聚的互联体系能够在0.5 h内实现是可行的,有利于城市创意空间与城市商务、生活、居住区域的深层次结合。由此可见该模型的训练能力和可视化基本达到了预期效果。呈现的效果与现实区域中的创意产业区位基本吻合对应,也体现了该技术在实际应用层面有广

表5 城市创意产业空间动态集聚评价指数数值

Tab. 5 Comparisons and evaluation based on several algorithms

指标	说明	公式	编号	参数	计算值
城市区域动态集聚连接度	评估创意产业空间集聚的成熟度,路径连接度越高,网络越成熟	$J = \frac{2M}{N}$	(7)	$N$ 为区域地理网络中的节点数量, $M_i$ 为第 <i>i</i> 节点邻接的边数, $J$ 为网络总边数	5.01
城市区域动态集聚非直线系数	两点间地理空间距离与其直线距离的比值,越接近1连接越便捷	$R = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N L_{ij}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N S_{ij}}$	(8)	$L_{ij}$ 表示节点 <i>i</i> 到节点 <i>j</i> 的地理路径实际长度, $S_{ij}$ 表示节点 <i>i</i> 和 <i>j</i> 间直线距离	1.63

注:根据徐晨晨<sup>[47]</sup>等相关方法整理得出。

泛的操作性、可信度及应用价值。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本文研究了DBICP算法优化,通过计算机浏览器媒介生成了上海市创意产业区域动态集聚可视图像。充分利用影响因素指标中车流量动态数据和其他静态面板数据,进行了动态聚类的算法及优化,并验证了该方法的有效性,体现出地理信息科学和人文社会学科的交叉融合。其主要贡献和价值在于:①针对城市创意产业空间集聚,提出了一种综合可视分析系统,该系统包括:7项创意空间指标选取、4000余条卡口地理定位选择、2项算法测试、3套Bubble-set初步轨迹视图、3组Canvas动态模拟时序视图和E-charts空间动态局部视图。②采用上述方法,对上海市浦东新区、普陀区、徐汇区3大区域内的创意产业地标进行检测,表现区域创意产业的集聚度比重大约占卡口检测量的30%,平均移动轨迹4.88 km,区域集聚度量值0.84,动态集聚评价指数5.01,证实了方法的实用有效。③对城市创意产业的空间集聚进行归纳,提出了分摊、均布、虹吸的管控响应策略。丰富了城市人文地理可视化与信息管控服务领域,具有一定的探索价值。

虽然最近研究也有基于空间热点区域各类型移动模式的可视化分析方法,例如从人群移动关联、冷热区域熵值分布<sup>[48]</sup>、空间拓扑结构集聚<sup>[49]</sup>的角度来描绘区域动态聚类的生成情况,并取得了相应的成果和发现。但以上研究对创意产业空间集聚过程的移动规律挖掘有限。因此,与现有同类计算方法的研究成果对比,本文的测量条件和获取的数据视角独特,测算的尺度结果较为精确,清晰地表明了不同颜色的编码路线在功能区域中的分布和差异性,同时避免了认知负担。产生的图像信息能反映出上海三大行政区划的集聚结构模式和个体

线性轨迹动态特征。由此表明,本文提出的方法产生的矢量集聚图像可以发掘未来城市大数据智能动态活动的聚集特征,也能有效的解决诸如商业集聚图示测量、社区流量图像调查等实际城市问题,为城市地理的大尺度空间动态集聚监管提供相关技术支撑和研究手段。

### 4.2 讨论

需要指出的是,本研究采用的动态集聚算法优化在国内还处于研究初期。今后可尝试通过GPU并行计算来减少计算耗时,提升图像技术的整体性能。目前适用的城市空间图像量化识别标准也在征信过程中,产生的集聚效果暂时还不能回答精确地面积和产值等经济性能。随着创意产业空间可视的发展、应用的多样化、软件技术的不断突破,城市创意产业空间集聚的经济管理体系必然发展起来,可以与人工智能交通、网络虚拟交通构成多元化的创意产业区域轨迹体系,还能协助完善城市重大疫情防控智能机制,从而大大提升城市空间区域协管和治理能力。

### 参考文献(References):

- [1] Asheim B. Guest editorial: Introduction to the creative class in European city regions[J]. *Economic Geography*, 2009,85(4):355-362.
- [2] 刘云浩. 群智感知计算[J]. *中国计算机学会通讯*, 2012,8(10):38-41. [Liu Y H. Swarm intelligence perceptual computing[J]. *CCCF*, 2012,8(10):38-41.]
- [3] 吴丹丹, 马仁锋, 张悦, 等. 杭州文化创意产业集聚特征与时空格局演变[J]. *经济地理*, 2018,38(10):127-135. [Wu D D, Ma R F, Zhang Y, et al. The characteristics of cultural and creative industry cluster in Hangzhou and the evolution of time and space pattern[J]. *Economic Geography*, 2018,38(10):127-135.]
- [4] 戴俊骋, 孙东琪, 张欣亮. 中国区域文化产业发展空间格局[J]. *经济地理*, 2018,38(9):122-129. [Dai J C, Sun D L, Zhang

- X L. Spatial pattern of regional cultural industry development in China[J]. *Economic Geography*, 2018,38(9):122-129. ]
- [ 5 ] 何金廖,曾刚.城市舒适性驱动下的创意产业集聚动力机制研究——以南京品牌设计产业为例[J]. *经济地理*, 2019(28):1-16. [ He J L, Zeng G. Research on the dynamic mechanism of creative industry agglomeration driven by urban comfort - a case study of Nanjing brand design industry[J]. *Economic Geography*, 2019(28):1-16. ]
- [ 6 ] Caves R. *Creative Industries: Contracts between art and commerce*[M]. Cambridge: Harvard University Publishing, 2000.
- [ 7 ] Heur B. The Clustering of creative networks: between myth and reality[J]. *Urban Studies*, 2009,46(8):1531-1552.
- [ 8 ] Florida R. *The rise of the creative class*[M]. New York: New York University Publishing, 2002.
- [ 9 ] Scott J. Creative cities: Conceptual issues and policy questions[J]. *Journal of Urban Affairs*, 2006,28(1):1- 17.
- [10] 孙国道,柳芬,蒋莉,等.基于空间区域功能划分的人群移动模式可视分析[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2018,30(6):1073-1081. [ Sun G D, Liu F, Jiang L, et al. Visual analysis of human movement: A functional region perspective[J]. *Journal of Computer- Aided Design & Computer Graphics*, 2018,30(6):1073-1081. ]
- [11] 王子毅,张春海.基于E-charts的数据可视化分析组件设计实现[J]. *微型机与应用*, 2016,35(14):46-48. [ Wang Z Y, Zhang C H. Design and implementation of data visualization analysis component based on E-charts[J]. *Microcomputer & Its Applications*, 2016,35(14):46-48. ]
- [12] 屈华平,李健.可视化环境质量评估系统的设计与实现[J]. *微型机与应用*, 2012,31(3):15-17. [ Qu H P, Li J. Design and implementation of visual environmental quality assessment system[J]. *Microcomputer & Its Applications*, 2012,31(3):15-17. ]
- [13] 宁安良.面向3G终端的移动地理信息服务研究[D].青岛:中国海洋大学,2010. [ Ning A L. Research on mobile geographic information service for 3G terminal[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010. ]
- [14] 郑幸源,洪亲,蔡坚勇,等.基于AJAX异步传输技术与E-charts技术的动态数据绘图实现[J]. *软件导刊*, 2017,16(3):143-145. [ Zheng X Y, Hong Q, Cai J Y, et al. Implementation of dynamic data drawing based on Ajax asynchronous transmission technology and E-charts technology[J]. *Software Guide*, 2017,16(3):143-145. ]
- [15] 宋佳慧,刘远刚,林琳,等.基于E-charts动态统计图表绘制技术研究[J]. *电脑知识与技术*, 2017,13(12):202-204. [ Song J H, Liu Y G, Lin L, et al. Research on drawing technology of dynamic statistical chart based on E-charts[J]. *Computer Knowledge and Technology*, 2017,13(12):202-204. ]
- [16] 吕弘,黄伟纳.基于AJAX技术的图书馆统计平台的设计[J]. *中国科技信息*, 2012,29(1):75-76. [ Lv H, Huang W N. Design of library statistics platform based on AJAX technology[J]. *China Science and Technology Information*, 2012,29(1):75-76. ]
- [17] Hui L, Hui C, Xiang Y L. Design and construction application of concrete Canvas for slope protection[J]. *Powder Technology*, 2018.
- [18] 冀潇,李杨.采用E-charts可视化技术实现的数据体系监控系统[J]. *计算机系统应用*, 2017,26(6):72-76. [ Ji X, Li Y. Data system monitoring system based on E-charts visualization technology[J]. *Computer Systems & Applications*, 2017,26(6):72-76. ]
- [19] 王文豪,严云洋,姜明新,等.基于噪声检测和动态窗口的图像去噪算法[J]. *图学学报*, 2019,40(1):111-116. [ Wang W H, Yan Y Y, Jiang M X, et al. Image denoising algorithm based on noise detection and dynamic window[J]. *Journal of Engineering Graphics*, 2019,40(1):111-116. ]
- [20] 杨智尧,宋欣,宋占伟.动态图像的拼接与运动目标检测方法的研究[J]. *图学学报*, 2014,35(6):893-898. [ Yang Z R, Song X, Song Z W. Research on dynamic image mosaic and moving object detection[J]. *Journal of Engineering Graphics*, 2014,35(6):893-898. ]
- [21] 刘可佳,马荣生,庞钰宁.一种基于双导向滤波的高动态红外图像细节增强与去噪算法[J]. *图学学报*, 2018,39(6):1048-1054. [ Liu K J, Ma R S, Pang Y N. A detail enhancement and de-noising algorithm of high dynamic infrared image based on double guide filter[J]. *Journal of Engineering Graphics*, 2018,39(6):1048-1054. ]
- [22] Von L, Brodkorb F, Roskosch P, et al. Mobility graphs: visual analysis of mass mobility dynamics via spa-tio-temporal graphs and clustering[J]. *IEEE Tansactions on Visualization and Computer Graphics*, 2016,22(1):11-20.
- [23] Andrienko N, Andrienko G, Stange H, et al. Visual analytics for understanding spatial situations from episodic movement data[J]. *KI-Künstliche Intelligenz*, 2012,26(3):241-251.
- [24] Andrienko N, Andrienko G, Bak P, et al. *Visual analytics of movement*[M]. Heidelberg: Springer Science & Business Media Publishing, 2013.
- [25] Kriegel H P, Kröger P, Zimek A. Clustering high-dimensional data: a survey on subspace clustering, pattern-based clustering, and correlation clustering[J]. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 2009,3(1):127-130.
- [26] Prince K S, K Liu, John E. Digital business ecosystem: Literature review and a framework for future research[J]. *International Journal of Information Management*, 2019, 47:50-57.
- [27] 褚岚翔,黄丽.我国文化创意产业园区的时空分布——基于探索性空间数据分析[J]. *文化产业*, 2018,32(6):135-136. [ Chu F X, Huang L. Spatial and temporal distribution of cultural and creative industrial parks in China: based on exploratory spatial data analysis[J]. *culture industry*, 2018, 32(6):135-136. ]
- [28] 张祥建,徐晋,徐龙炳.高管精英治理模式能够提升企业绩效吗?——基于社会连带关系调节效应的研究[J]. *经济研究*, 2015,50(3):100-114. [ Zhang J X, Xu J, Xu L B. Can the management mode of the top management elite im-

- prove the performance of the enterprise? -Based on the research of the adjustment effect of the social joint relationship[J]. *Economic Research Journal*, 2015,50(3):100-114. ]
- [29] 刘磊. 市场经济背景下科学与公众的沟通—科普产业创新发展的基础与规范[J]. *中国科技论坛*, 2013,27(5):131-136. [ Liu L. Communication between science and the public under the background of market economy[J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2013,27(5):131-136. ]
- [30] 吴秉坚. 时间序列分析的AR模型在全社会消费品零售总额预测中的应用[J]. *统计与咨询*, 1997(3):17. [ Wu B J. Application of AR model of time series analysis in the prediction of total retail sales of consumer goods in the whole society[J]. *Statistics and consultation*, 1997(3):17. ]
- [31] Moore J F. Predators and prey: A new ecology of competition[J]. *Harvard Business Review*, 1999,71(3):75-86.
- [32] 孙国道, 柳芬, 蒋莉, 等. 基于空间区域功能划分的人群移动模式可视分析[J]. *计算机辅助设计与图形学报*, 2018, 30(6):1073-1081. [ Sun G D, Liu F, Jiang L, et al. Visual analysis of human movement: A functional region perspective[J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2018,30(6):1073-1081. ]
- [33] 刘明霞, 游晓明, 刘升. 基于聚度的自适应动态混沌蚁群算法[J]. *计算机工程与应用*, 2019,55(3):15-22. [ Liu M X, You X M, Liu S. Adaptive dynamic chaos ant colony algorithm based on aggregation degree[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2019,55(3):15-22. ]
- [34] 赵峰, 杨春曦, 陈飞, 等. 自适应搜索半径蚁群动态路径规划算法[J]. *计算机工程与应用*, 2018,54(9):56-87. [ Zhao F, Yang C X, Chen Fei, et al. Adaptive search radius ant colony dynamic path planning algorithm[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2018,54(9):56-87. ]
- [35] CJJ 37-2012, 城市道路工程设计规范[S]. 北京: 建筑工业出版社, 2012. [ CJJ 37-2012, Code for design of urban road engineering[S]. Beijing: Building Industry Publishing, 2012. ]
- [36] 姜晓睿, 田亚, 蒋莉, 等. 城市道路交通数据可视分析综述[J]. *中国图象图形学报*, 2015,20(4):454-467. [ Jiang X R, Tian Y, Jiang L, et al. Survey of visual analysis of urban road traffic data[J]. *Journal of Image and Graphics*, 2015, 20(4):454-467. ]
- [37] 何贤国, 孙国道, 高家全, 等. 出租车GPS大数据的道路行车可视分析[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2014,26(12):2163-2172. [ He X G, Sun G D, Gao J Q, et al. Visual analysis of GPS big data in taxi driving[J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2014,26(12):2163-2172. ]
- [38] 蒋红斌. 中国工业设计园区基础数据与发展指数研究[M]. 北京: 清华大学出版社, 2016. [ Jiang H B. Research on basic data and development index of industrial design parks in china. [M]. Beijing: Tsinghua University Publishing, 2016. ]
- [39] 郑耀宗. 上海文化创意产业园区发展现状研究[J]. *上海经济*, 2017,28(8):21-22. [ Zheng Y Z. A study on the development of Shanghai cultural and Creative Industry Park[J]. *Shanghai economy*, 2017,28(8):21-22. ]
- [40] 项敏敏, 徐武, 高飞. 基于X3D与JavaScript交互技术在网络虚拟实验中的研究[J]. *高等继续教育学报*, 2013,26(5):49-52. [ Xiang M M, Xu W, Gao F. Research on the interaction technology of X3D and JavaScript in network virtual experiment[J]. *Journal of Higher Correspondence Education*, 2013,26(5):49-52. ]
- [41] 李冲, 熊淑华, 魏颖颖. 基于CSS与JavaScript技术的Tab面板的设计与实现[J]. *计算机技术与发展*, 2011,21(3):28-35. [ Li C, Xiong S H, Wei Y Y. Design and implementation of tab panel based on CSS and javascript technology[J]. *Computer Technology and Development*, 2011,21(3):28-35. ]
- [42] Jesper C, Sort C. Using the business model Canvas to improve investment processes[J]. *Journal of Research in Marketing and Entrepreneurship*, 2018,20(1):89-96.
- [43] 李丰章, 张迎希. 基于HTML5 Canvas技术的图像编辑平台[J]. *数码世界*, 2017,33(12):66-68. [ Li F Z, Zhang Y X. Image editing platform based on HTML5 Canvas technology[J]. *Digital World*, 2017,33(12):66-68. ]
- [44] Lilianna R. Logistics agglomeration in the US[J]. *Transportation Research Part A*, 2014,59(11):222-238.
- [45] 陈丽卿. 基于Canvas绘图的网页信息防采集技术研究[J]. *网络安全技术与应用*, 2018(9):32-33. [ Chen L Q. Research on anti collection technology of Web information based on Canvas drawing[J]. *Network security technology and Application*, 2018(9):32-33. ]
- [46] 张惜杰, 李平, 张志强, 等. 基于E-charts与ArcGIS JavaScript API的Web专题制图研究[J]. *测绘*, 2017,12(4):270-176. [ Zhang X J, Li P, Zhang Z Q, et al. Research on web thematic mapping based on E-charts and ArcGIS JavaScript API[J]. *Journal of Surveying and mapping*, 2017, 12(4):270-176. ]
- [47] 徐晨晨, 廖小罕, 岳焕印, 等. 基于改进蚁群算法的无人机低空公共航路构建方法[J]. *地球信息科学学报*, 2019,21(4):570-579. [ Xu C C, Liao X H, Yue H Y, et al. Construction of a UAV low-altitude public air route based on an improved ant colony algorithm[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2019,21(4):570-579. ]
- [48] 马仁锋, 吴丹丹, 张文忠, 等. 城市文化创意产业微区位模型及杭州案例[J]. *经济地理*, 2019,39(11):123-133. [ Ma R F, Wu D D, Zhang W Z, et al. Micro-location model of urban cultural & creative industries and its application in Hangzhou[J]. *Economic Geography*, 2019,39(11):123-133. ]
- [49] 孙勇, 王会蒙, 靳奉祥, 等. 一种基于空间-拓扑结构相似性的复杂轨迹聚类算法[J]. *地球信息科学学报*, 2019,21(11):1669-1678. [ Sun Y, Wang H M, Jin F X, et al. Complex trajectory clustering based on a spatial-topological similarity measurement[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2019,21(11):1669-1678. ]