

引用格式: 谢帅, 刘士彬, 段建波, 等. OSDS 注册用户空间分布特征及影响因素分析[J]. 地球信息科学学报, 2016, 18(10): 1332-1340. [Xie S, Liu S B, Duan J B, et al. 2016. Spatial distribution characteristics of OSDS registered users and its influencing factors. Journal of Geo-information Science, 18(10):1332-1340.] DOI:10.3724/SP.J.1047.2016.01332

OSDS 注册用户空间分布特征及影响因素分析

谢 帅^{1,2}, 刘士彬¹, 段建波^{1*}, 戴 芹¹

1. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100094; 2. 中国科学院大学, 北京 100049

Spatial Distribution Characteristics of OSDS Registered Users and Its Influencing Factors

XIE Shuai^{1,2}, LIU Shibin¹, DUAN Jianbo^{1*} and DAI Qin¹

1. Institute of Remote Sensing and Digital Earth Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: The research object of this paper is based on the remote sensing data sharing website (OSDS) founded by the Chinese Academy of Sciences in 2005. Using the nearest neighbor hierarchical spatial clustering method and the model of geographic detector, the spatial distribution characteristics of the registered users and the relevant influencing factors were analyzed. Analysis results show that the overall user space distribution is not balanced, which mainly aggregates in the eastern developed regions and in several areas that have outstanding achievements in the field of surveying, mapping and geographic information science. Information, scientific research and education are the main influencing factors. The influence of economic, network and mapping are low when they are considered separately as a single factor, but their interactions with the main influencing factors would improved the influence. Therefore, there are multiple factors restricting the spatial distribution pattern and regional imbalance of the user group. In this paper, the spatial distribution characteristics and the influencing factors of the user group that is consisted by the remote sensing scholars can be grasped using the geographic detector. The analysis results are helpful to the data providers to deliver services to the targeted users more efficiently, and also provide the references to the adjustment of remote sensing industry and the optimization of spatial layout.

Key words: OSDS; nearest neighbor hierarchical spatial clustering; geographical detector; spatial distribution; determinants

***Corresponding author:** DUAN Jianbo, E-mail: jbduean@ceode.ac.cn

摘要: 本文以2005年以来中国科学院遥感与数字地球研究所开放式空间数据共享网站(OSDS)平台的注册用户为研究对象, 利用最近邻层次空间聚类方法和地理探测器模型, 对各省注册用户量的空间分布特征和差异影响因素进行了分析。分析结果表明, 整体上用户空间分布很不均衡, 主要集中在东部发达地区和几个在测绘和地理信息科学领域卓有建树的地区, 信息、科研和教育是主要影响因素, 经济、网络和测绘的单因素影响力较低, 而与主要影响因素结合的交互影响得到了提升。因此, 多因素共同制约着用户群的空间分布格局和区域不均衡性。应用地理探测器能从宏观上把握遥感学者群体的空间分布特征及其影响因素, 其分析结果能够指导数据提供者更有针对性地为用户提供服务, 也可为遥感产业调整和空间布局优化提供依据。

关键词: OSDS; 最近邻层次空间聚类; 地理探测器; 空间分布; 影响因子

1 引言

随着信息通信技术的发展, 网络已逐渐成为人们生活、学习、工作中不可或缺的一部分。近年来,

遥感与地理信息系统的发展, 改变了传统地理学的发展模式, 作为地理学和测绘科学的辅助手段, 其作用越来越显著, 逐步被业内人士认可。遥感技术的应用深入到国民经济建设的方方面面, 成为分

收稿日期: 2015-11-03; 修回日期: 2016-01-28.

基金项目: 中国科学院遥感与数字地球研究所所长基金项目(ZZCEODE2015HT013)。

作者简介: 谢 帅(1991-), 男, 山东青岛人, 硕士生, 研究方向为网络空间信息系统。E-mail: xieshuai@radi.ac.cn

*通讯作者: 段建波(1981-), 男, 陕西韩城人, 硕士, 工程师, 研究方向为空间数据管理和WebGIS。E-mail: jbduean@ceode.ac.cn

析、解决资源与环境问题的有力手段,为决策人员提供了大量宏观辅助决策信息。GIS技术与网络通信技术的结合,使遥感数据的分发变得方便而快捷,网络分发服务改善了以磁盘介质为交付形式的分发服务中所存在的运输速度慢、运输成本高等问题,使用户可以通过网站足不出户的订购与下载所需的遥感数据及其产品,极大地促进了遥感技术的应用与普及。

空间数据分析技术为分析地理现象的空间分布及其分异规律提供了理论依据和技术支撑。地理探测器方法作为近年来提出的一种新的空间数据分析方法,逐渐应用到众多领域。与传统统计方法相比,该模型在假设条件方面(如同方差性和正态性)受到的制约较少,对于分析现象的空间分异规律及其影响因素方面具有独到之处。该模型最初应用于地方性疾病风险和相关地理影响因素的研究^[1],通过衡量疾病与可能的风险因子在空间分布上的一致性程度来揭示风险因子的影响力。此后,该模型先后应用于城市经济增长率评价^[2]、县城城镇化^[3]、史前聚落人地关系^[4]、城市休闲商务区^[5]、居民宜居满意度^[6]等领域。

中国遥感卫星地面站是为全国提供卫星遥感数据及空间遥感信息服务的社会公益型装置,也是中国大陆唯一的国家级民用多种卫星数据的接收与处理基础设施。其数据接收站网由北京密云站、新疆喀什站、海南三亚站组成,接收数据能够覆盖中国全部领土和亚洲70%的疆土。地面站的主要任务是接收、处理、存档、分发各类地球对地观测卫星数据,为全国各行各业提供服务^[7]。同时,开展卫星数据接收与处理以及相关技术的研究,真正实现了一站多星,具备全天候、全天时、近实时、多光谱、多种分辨率的卫星数据接收处理能力^[8]。OSDS (Open Spatial Data Sharing)是中国科学院遥感与数字地球研究所(RADI)“对地观测数据共享计划”的对外门户,该网站负责提供多种标准景卫星遥感数据产品下载服务。用户可以通过注册OSDS网站账户,下载所需要的卫星遥感数据或其产品。这些卫星遥感数据均由中国科学院遥感卫星地面站负责接收、处理、归档。开放式空间数据共享网站是在线遥感信息和遥感数据源传播的重要平台,而其注册用户由于具有地理位置的空间属性,同时也是一种特殊的地理现象。开展在线注册用户的空间格局及其影响因素研究,不仅能够揭示遥感数据用户

的空间分布规律,而且有利于遥感与地理信息产业的调整 and 空间布局的优化。同时,对提高网站地区服务能力、优化网站结构与性能,以及有针对性地为用户提供数据服务具有重要意义,也为遥感与地理信息技术相关公司企业的选址问题提供区域性导向作用。

国内外学者对于遥感技术应用方面的研究较为广泛,而从空间视角对遥感学者这个群体的研究还比较少。鉴此,本文主要利用在空间分析领域新提出的、应用较好的地理探测器模型,并结合最近邻层次空间聚类方法,将全国范围的注册用户作为整体,首先,利用最近邻层次空间聚类对用户的空间分布格局进行分级热点分析;然后,利用地理探测器方法揭示用户分布的空间分异规律及其影响因素,从空间角度对其分布规律及影响因素进行宏观分析与度量。认识遥感技术应用的区域差异格局、明确影响因素,有利于从宏观层面把握中国不同地区潜在遥感用户的密集程度,并从影响要素入手,制定有针对性的区域数据服务策略,为遥感与地理信息产业合理有序发展提供依据。

2 数据和方法

2.1 数据来源及预处理

本文所利用的数据来自OSDS网站服务器中的用户注册信息。用户通过网站注册会将信息通过HTTP协议提交到web服务器,再由web服务器存储到数据库中。利用2005年以来数据库中所存储的20 845条记录,每条记录有14个字段(主要利用其中的ADDRESS文本字段)。通过文本地址解析、GIS数据可视化并结合空间操作对用户点进行空间可视化、空间信息统计及空间逻辑运算等预处理,得到可供规范的数据。社会经济统计数据来自《中国统计年鉴2014》^[9],综合考虑了各方面可能的影响因素,注册用户群体大都属于教育和科研的领域,当用户登录“在线数据订购分发系统”对特定数据进行订购时是属于经济因素,在线访问与下载则属于网络因素,用户量又与人口有关,作为测绘的辅助手段也离不开测绘因素,计算机作为遥感数据分析、处理平台与信息技术有关。从这些考虑因素出发,并结合数据的可获取性,本文分别选取了分地区的人均GDP(X1)、普通高等学校数量(X2)、互联网上网人数(X3)、地形图合计(X4)、每百人使用

计算机数(X5)、人口密度(X6)、R&D经费(X7)作为经济、教育、网络、测绘、信息、人口、科研7方面的代表性指标,并进行等级分区,作为地理探测器模型的输入探测因子,力求简洁准确地表达影响注册用户量地区差异的因素。

2.2 最近邻层次空间聚类

最近邻层次空间聚类(Nearest-Neighbor Hierarchical Spatial Clustering)是建立在最近邻分析(Nearest Neighbor Analysis, NNA)之上的一种空间热点分析(Hot Spot Analysis)^[10]。所谓空间热点分析即研究一种现象在空间上的聚集程度。因此,本文定义这样的地理区域为“热点”,该地理区域在面积上所占研究区域的比例很小,而在该地理区域上所研究的空间现象却占总现象的比例很大。而另一方面,这种聚集“热点”的尺度依赖于研究区的尺度,该“热点”既可以是现实中的点要素,也可以是线要素,也可以是面要素^[11]。最近邻层次空间聚类是在最近邻分析(NNA)基础之上,在不同逻辑层次上,对现象在空间区域上分布热点的探测,是对空间现象的分层次空间聚类,可以在高逻辑层次下发现低逻辑层次所表现不出来的空间聚集现象。王劲峰等利用最近邻层次空间聚类对2003年SARS在北京传播的11 108位密切接触者进行空间分析,发现小空间尺度上分布呈现随机,大空间尺度上分布呈现聚集并与北京主要环线有较高的相关性^[12]。

CrimeStat III最初是用于对犯罪事件进行空间统计分析,但在流行病学等众多领域也获得了广泛的应用^[13]。本文利用CrimeStat III对分布在全国各地的20 845个注册用户点数据进行最近邻层次空间聚类,在不同逻辑层次上,分级探测用户分布的热点聚集地区。由于研究范围较大,空间尺度最小的第一级聚类结果虽然客观存在,但不易显示,只显示和分析空间尺度较大的第二、三级聚类结果,并生成第二、三级聚类的标准差椭圆方向分布图。

2.3 地理探测器

2.3.1 模型

地理事物空间分布的差异性,深受经济社会或自然要素的影响。地理探测器是基于空间分异理论,由风险探测(Risk detector)、因子探测(Factor detector)、生态探测(Ecological detector)、交互探测(Interaction detector)4部分组成^[14]。该模型的输入数据分为现象因子和影响因子2部分,利用“因子探

测”的PD值(Power of Determinant)可以得出影响因子对现象因子空间分异的解释力,并可比较出多个影响因子之间对该现象在空间上分异的解释力的相对大小,即将现象因子和影响因子之间定性的相关性表达为定量的解释力百分比数值(PD值)。该模型与Moran's I等空间聚集检验有较大的差异,空间聚集检验是分别计算实际观测样本值和假设随机分布样本值之间统计量的值,对统计量差异的显著性进行检验,来判断是否存在空间聚集;而地理探测器是探测现象因子空间分异和影响因子空间分异的两空间分布的一致性检验^[15]。

本文利用地理探测器的方法,对OSDS注册用户空间分布特征及其影响因子进行分析。其中,因子探测主要测度不同影响因子对现象因子的解释程度,计算公式如式(1)所示。

$$P_{D,G} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^m n_i \sigma_i^2 \quad (1)$$

式中: $P_{D,G}$ 表示影响因子D对现象因子G的解释力值; n 为一级区域内省份的个数; σ^2 为一级区域内OSDS注册用户数量的离散方差; m 为次级区域的个数; n_i 为次级区域内省份的个数; σ_i^2 为次级区域内OSDS注册用户数量的离散方差。 $P_{D,G}$ 取值范围为[0,1],数值越大,说明影响因子D对现象因子G空间分异的影响程度越大,即解释力越强。若所得数值为1,则表示影响因子对现象因子完全解释,即影响因子的分区完美地解释了现象因子的空间分异性。而交互探测可以解释影响因子是独立起作用还是具有交互作用,表达式如下:

$$(1) P(A \cap B) < \min(P(A), P(B))$$

A和B交互后非线性减弱

$$(2) \min(P(A), P(B)) < P(A \cap B) < \max(P(A), P(B))$$

A和B交互后单线性减弱

$$(3) P(A \cap B) > \max(P(A), P(B))$$

A和B交互后双线性加强

$$(4) P(A \cap B) > P(A) + P(B)$$

A和B交互后非线性加强

$$(5) P(A \cap B) = P(A) + P(B)$$

A和B相互独立

2.3.2 指标选取及最优离散化

OSDS是中国科学院遥感与数字地球所对外提供卫星遥感数据及其产品的网站,随着其注册用户逐年不断增多,一定程度上反映了该数据共享网站的影响力。其注册用户的空间分布在一定程度上

也映射出了遥感技术在全国范围内的扩散及空间分布特征。

影响OSDS注册用户空间分异的因素有很多方面,涉及经济、教育、网络、测绘、信息、人口、科研,这些影响因素也是一种新技术得以扩散的条件和载体。在地理探测器模型下,以省份为研究单元,与最近邻层次空间聚类方法的研究对象尺度有所不同,以各省份的用户注册量为现象因子(图1),对于影响因子的选择,通过查阅《中国统计年鉴》,选取分地区的人均GDP、普通高等学校数量、互联网上网人数、地形图合计、每百人使用计算机数、人口密度、R&D经费为各个影响因素的代理变量(表1),以此来分别表征所涉及的各方面因素在各地区的发展差异,并以这7个代理变量为影响因子探测现象因子(OSDS用户注册量)空间分布特征,通过比较影响因子PD值的大小,可以得出每个因子对OSDS注册用户空间分异影响程度(解释力)的相对大小。

由于这些代理变量都属于连续变量,而地理探测器模型对于变量的要求是分区离散的。研究者根据经验对连续数据离散化,带有一定的主观性和随机性^[16]。为了克服该缺点,对于没有确定分类信息的连续变量,采用非监督离散化方法——自然断点法(Natural Breaks)使连续代理变量离散化。自然

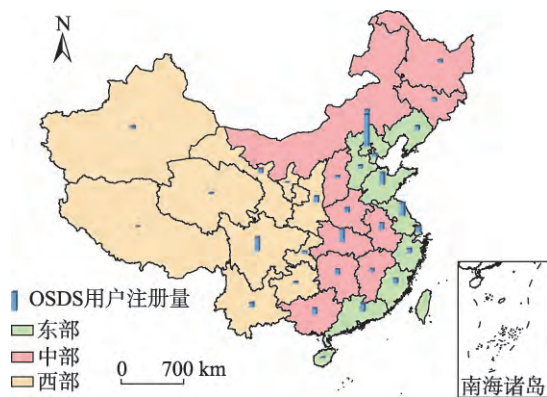


图1 OSDS用户注册量空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of OSDS user registrations

表1 影响因素探测指标

Tab. 1 Detection indices of the influence factors

影响因素	代理变量
经济	人均GDP
教育	普通高等学校数量
网络	互联网上网人数
测绘	地形图合计
信息	每百人使用计算机数
人口	人口密度
科研	R&D经费

断点法是一种在给定分类数下的最佳间断方法,它使间隔内部的差异最小化,而使间隔之间的差异最大化。

所谓代理变量最优离散化,是指结合地理探测器,在某一离散化方法和给定的分类数区间下选取使PD值最大的分类数。最优离散化算法流程图如图2所示。当用某一离散化方法下的某个分类数对地理空间进行划分,若所得的PD值较高,说明在该离散方法及分类数下,影响因子对现象因子的影响力更强,表示影响因子的分类更能代表现象因子的分类,即影响因子最优地解释了现象因子的分布规律。本文对于每个影响因子选取3~7个分类数利用自然断点法和地理探测器PD值进行最优离散化处理,图3为地理探测器结果所显示的各因子分类数与其对应的PD值的变化统计图,从图中可以看出,随着分类数目的增加,各影响因子的PD值大体呈现上升趋势。取每个因子对应的PD值最大的分类数作为最优离散化分类数。结果表明,人均GDP、普通高等学校数量、互联网上网人数、地形图合计、每百人使用计算机数、人口密度、R&D经费7个影响因子的最优离散化分区数分别为7、6、7、6、7、7、7。

2.3.3 影响因子探测

根据影响因子最优离散化结果得到了各影响因子对现象因子解释力的最佳类别分区,即各影响因子的该类别分区较为理想地解释了现象因子形

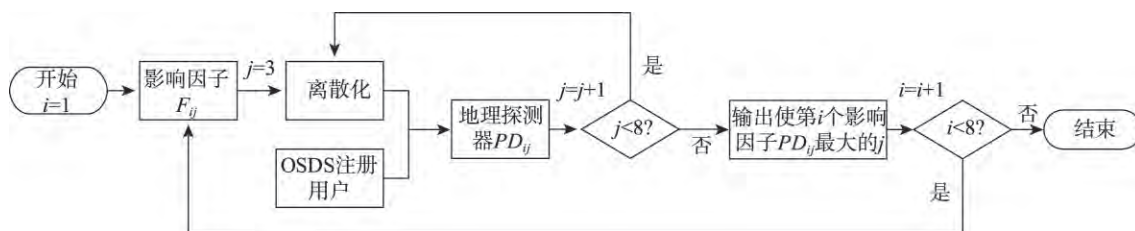


图2 最优离散化流程图

Fig. 2 Flowchart of the optimal discretization

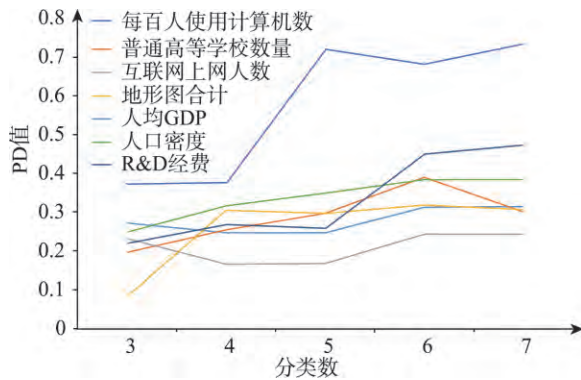


图3 最优离散化折线统计图

Fig. 3 Line chart of the optimal discretization

成该特定空间分布格局的原因。7个影响因子类别化空间分布图如图4所示,该图显示了全国以省份为研究单元的各因子最优离散化下的最佳分类数所呈现出的空间类别分级情况。作为地理探测器模型的输入因子,对各因子与现象因子分别进行空间分布一致性检验。

利用地理探测器“因子探测”分别计算7个影响因子对OSDS用户注册量空间分布影响能力的PD值,并且再结合“交互探测”计算各因子之间对现象空间分异是否具有交互作用,各因子是独立起作用还是交互起作用。

3 结果与分析

3.1 OSDS注册用户空间分布特征

由最近邻层次空间聚类结果(图5)分析可知,第二级空间聚类热点区域共38个,其中黑龙江省、吉林省、辽宁省、内蒙古自治区、北京市、天津市、河北省、山西省、陕西省、上海市、江西省、湖南省、重庆市、贵州省、云南省各1个,河南省、江苏省、湖北省、浙江省、四川省、广西壮族自治区、广东省、福建省各2个,安徽省3个,山东省4个。空间分布特征表现为:第二级热点区域表现为东密西疏,主要集

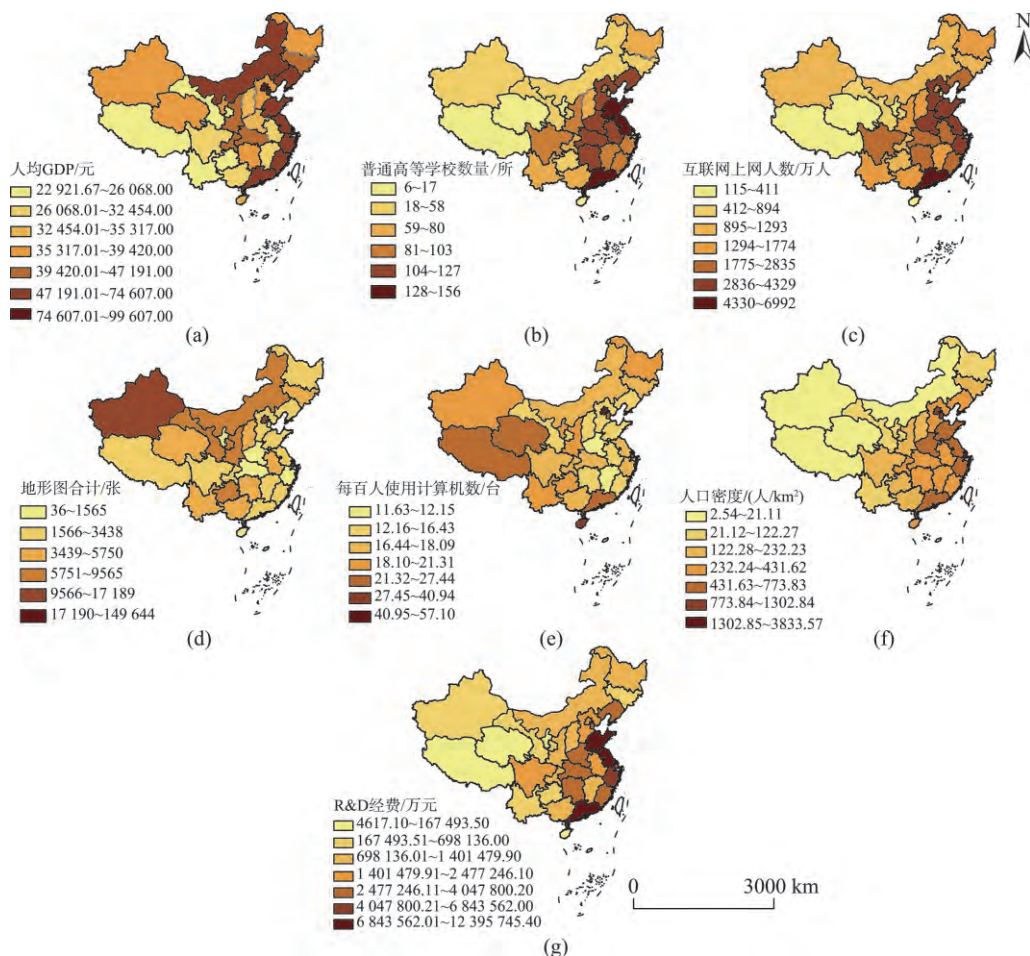


图4 地理探测因子类别化空间分布图

Fig. 4 Categorized spatial distribution map of the geographical detecting factors

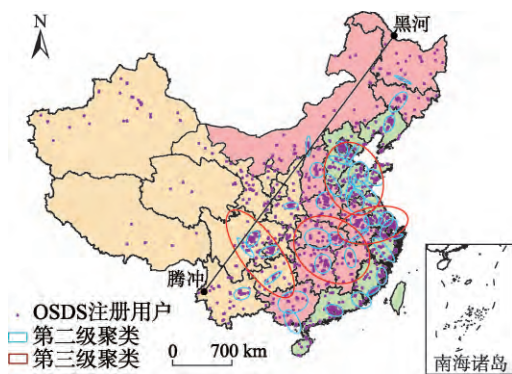


图5 最近邻层次空间聚类结果图

Fig. 5 Result of the nearest neighbor hierarchical spatial clustering

中在中国东部沿海一带,并呈现由东南沿海向西北内陆聚集区域逐渐减少,由发达地区向欠发达地区聚集程度逐渐降低,并且绝大多数分布在黑河-腾冲一线以南。第三级空间聚类热点区域共4个,其中有3个标准差椭圆的方向是西北-东南走向,1个标准差椭圆的方向是西南-东北走向。西北-东南走向的3个第三级“热点”区域分别是四川省、重庆市、贵州省组成的中国西南地区,湖北省、湖南省、江西省组成的华中地区,北京市、天津市、河北省、山东省、河南省、江苏省、安徽省组成的华北地区。西南-东北走向的1个第三级“热点”区域是安徽省、江苏省、上海市、浙江省组成的长江三角洲地区。由此可见,第二级聚类表达的是小尺度的省内城市之间的聚集,而第三级聚类表达的是大尺度省际之间的聚集。

3.2 用户空间分异影响因素分析

地理探测器结果从单因子到交互因子全面揭示了用户空间分布的影响因素。其中,因子探测是测度各影响因子对 OSDS 用户注册量空间差异的解释程度大小,结果如表2所示。为了更加直观地展现各影响因子PD值的大小,绘制成柱状统计图,如

表2 各影响因子PD值

Tab. 2 PD values of all the influence factors

影响因子	PD值/(%)
人均GDP	31.26
普通高等学校数量	38.88
互联网上网人数	24.16
地形图合计	31.67
每百人使用计算机数	73.68
人口密度	38.21
R&D经费	47.67

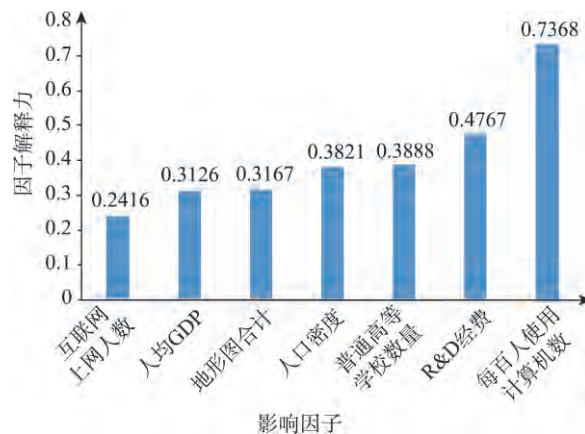


图6 影响因素的因子解释力

Fig. 6 Power of determinant for each influence factor

图6所示。按照7个影响因子对用户空间分布格局的影响力PD值强弱排序如下,每百人使用计算机数(73.68%)>R&D经费(47.67%)>普通高等学校数量(38.88%)>人口密度(38.21%)>地形图合计(31.67%)>人均GDP(31.26%)>互联网上网人数(24.16%)。

由排序结果可以看出,排在前3位的依次是计算机、科研经费和普通高校,分别代表该地区在信息、科研和教育方面的发展程度,排在后4位的依次是人口密度、地形图、人均GDP和互联网,分别代表该地区在人口、测绘、经济和网络方面的发展情况。OSDS用户的空间分布特征从侧面反映出了遥感技术应用的地区差异性与不平衡性。结果表明,对OSDS注册用户空间分异格局起到主要解释作用的影响因素是该地区信息、科研、教育3方面的发展程度。遥感既是一门学科,也是一门技术。随着遥感在中国的发展,从事遥感事业的人数逐年增多,说明信息、科研、教育是遥感科学在中国普及、应用与发展的3个主要影响因素。计算机是现代信息发展的载体,信息通过计算机、网络进行传输。遥感技术的应用首先离不开计算机的普及以及广泛应用,遥感数据的存储、处理、发布均以计算机的软硬件为媒介,而且作为大数据对计算机的性能要求极高,因此计算机硬软件的发展是影响遥感技术应用的重要因素。信息的发达程度预示着遥感科学在该地区得以广泛传播与扩散,充足的科研经费和普通高校在遥感专业的研究开展则是其发展的保障。因此,这3个方面制约着用户的地区分布差异。从这个角度看,开展遥感技术应用与研究的地区必定是在这方面已经具备相当实力的地区。同时,遥感为地理信息科学与测绘科学提供了新的技

术手段,而分别以湖北省、江苏省、北京市、四川省为主的 用户聚集地区都是在地理与测绘科学有着雄厚实力的教育与科研大户。

一项新技术的广泛应用都会受到该地区经济发展水平的影响^[17]。但地理探测器“因子探测”结果显示,以“人均 GDP”作为代理变量的经济单因素对用户空间分布的 PD 值并不高,说明经济单因素的空间分异性与 OSDS 用户分布的空间分异性的一致性并不显著。同时,互联网的发展为信息的传递与表达提供了一个高速、高效的平台,用户可以通过互联网足不出户下载使用卫星遥感数据进行科学研究与学习。网络的发展是用户通过该数据共享网站获取遥感数据的必要条件,即一个地区网络的发展情况可以从侧面揭示出该地区用户注册量的多少,而地理探测器因子探测结果中以“互联网上网人数”为代理变量的网络因素的 PD 值同样不高,并且处于最低的地位,单因素对用户分布的解释力也较弱。另外,作为实际测绘工作的辅助手段,测绘单因素在地理探测器结果中的解释力数值也 并不高,而遥感技术主要包括卫星遥感和航空遥感 2 个方面,作为地形图测绘的重要手段航空遥感在实际已经得到了广泛的应用,而卫星遥感影像在测图工作中同样取得了较好的效果^[18]。与传统测绘工作相比,航空遥感测绘可以节省人力、物力,具有周期短、覆盖范围大、不受地形、天气条件限制等优势。此外,造价昂贵的传感器和飞行器也大大增加了遥感测绘技术的成本,因此测绘单因素与用户分布的一致性并不高,有可能与经济因素共同制约着用户的空间分异性。综上,可以推测出经济单因素、网络单因素以及测绘单因素对 OSDS 用户空间

分异的解释力不是单独起作用,而是依赖其他因素,与其他因素交互起作用。地理探测器“交互探测”可以揭示影响因子 A 和影响因子 B 之间对现象因子的交互作用。

利用交互探测分析经济因素、网络因素以及测绘因素分别与其他因素之间或它们之间对用户分布影响是否存在交互作用(表 3)。结果表明,人均 GDP 与高校、R&D 经费、地形图因子交互后的 PD 值分别为 0.9347、0.9472、0.8786,均满足 $P(A \cap B) > P(A) + P(B)$,说明经济与教育、科研、测绘的交互影响呈现非线性加强;而与计算机交互后的 PD 值为 0.8276,满足 $P(A \cap B) > \max(P(A), P(B))$,说明与计算机交互影响呈现双线性加强。同样,交互探测结果显示,互联网与 R&D 经费的交互 PD 值为 0.9237,满足 $P(A \cap B) > P(A) + P(B)$,交互后因子解释力为非线性加强;而互联网与高校交互 PD 值为 0.4820,满足 $P(A \cap B) > \max(P(A), P(B))$,交互后因子解释力为双线性加强,即网络与科研、教育交互后均表现出不同程度的加强。由此可见,经济因素、网络因素以及测绘因素与其他因素交互后的因子解释力都强于原来单个因子的解释力或原单因素 PD 值之和。因此,经济、网络 and 测绘对用户分布的空间差异并不是单独起作用,而是和其他因素交互起作用。也就是说,经济因素、网络因素和测绘因素虽然是制约用户分布的必要因素,但在单因素影响方面不及信息、科研、教育,而只有分别与它们结合才能发挥比自身单因素更强的影响力,即经济和网络分别与信息、科研、教育和测绘相互制约影响着用户的空间分布,进而影响着地区之间遥感技术的应用、普及与发展的空间差异性。

表 3 交互探测结果
Tab. 3 Result of the interaction detection

C=A∩B	判断	A+B	结果	解释
人均 GDP∩高校=0.9347	>	人均 GDP+高校=0.7014	$P(A \cap B) > P(A) + P(B)$	非线性加强
人均 GDP∩R&D 经费=0.9472	>	人均 GDP+R&D 经费=0.7893	$P(A \cap B) > P(A) + P(B)$	非线性加强
人均 GDP∩计算机=0.8276	<	人均 GDP+计算机=1.0494	$P(A \cap B) > \max(P(A), P(B))$	双线性加强
人均 GDP∩地形图=0.8786	>	人均 GDP+地形图=0.6293	$P(A \cap B) > P(A) + P(B)$	非线性加强
网络∩R&D 经费=0.9237	>	网络+R&D 经费=0.7183	$P(A \cap B) > P(A) + P(B)$	非线性加强
网络∩高校=0.4820	<	网络+高校=0.6304	$P(A \cap B) > \max(P(A), P(B))$	双线性加强

4 结论

中国科学院遥感卫星地面站的建立,使国内的

卫星遥感影像数据有了一套比较完善的接收、处理、归档与分发系统。互联网作为一种信息传递的新平台,为用户获取卫星遥感数据提供了便捷的途

径。OSDS网站提供了多种标准景卫星遥感数据产品下载服务,用户可以通过注册OSDS网站账户,下载所需要的卫星遥感数据或其产品。本文选取OSDS网站服务器中大量的用户注册信息,利用分级空间聚类 and 地理探测器方法,分析了注册用户的空间分布特征和其注册量在各省的空间差异性及其影响因素,通过对注册用户的分析反映出各地区遥感技术应用的相对差异性和造成这种地区差异的原因。分析结果表明:

(1)OSDS注册用户分布的热点区域主要位于中国东部沿海一带,整体呈现出东密西疏的格局,而且大部分热点地区集中在黑河-腾冲线以南。局部地区,北京市、上海市、广州市及其周围发达地区有大量用户点聚集,并已得到二级聚类标准差椭圆的识别,呈现出明显的用户群聚现象。二级聚类结果总体来看,用户热点区域分布趋势由东南沿海向西北内陆逐渐减少,由发达地区向欠发达地区聚集程度逐渐降低。

(2)第三级聚类结果显示,有4个省际间的用户分布热点聚集区,分别是以北京市、山东省为主的华北地区,以湖北省为主的华中地区,以四川省为主的中国西南地区 and 以江苏省、上海市为主的长江三角洲地区。这些区域都是在地理学与测绘科学领域有着雄厚实力的地区,即和地理学与测绘科学的聚集分布地区有着高度的一致性,充分体现了遥感技术作为地理学与测绘科学的新研究手段而在这些地区得以广泛应用。

(3)地理探测器是分析某种要素空间格局、探测其影响因素的有力工具。本文的因子探测结果显示,各影响因子按解释力(PD值)强弱排序依次是每百人使用计算机数>R & D经费>普通高等学校数量>人口密度>地形图合计>人均GDP>互联网上网人数,可以得出结论是用户量在各省的空间差异性主要由信息、科研、教育因素导致,其他因素也有较强的解释力,但单因素影响力不如以上3方面大,如经济、网络单因素的影响PD值相对较小。而交互探测结果显示,经济因素与网络因素分别与多个因素交互的PD值均超过了其各自PD值相加之和或其中最大值,交互影响力均呈现不同程度的加强。还说明经济和网络因素对于用户空间分布并不是独立起作用,而是和信息、科研、教育、测绘其它影响因素交互起作用,并共同制约用户的空间分布,即间接反映出遥感技术应用和发展的区域差异。

综上所述研究结论,本文展示了利用地理探测器模型能够从整体上分析遥感学者群体的空间分布特征及其影响因素。根据用户空间分布所反映出来的遥感技术应用与发展的地区差异性和空间不平衡性,数据分发网站可以适当调整网站资源,优化服务策略,将有利于提高网站地区服务能力,能够指导数据提供者更有针对性地为用户提供数据服务。同时,本研究对于遥感与地理信息技术相关公司企业的选址也具有一定的区域性导向作用,能够为遥感产业调整和空间布局优化提供依据。

参考文献(References):

- [1] Wang J F, Li X H, Christakos G, *et al.* Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010,24(1):107-127.
- [2] 丁悦,蔡建明,任周鹏,等.基于地理探测器的国家级经济技术开发区经济增长率空间分异及影响因素[J].*地理科学进展*,2014,33(5):657-666. [Ding Y, Cai J M, Ren Z P, *et al.* Spatial disparities of economic growth rate of China's national-level ETDZs and their determinants based on geographical detector analysis[J]. *Progress in Geography*, 2014,33(5):657-666.]
- [3] 杨勃,石培基.甘肃省县域城镇化地域差异及形成机理[J].*干旱区地理*,2014,37(4):838-845. [Yang B, Shi P J. Geographical features and formation mechanisms of county level urbanization in Gansu Province[J]. *Arid Land Geography*, 2014,37(4):838-845.]
- [4] 毕硕本,计晗,陈昌春,等.地理探测器在史前聚落人地关系研究中的应用与分析[J].*地理科学进展*,2015,34(1):118-127. [Bi S B, Ji H, Chen C C, *et al.* Application of geographical detector in human-environment relationship study of prehistoric settlements[J]. *Progress in Geography*, 2015,34(1):118-127.]
- [5] 朱鹤,刘家明,陶慧,等.北京城市休闲商务区的时空分布特征与成因[J].*地理学报*,2015,70(8):1215-1228. [Zhu H, Liu J M, Tao H, *et al.* Temporal-spatial pattern and contributing factors of urban RBDs in Beijing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015,70(8):1215-1228.]
- [6] 湛东升,张文忠,余建辉,等.基于地理探测器的北京市居民宜居满意度影响机理[J].*地理科学进展*,2015,34(8):966-975. [Zhan D S, Zhang W Z, Yu J H, *et al.* Analysis of influencing mechanism of residents' livability satisfaction in Beijing using geographical detector[J]. *Progress in Geography*, 2015,34(8):966-975.]
- [7] 中国科学院对地观测与数字地球科学中心,中国科学院

- 高技术研究与发展局.遥感卫星地面站的运行与发展[J].中国科学院院刊,2010,25(3):353-357. [Center for Earth Observation and Digital Earth. Bureau of High-Tech Research and Development CAS. Operation and development of remote sensing satellite ground station[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2010,25(3): 353-357.]
- [8] 刘士彬,屈倩.基于UML的数据服务系统的建模[J].微计算机信息,2011,28(4):145-147. [Liu S B, Qu Q. UML-based modeling for data services system[J]. Microcomputer Information, 2011,28(4):145-147.]
- [9] 国家统计局.中国统计年鉴2014[J].<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2014/indexch.htm>, 2014. [National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook 2014[J]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2014/indexch.htm>,2014.]
- [10] Levine N. Crime mapping and the CrimeStat program[J]. Geographical Analysis, 2006,38(1):41-56.
- [11] Smith S C, Bruce C W. CrimeStat III user workbook[M]. Washington, DC: The National Institute of Justice, 2008.
- [12] 王劲峰,孟斌,郑晓瑛,等.北京市2003年SARS疫情的多维分布及其影响因素分析[J].中华流行病学杂志,2005, 26(3):164-168. [Wang J F, Meng B, Zheng X Y, *et al.* Analysis on the multi-distribution and the major influencing factors on severe acute respiratory syndrome in Beijing[J]. Chinese Journal of Epidemiology, 2005,26(3): 164-168.]
- [13] 李瑞生,王秋云,王云峰.基于CrimeStat的犯罪热点区域分析方法研究[J].警察技术,2013(3):46-48. [Li R S, Wang Q Y, Wang Y F. Research on the analysis method of hot spots of crime based on CrimeStat[J]. Police Technology, 2013,3:46-48.]
- [14] Wang J F, Hu Y. Environmental health risk detection with GeogDetector[J]. Environmental Modelling & Software, 2012,33:114-115.
- [15] 王劲峰,廖一兰,刘鑫.空间数据分析教程[M].北京:科学出版社,2010. [Wang J F, Liao Y L, Liu X. Tutorial of spatial data analysis[M]. Beijing:Science Publishing, 2010.]
- [16] Cao F, Ge Y, Wang J F. Optimal discretization for geographical detectors-based risk assessment[J]. GIScience & Remote Sensing, 2013,50(1):78-92.
- [17] 王智勇,王劲峰,何建邦.技术的时空扩散研究:以GIS在中国教育科研机构的扩散为例[J].经济地理,2007,27(1): 15-21. [Wang Z Y, Wang J F, He J B. Temporal—spatial diffusion of technology: an example of GIS diffusion in sector of colleges and institutions in China[J]. Economic Geography, 2007,27(1):15-21.]
- [18] 于婷.浅谈遥感技术在测绘领域的发展应用[J].价值工程,2014,33(21):219-220. [Yu T. On the development and application of remote sensing technology in the field of surveying and mapping[J]. Value Engineering, 2014,33 (21):219-220.]