

黑龙江省域乡村人-地-业系统时空耦合特征及驱动因素分析

——基于第一产业视角

孙宇, 宁静*

(东北农业大学公共管理与法学院, 哈尔滨 150030)

摘要:黑龙江省作为国家粮食稳产保供的“压舱石”,在国家粮食安全层面具有重要意义。因此,为实现黑龙江省农业农村现代化、推动黑龙江省乡村振兴,探究黑龙江省乡村人-地-业系统耦合发展及其驱动力意义重大。本文以黑龙江省域为研究对象,综合运用耦合度及耦合协调度测算,分析黑龙江省耦合类型及耦合协调度等级的时空演变特征,并利用地理探测器识别其驱动因素。研究结果如下:①从整体来看,2016—2020年黑龙江省乡村人-地-业系统耦合度及耦合协调度的测算结果与运动趋势基本保持一致。其乡村三个子系统的耦合类型均处于磨合阶段,耦合协调度等级均处于拮据阶段,波动不显著。②空间差异显示,各市乡村人-地-业系统耦合度及耦合协调度差异较明显,大致呈现出北高南低的态势;耦合发展水平以哈尔滨市为中心,向边缘城市递增;耦合协调度在濒临失调与勉强协调之间反复波动。③从驱动因子来看,单一因子与交互因子对乡村三个子系统耦合发展解释力的强弱有较大差异,其中乡村从业人员占比(X2)与乡村人口密度(X3)作为单一因子或交互因子都表现出较强的解释力,且交互因子驱动力大于单一因子驱动力;所有交互作用类型聚焦于双因子增强与非线性增强。黑龙江省各市乡村人-地-业系统耦合发展是多因素共同作用的结果,优化人口结构、提高土地利用效率和农业科技水平等措施是增强其耦合动力及全面促进乡村振兴的重要路径。

关键词:乡村人-地-业;耦合度;耦合协调度;时空耦合;地理探测器

中图分类号:K92 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2024)06-0021-13

0 引言

我国是一个传统的农业大国,乡村在国家发展过程中占据着重要地位。2024年中央一号文件指出:“锚定建设农业强国目标,以确保国家粮食安全,确保不发生规模性返贫为底线,以提升乡村产业发展水平、提升乡村建设水平、提升乡村治理水平为重点”,从而加快农业农村现代化建设。在当前城镇化和工业化快速发展的背景下,我国乡村正经历着前所未有的变革^[1]。这一变革不仅仅体现在地域空间格局的重构和社会经济发展的转型上,更深层次地反映在乡村人口、土地和产业三者之间的协调发展上^[2]。乡村振兴战略的核心在于实现人-地-业的和谐发展,“人”作为乡村社会系统的行为主体,其流

动与结构变化直接影响乡村的活力和发展潜力^[3]。同时,“地”的承载能力决定了村镇建设、乡村发展和村庄运营的可持续性^[4]。其中“业”的支撑作用不可或缺,尤其是第一产业作为传统乡村产业的演化和融合发展,为新时代的“三农”问题提供了基础解决路径^[5]。

乡村振兴其实质是一个重组乡村要素、优化空间结构、提升地域功能的过程^[6],其核心是构建人口、土地、产业等要素的耦合格局^[7]。随着我国乡村振兴战略进入全面推进阶段^[8],相关理论研究日益推进。国内学者对乡村振兴的研究主要聚焦于乡村振兴的综合评价,构建相应的评价指标体系,探究各要素振兴路径^[9],选取乡村人口、土地、产业各系统指标进行评价,并测算耦合度变化,探讨三系统的融合发展对乡村系统的

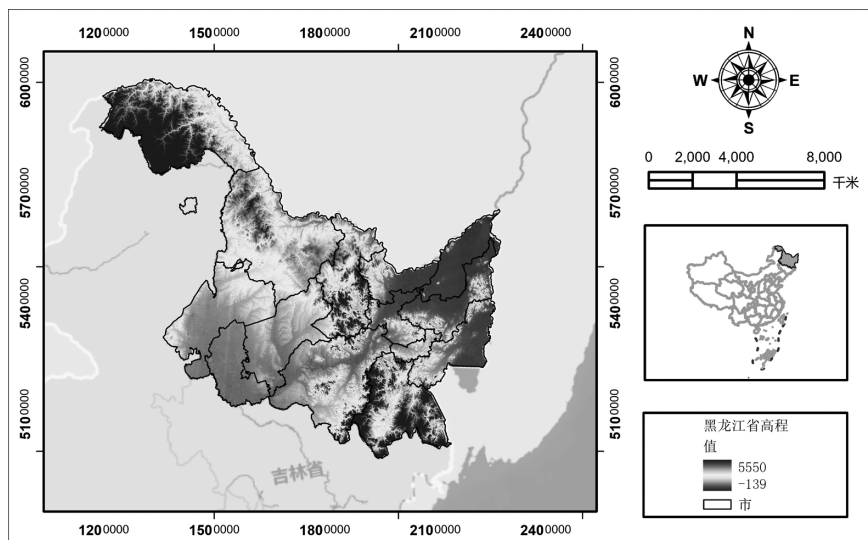


图 1 研究区位置及概况图

(注:本图来源于国家基础地理信息公共服务平台(<https://www.tianditu.gov.cn/>)。审图号:GS(2023)2767 号)

影响^[10-13];也有学者对三系统的耦合发展进行时空耦合特征分析,研究区域多集中在各经济区和城市群^[14-16],主要使用各区域统计年鉴的截面数据作为支撑,对乡村人口、土地、产业各子系统的协调发展格局和机制进行研究^[3,8,17,18]。基于此,本文以黑龙江省各市为研究对象,以各市连续年份的乡村人口、土地、产业各具体系统发展状况为指标,综合运用耦合度及耦合协调度模型进行测算,分析黑龙江省耦合类型及耦合协调度等级的时空演变特征,并利用地理探测器识别其驱动因素。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域概况

黑龙江省,中国东北边陲,省会哈尔滨。气候为寒温带与温带大陆性季风气候。经济以农业为主,农作物以大豆和水稻为主,同时拥有煤炭、石油等矿产资源。多民族如汉、满、朝鲜族等共生,形成丰富多彩的地方特色。黑龙江省在东北亚的农业和资源领域占有重要地位,是研究自然资源开发、农业生产、民族文化交融等多方面的理想区域。因此,本文以黑龙江省 13 个市作为研究对象,探讨其各地区乡村人-地-业系统发展状况。

1.2 数据来源

选取 2016-2020 年共 5 年的研究区相关数据,其中,人口、土地、产业数据主要来源于《中国城市统计年鉴》《黑龙江省统计年鉴》和各市年鉴及国民经济和社会发展统计公报。中国地图及行政区划图来源于国家基础地理信息公共服务平台,DEM 高程数据来源于 1:1 000 000 万全国基础地理数据集。

2 数据处理与研究方法

2.1 数据处理

(1) 数据无量纲化处理

正向指标:

$$Y_i = \frac{(X_i - \min X_i)}{(\max X_i - \min X_i)} \quad (1)$$

负向指标:

$$Y_i = \frac{(\max X_i - X_i)}{(\max X_i - \min X_i)} \quad (2)$$

(2) 确定评价指标权重

$$W_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (3)$$

(3) 计算综合评价得分

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \times Y_i \quad (4)$$

2.2 耦合协调度模型

(1)乡村人-地-业耦合度 C_i 。参考耦合度模型^[19-20],用乡村人-地-业耦合度来表示省域乡村人口、土地、产业三个子系统之间的作用关系,公式如下:

$$P_i = \sum_{i=1}^m W_{i1} \times P'_i \quad (5)$$

$$L_i = \sum_{i=1}^m W_{i2} \times L'_i \quad (6)$$

$$I_i = \sum_{i=1}^m W_{i3} \times I'_i \quad (7)$$

$$C_i = 3 \times \left[\frac{P_i \times L_i \times I_i}{(P_i \times L_i \times I_i)^3} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (8)$$

式中, P_i 为乡村人口系统; L_i 为乡村土地系统; I_i 为乡村产业系统; W_{i1} 、 W_{i2} 、 W_{i3} 分别表示乡村人口、土地、产业系统的权重; P'_i 、 L'_i 、 I'_i 分别是对初始数据进行标准化后得到的无量纲值; C_i 表示三个系统的耦合度,取值范围为 $[0,1]$ 。 C_i 值若越大,说明乡村人口、土地、产业系统之间的

相互作用越明显^[3]。借鉴已有研究成果,将乡村人口、土地、产业系统耦合度类型划分为4个阶段,如表1所示。

(2)乡村人-地-业耦合协调度 D_i 。由于耦合度仅能说明乡村人口、土地、产业系统之间的相互影响和作用,无法反映作用水平高低^[21]。因此,在耦合度模型的基础上,进一步测算三系统之间的耦合协调度,公式如下:

$$D_i = \sqrt{C_i \times T_i} \quad (9)$$

$$T_i = \alpha P_i + \beta L_i + \gamma I_i \quad (10)$$

式中, T_i 为乡村人口、土地、产业系统综合评价水平, α 、 β 、 γ 为三个系统的待定系数, D_i 为三系统耦合协调度。借鉴已有研究,本文认为乡村人口、土地、产业系统同等重要,对乡村整体协调发展有相同作用。故将待定系数都确定为1,即 $\alpha = \beta = \gamma = 1$ 。同时,参考相关文献^[20],对乡村人口、土地、产业系统耦合协调度等级类进行划分,如表2所示。

表1 研究区乡村人-地-业系统耦合度等级划分标准

耦合度范围	耦合类型	特征描述
[0.8,0.1]	协调耦合阶段	各子系统之间良性互动持续增强,相互磨合已达到理想水平,系统整体趋于有序状态;当耦合度为1时,处于耦合协调阶段
[0.6,0.8]	磨合阶段	各子系统之间拮据作用溢出,表现出相互磨合、相互配合特征,系统整体处于良性耦合阶段
[0.3,0.6]	拮据阶段	各子系统之间相互作用呈增强趋势,强势子系统影响若是子系统,处于拮据阶段
[0,0.3]	低耦合阶段	各子系统之间联系较弱;当耦合度为0时,各子系统呈现出无序状态,处于低耦合阶段

表2 乡村人-地-业系统耦合协调度等级划分

失调		协调	
耦合协调度范围	耦合协调度等级	耦合协调度范围	耦合协调度等级
[0,0.1]	极度失调	[0.5,0.6]	勉强协调
[0.1,0.2]	严重失调	[0.6,0.7]	轻度协调
[0.2,0.3]	中度失调	[0.7,0.8]	中度协调
[0.3,0.4]	轻度失调	[0.8,0.9]	良好协调
[0.4,0.5]	濒临失调	[0.9,1]	优质协调

表 3 研究区乡村人-地-业系统发展水平评价指标体系

系统层	指标层	指标解释	权重	属性
人口	乡村农业就业率(X1)	乡村农业就业人口/乡村常住人口	0.28	—
	乡村从业人员占比(X2)	乡村从业人员/乡村常住人口	0.27	+
	乡村人口密度(X3)	乡村常住人口/市域总面积	0.46	+
土地	乡村人均土地占有率(X4)	土地面积/乡村常住人口	0.59	+
	乡村人均粮食播种面积(X5)	粮食播种面积/乡村常住人口	0.23	+
	乡村人均有效灌溉面积(X6)	乡村有效灌溉面积/乡村常住人口	0.17	+
产业	乡村人均粮食产量(X7)	粮食总产量/乡村常住人口	0.22	+
	城乡人均收入比(X8)	城镇居民人均可支配收入/ 农村居民人均可支配收入	0.11	—
	人均农林牧渔服务业总产值(X9)	农林牧产值/乡村常住人口	0.67	+

2.3 地理探测器

地理探测器是王劲峰研究团队提出的用以探测空间分异性以及揭示其背后驱动力的一组统计学方法^[22]。本文运用地理探测器描述黑龙江省空间分布影响因素的解释力,即 q 值越大,表述影响因素的重要程度越高。公式如下:

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2 \quad (11)$$

式中, q 为探测力指标,取值范围为 $[0,1]$; q 越趋向于 1,表示解释力越强; n 为整个区域样本的单元数; n_h 为第 h 区域的单元数; σ^2 为整个区域的方差; σ_h^2 为第 h 区域的方差。

2.4 指标选取

根据指标的代表性和数据的可获取性,同时借鉴现有研究^[3,17],结合黑龙江省乡村发展现状,从乡村人口、土地、产业三个系统中选取 9 个指标来反映乡村系统发展水平,探索影响黑龙江省乡村发展的因素路径,如表 3 所示。在人口系统方面,主要选取乡村农业就业率、乡村从业人员占比和乡村人口密度这 3 个指标,用来反映乡村人口的劳动力状况和就业化水平。在土地系统方面,主要选取乡村人均土地占有率、乡村人均粮食播种面积和乡村人均有效灌溉面积 3 个指标,用来反映乡村农业生产基础和容量。在产业系统方面,主要选取乡村人均粮食产量、城乡人均收入比和人均农林牧渔服务业总产值 3 个指标,用以反映乡村产业发展状况及发展趋势。

3 结果与分析

3.1 研究区乡村人-地-业系统耦合度时空格局

基于构建的指标体系,本文分别对黑龙江省 13 个市 2016-2020 年连续 5 年乡村人口、土地、产业系统耦合度、综合发展水平及耦合协调度进行测算,测算结果如表 4 所示。表中 C 代表耦合度;T 代表综合发展水平;D 代表耦合协调度;AR 代表平均值。

利用 ArcGIS 软件对测算结果进行空间可视化操作,从而得到 2016、2017、2018、2019 和 2020 年黑龙江省域乡村人-地-业耦合度发展的空间格局,如图 2 所示。

从耦合类型上看,2016-2020 年,黑龙江省整体乡村人-地-业系统的耦合度均值分别是 0.76、0.75、0.78、0.76、0.74,均处于磨合阶段,表明耦合程度趋于稳定。从各市来看,耦合度差异较明显,大致呈现出北高南低的态势。其中,鸡西市、佳木斯市、双鸭山市、鹤岗市、伊春市、黑河市、大兴安岭地区,2016-2020 年一直处于协调耦合阶段,表明乡村人-地-业系统在本省态发展态势较好,各子系统的相互作用持续增强。大庆市、牡丹江市乡村人-地-业系统耦合程度一直处于磨合阶段,与黑龙江省整体发展趋势一致,表明各子系统的相互作用持平。进一步加强三系统各要素之间的作用,有望进入协调耦合阶

表4 研究区乡村人-地-业系统耦合协调测算结果

城市	2016			2017			2018			2019			2020		
	C	T	D	C	T	D	C	T	D	C	T	D	C	T	D
A1	0.38	0.31	0.34	0.44	0.25	0.33	0.44	0.31	0.37	0.39	0.27	0.33	0.27	0.24	0.25
A2	0.57	0.29	0.41	0.57	0.31	0.42	0.72	0.28	0.45	0.77	0.27	0.46	0.67	0.23	0.39
A3	0.87	0.26	0.48	0.85	0.25	0.46	0.87	0.27	0.48	0.88	0.31	0.52	0.92	0.33	0.55
A4	1.00	0.24	0.49	0.95	0.31	0.54	0.99	0.25	0.49	0.88	0.32	0.53	0.82	0.40	0.57
A5	0.87	0.28	0.49	0.90	0.24	0.47	0.88	0.30	0.51	0.87	0.32	0.53	0.92	0.39	0.60
A6	0.74	0.26	0.44	0.64	0.26	0.41	0.76	0.26	0.45	0.72	0.24	0.42	0.67	0.21	0.37
A7	0.95	0.35	0.57	0.96	0.34	0.57	0.92	0.37	0.58	0.89	0.39	0.59	0.98	0.27	0.52
A8	0.94	0.30	0.54	0.89	0.35	0.56	0.93	0.31	0.53	0.92	0.33	0.55	0.96	0.28	0.52
A9	0.45	0.17	0.28	0.46	0.19	0.30	0.32	0.22	0.27	0.35	0.21	0.27	0.39	0.18	0.26
A10	0.63	0.22	0.37	0.75	0.18	0.37	0.72	0.23	0.40	0.69	0.23	0.40	0.63	0.19	0.34
A11	0.95	0.25	0.49	0.98	0.23	0.48	0.96	0.28	0.52	0.94	0.33	0.56	0.98	0.33	0.57
A12	0.61	0.30	0.43	0.52	0.36	0.44	0.67	0.30	0.45	0.63	0.28	0.42	0.44	0.24	0.33
A13	0.93	0.71	0.81	0.89	0.64	0.76	0.93	0.71	0.81	0.93	0.70	0.81	0.91	0.59	0.73
AR	0.76	0.30	0.47	0.75	0.30	0.47	0.78	0.31	0.49	0.76	0.32	0.49	0.74	0.30	0.46

注:A1至A12分别是哈尔滨市、齐齐哈尔市、鸡西市、鹤岗市、双鸭山市、大庆市、伊春市、佳木斯市、七台河市、牡丹江市、黑河市、绥化市、大兴安岭地区;C代表耦合度;T代表综合发展水平;D代表耦合协调度;AR代表平均值。

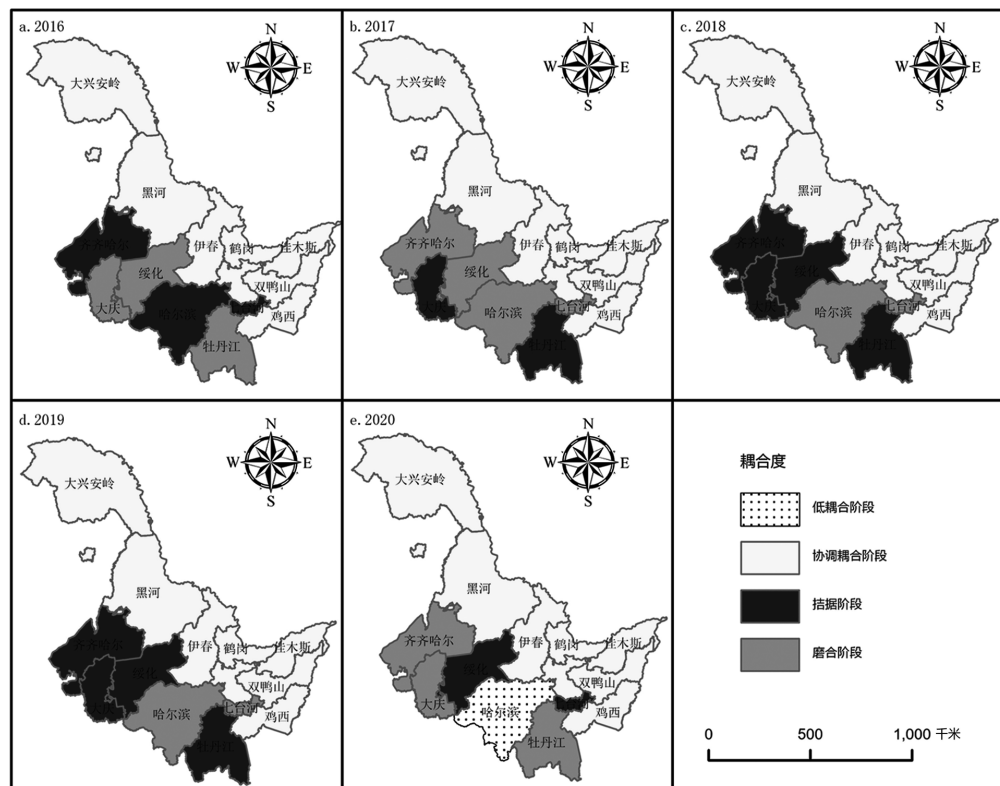


图2 2016—2020年黑龙江省各市乡村人口、土地、产业耦合度空间格局演变

(注:本图来源于国家基础地理信息公共服务平台(<https://www.tianditu.gov.cn/>)。审图号:GS(2023)2767号)

段。绥化市耦合类型经历了从 2016 年磨合阶段到 2017 年拮据阶段,2018 - 2019 年再次返回到磨合阶段,再到 2020 年拮据阶段,耦合程度波动较大,表明各子系统相互磨合不稳定。2016 - 2018 年,齐齐哈尔市一直处于拮据阶段,从 2019 年开始转变为磨合阶段,一直到 2020 年保持不变,表明各子系统相互作用与耦合发展呈持续上升趋势。省会哈尔滨市与七台河市,2016 - 2019 年的耦合类型均处于拮据阶段。2020 年哈尔滨市降入低耦合阶段,也是 2016 - 2020 年唯一处于低耦合阶段的城市,表明各子系统的相互作用呈现出失衡状态。黑龙江省整体乡村人 - 地 - 业系统耦合程度状况主要聚焦于协调耦合阶段,磨合阶段次之,各子系统之间的相互作用强度在不同市内具有明显差异。

从空间结构上看,黑龙江省域乡村人 - 地 - 业系统耦合水平以哈尔滨市为中心,向边缘城市递增。其耦合度空间格局与经济发展格局差异明显,呈现出北强南弱的趋势。由于哈尔滨市的经济主要依赖于现代工业和服务业,而不是农业;作为黑龙江省高经济中心,农业劳动力难以

聚集在哈尔滨市内,而是分散在哈尔滨市边缘区域。哈尔滨市域乡村劳动力向城镇地区寻找就业机会,乡村地区出现“空心村”现象。边缘城市农业人口比例较大,但由于城市化水平相对较低,土地较为广阔且农业资源丰富,农业产业相对发达,这种人口及土地结构与经济发展之间形成良性耦合,造成乡村人 - 地 - 业系统耦合程度以经济中心城市为核心,向周边城市递增的趋势。

3.2 研究区乡村人 - 地 - 业系统耦合协调度等级格局

为了更加直观地对黑龙江省域乡村人 - 地 - 业系统的耦合协调发展水平进行分析,选取 2016 - 2020 年份的黑龙江省 13 个市为单元的耦合协调度,形成 2016、2017、2018、2019 和 2020 年黑龙江省域乡村人 - 地 - 业耦合协调度空间分布,对比乡村人 - 地 - 业系统耦合度发现,黑龙江省域三个子系统的耦合协调度在时间、空间上有明显差别,如图 3 所示。

从时间维度上看,2016 - 2020 年,黑龙江省

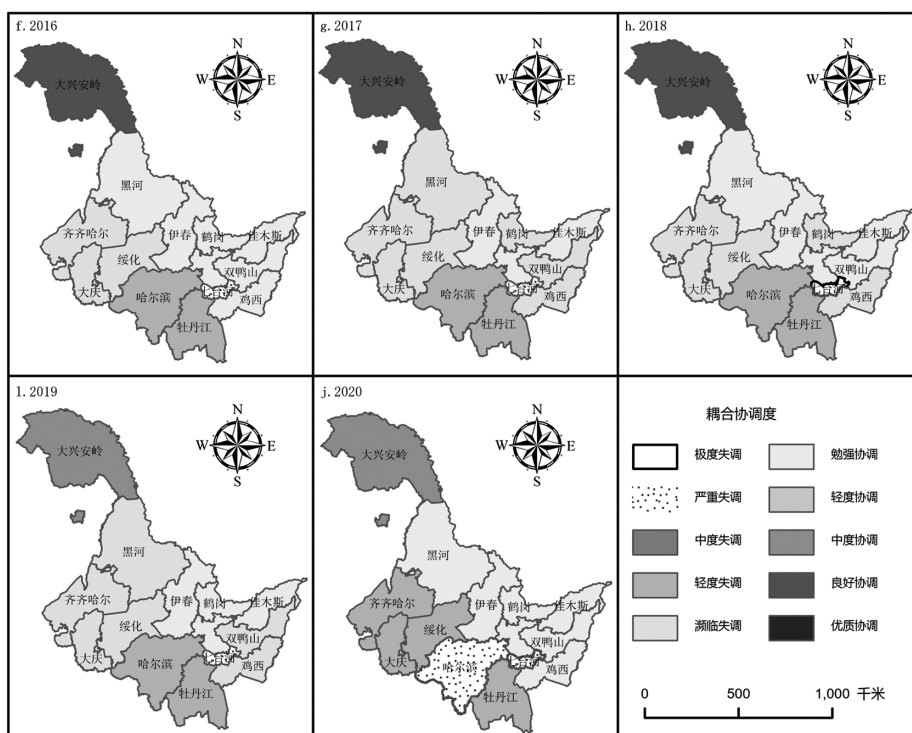


图 3 2016—2020 年黑龙江省各市乡村人 - 地 - 业耦合协调度空间格局演变

(注:本图来源于国家基础地理信息公共服务平台(<https://www.tianditu.gov.cn/>)。审图号:GS(2023)2767 号)

各市乡村人-地-业系统的耦合协调发展差异较为明显,耦合协调最高值在大兴安岭地区,为0.81,最低在哈尔滨市,为0.25。其中,大兴安岭地区乡村人-地-业系统耦合协调发展度始终大于0.7,良好协调和中度协调相互替代,表明各子系统之间磨合效果极佳。勉强协调阶段从2016年伊春市与佳木斯市2个城市,到2020年逐渐扩充到伊春市、佳木斯市、黑河市、鹤岗市、双鸭山市、鸡西市6个城市,表明研究区乡村人-地-业系统相互作用、相互磨合效果显著,耦合协调发展水平呈现上升趋势。2016-2020年处于濒临失调的城市逐渐减少,但耦合协调分化去向却不相同。例如,黑河市、鹤岗市、双鸭山市和鸡西市由濒临失调上升为勉强协调;齐齐哈尔市和大庆市由濒临失调下降至轻度失调,截至2020年,濒临失调的城市已完全消失。2016-2020年七台河市耦合协调度始终处于中度失调,这与其耦合度水平始终较低一致。2016-2019年哈尔滨市耦合协调度分别为0.34、0.33、0.37和0.33,基本保持均衡发展,处于轻度失调阶段,到2020年下降至0.25,落为中度失调阶段,表明哈尔滨市乡村人-地-业系统的耦合协调发展出现失衡状态。综上,黑龙江省部分市影响乡村人-地-业系统的耦合协调发展水平有显著差异。

从空间维度上看,2016-2020年整体黑龙江省域耦合协调度等级波动不大,平均值依次为

0.47、0.47、0.49、0.49和0.46,持续处于拮据阶段。但黑龙江各市乡村人-地-业系统耦合协调度趋势呈现出明显的南北差异,大致由南向北逐渐增强,耦合协调度和耦合度分布状况和发展趋势业较为相似,如图4所示。其耦合协调度等级主要集中在濒临失调与勉强协调,在2016-2020年连续5年中,分布城市数量之和都是21个,耦合协调度等级相互交叉。表明黑龙江省域乡村人-地-业系统耦合协调度在濒临失调与勉强协调之间反复横跳,一部分城市有向轻度协调发展的倾向,也有向轻度失调发展的趋势,取决于三个子系统相互作用的强弱。值得注意的是,哈尔滨市作为黑龙江省高经济发展区,耦合协调度等级从轻度失调下降至中度失调,乡村人-地-业系统的发展并没有享受到经济高速发展带来的红利和资源倾斜,且对本市及边缘城市未造成良性辐射作用。大兴安岭地区耦合发展与其形成强烈对比,这得益于大兴安岭地区拥有丰富的自然资源,为农业、旅游业、林业等乡村产业的发展提供了有利条件。自然资源的优势不仅可以吸引投资,还可以促进当地农民增收,进一步推动了乡村人口、土地、产业的耦合发展。

3.3 研究区乡村人-地-业系统驱动因素分析

(1) 驱动因子探测

对相关因子运用地理用探测器模型得到相

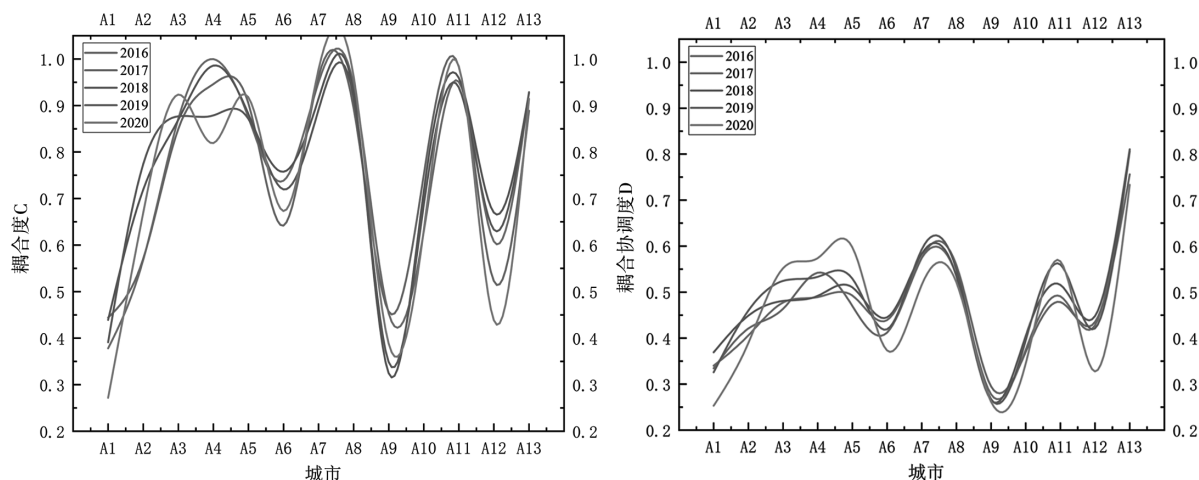


图4 耦合度与耦合协调度发展趋势

关探测结果,如表 4 所示,显示了 2016 - 2020 年黑龙江省域乡村人 - 地 - 业系统发展的单因子 q 值排名。单因子驱动强调表现为,城乡人均收入比(X8) > 乡村人口密度(X3) > 乡村人均粮食产量(X7) > 乡村从业人员占比(X2) > 乡村农业就业率(X1) > 乡村人均有效灌溉面积(X6) > 乡村人均粮食播种面积(X5) > 人均农林牧渔服务业总产值(X9) > 乡村人均土地占有率(X4)。城乡人均收入比、乡村人口密度和乡村人均粮食产量因子的单一 q 值顺次为 0.634、0.615 和 0.494,表明乡村产业因子和乡村人口密度因子对乡村人 - 地 - 业系统发展驱动力较强,乡村人均粮食产量因子次之。对乡村土地而言,乡村人均有效灌溉面积、乡村人均粮食播种面积和乡村人均土地占有率因子的单一 q 值分别为 0.229、0.134 和 0.035,说明在乡村土地系统中,土地灌溉面积因子解释力相对较强,粮食播种面积因子次之,但与其他驱动因子相比,解释力还有较大差距。其中土地占有率小于 0.100,解释效果不显著。

(2) 驱动因子交互探测

对 2016 - 2020 年连续 5 年的单一因子的 q 值取平均值进行交互探测,表明黑龙江省各市乡村人 - 地 - 业系统耦合发展是多因素共同作用的结果。结果显示,交互因子对乡村三个子系统耦合发展解释力的强弱有明显差异,如图 5 所示。可明显观测出乡村从业人员占比(X2)与乡村人口密度(X3)交互数值在横纵坐标凸显,其

交互 q 统计量(q 值)最大为 0.941,最小为 0.117,分别是乡村从业人员占比(X2)与乡村人均有效灌溉面积(X6)交互、人均农林牧渔服务业总产值(X9)与人均农林牧渔服务业总产值(X9)交互。所有交互作用类型聚焦于双因子增强与非线性增强,并没有出现非线性减弱、单因子非线性减弱和独立。

根据 q 值大于 0.8 的交互类型来看,乡村从业人员占比(X2)交互次数为 6 次,乡村人口密度(X3)交互次数为 5 次,很明显看出乡村从业人员占比(X2)与乡村人口密度(X3)相对于其他因子有较强的驱动力。其中 q 值大于 0.9 的交互因子,由高到低依次为(乡村人口密度∩乡村人均有效灌溉面积,0.941)、(乡村人均粮食产量∩城乡人均收入比,0.919)、(乡村农业就业率∩乡村人口密度,0.905)、(乡村从业人员占比∩乡村人口密度,0.904),这 4 个因子驱动力最强,如表 5 所示。黑龙江省各市乡村人 - 地 - 业系统耦合发展的驱动因子的交互解释力要强与单因子解释力。在 q 值排名前 13 位的交互因子中,与乡村从业人员占比(X2)进行交互时,交互作用类型大部分表现为双因子增强,少部分表现为非线性增强。乡村人口密度(X3)却正好相反,交互作用类型大部分表现为非线性增强,少部分表现为双因子增强。综上,驱动因子交互后比单一驱动因子对黑龙江省域乡村人 - 地 - 业系统耦合发展影响更大。

表 4 研究区乡村人 - 地 - 业系统影响因素探测结果 q 值

因子	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
2016	0.222	0.334	0.614	0.035	0.094	0.204	0.552	0.664	0.038
2017	0.222	0.334	0.614	0.035	0.094	0.204	0.552	0.664	0.038
2018	0.134	0.222	0.616	0.035	0.042	0.257	0.561	0.516	0.008
2019	0.259	0.228	0.614	0.035	0.205	0.222	0.586	0.664	0.235
2020	0.524	0.314	0.614	0.035	0.235	0.258	0.221	0.664	0.267
平均值	0.272	0.286	0.615	0.035	0.134	0.229	0.494	0.634	0.117
排名	5	4	2	9	7	6	3	1	8

注: X1:乡村农业就业率;X2:乡村从业人员占比;X3:乡村人口密度;X4:乡村人均土地占有率;X5:乡村人均粮食播种面积;X6:乡村人均有效灌溉面积;X7:乡村人均粮食产量;X8:城乡人均收入比;X9:人均农林牧渔服务业总产值。

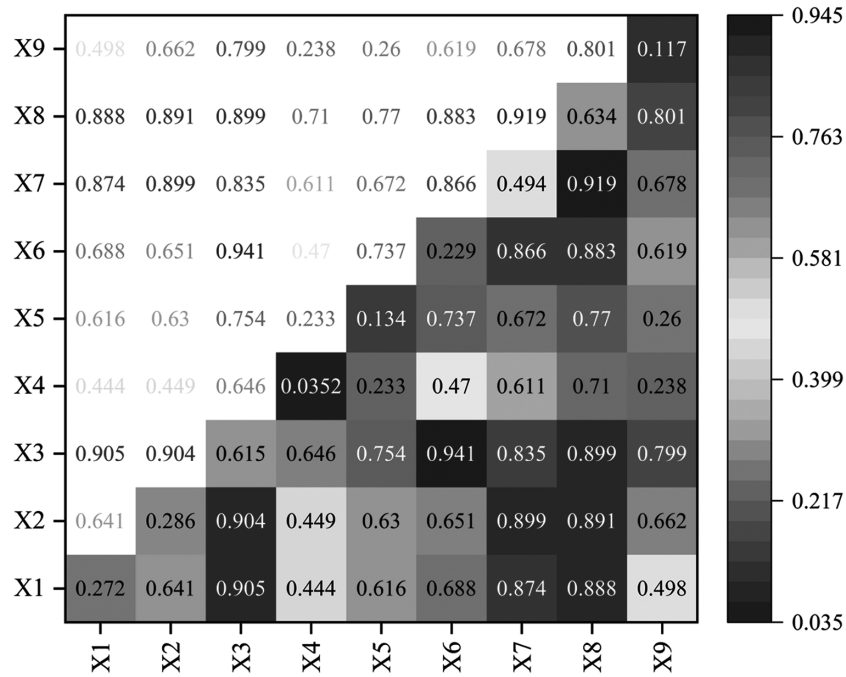


图5 研究区乡村人-地-业系统发展影响因子热力图

表5 主要交互因子排名及交互类型

交互类型	交互 q 统计量(q 值)	判别依据	交互作用类型	排名
X3 ∩ X6	0.941	$q(X3 \cap X6) > q(X3) + q(X6)$	非线性增强	1
X7 ∩ X8	0.919	$q(X7 \cap X8) > \text{Min}(q(X7), q(X8))$	双因子增强	2
X1 ∩ X3	0.905	$q(X1 \cap X3) > q(X1) + q(X3)$	非线性增强	3
X2 ∩ X3	0.904	$q(X2 \cap X3) > q(X2) + q(X3)$	非线性增强	4
X3 ∩ X8	0.899	$q(X3 \cap X8) > \text{Min}(q(X3), q(X8))$	双因子增强	5
X2 ∩ X7	0.899	$q(X2 \cap X7) > q(X2) + q(X7)$	非线性增强	6
X2 ∩ X8	0.891	$q(X2 \cap X8) > \text{Min}(q(X2), q(X8))$	双因子增强	7
X1 ∩ X8	0.888	$q(X1 \cap X8) > \text{Min}(q(X1), q(X8))$	双因子增强	8
X6 ∩ X8	0.883	$q(X6 \cap X8) > q(X6) + q(X8)$	非线性增强	9
X1 ∩ X7	0.874	$q(X1 \cap X7) > q(X1) + q(X7)$	非线性增强	10
X6 ∩ X7	0.866	$q(X6 \cap X7) > q(X6) + q(X7)$	非线性增强	11
X3 ∩ X7	0.835	$q(X3 \cap X7) > \text{Min}(q(X3), q(X7))$	双因子增强	12
X8 ∩ X9	0.801	$q(X8 \cap X9) > q(X8) + q(X9)$	非线性增强	13

注： $\text{Min}(q(Xn), q(Xm))$ ：在 $q(Xn), q(Xm)$ 两者取最小值； $\text{Max}(q(Xn), q(Xm))$ ：在 $q(Xn), q(Xm)$ 两者取最大值； $q(Xn) + q(Xm)$ ：两者交互值求和； $q(Xn \cap Xm)$ ：两者交互 q 值；n、m 分别是影响因子类型。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文探究了黑龙江省 13 个市 2016 - 2020 年的乡村人 - 地 - 业系统耦合发展状况,运用耦合度和耦合协调度模型分析其时空耦合特征,并通过地理探测器识别出乡村三个子系统耦合发展的驱动因子。主要研究结论如下:

(1)从整体来看,2016 - 2020 年黑龙江省乡村人 - 地 - 业系统耦合度及耦合协调度的测算结果与运动趋势基本保持一致。其乡村三个子系统的耦合类型均处于磨合阶段,耦合协调度等级均处于拮据阶段,且波动不显著。

(2)从空间差异来看,各地级市乡村人 - 地 - 业系统耦合度及耦合协调度有明显差异,大致呈现出北高南低的态势。耦合发展水平以哈尔滨市为中心,向边缘城市递增;耦合协调度在濒临失调与勉强协调之间反复横跳,一部分城市有向轻度协调发展的倾向,也有向轻度失调发展的趋势,取决于三个子系统相互作用的强弱。

(3)从驱动因子来看,单一因子与交互因子对乡村三个子系统耦合发展解释力的强弱有较大差异,其中乡村从业人员占比(X2)与乡村人口密度(X3)作为单一因子或交互因子都表现出较强的解释力,且交互因子驱动力大于单一因子驱动力。其次,所有交互作用类型聚焦于双因子增强与非线性增强。

4.2 讨论

(1)从整体趋势来看,黑龙江省乡村人 - 地 - 业三个子系统之间的协调发展还存在一定的困难,尚未达到良性互动的状态。作为农业大省,乡村产业结构调整缓慢,传统农业经济长期占主导地位,乡村产业结构转型升级相对滞后,人 - 地 - 业三个子系统之间的协调发展受到制约。乡村地区基础设施投入相对不足,影响了人口、土地等要素的合理配置和利用,阻碍了三个子系统的耦合发展。大量青壮年劳动力外流,导

致乡村人口老龄化、人力资源短缺,难以满足乡村发展的需求,三个子系统的协调发展受到影响。地方政府在乡村振兴、产业发展、人才引进等方面的政策支持力度还有待进一步加强,影响了乡村人 - 地 - 业系统的耦合协调发展。因此,要推动黑龙江省乡村人 - 地 - 业系统的良性耦合发展,需要从产业结构调整、基础设施建设、人才引进、政策支持等多个层面采取综合措施。

(2)从空间差异来看,黑龙江省经济发展水平存在明显的区域差异,经济发达地区的资源要素配置更加优化,有利于乡村人 - 地 - 业系统的耦合发展。而经济欠发达地区,资源要素配置相对滞后,制约了系统的耦合协调度。黑龙江省城乡发展不平衡,城市地区的基础设施、公共服务、产业发展等相对更加完善,为乡村人 - 地 - 业系统的耦合发展提供了良好的支撑。偏远乡村地区往往基础设施薄弱,产业发展滞后,难以实现人 - 地 - 业的良性互动。不同地区的自然资源禀赋存在差异,这直接影响了当地乡村产业发展的路径选择,进而影响了人 - 地 - 业系统的耦合协调度。针对这种空间差异,需要采取差异化的发展策略。对于经济发达、城乡协调的地区,可以进一步优化人 - 地 - 业系统的耦合协调度,提升乡村发展质量。而对于经济欠发达、城乡失衡的地区,则需要加大基础设施建设、产业培育、政策支持等方面的投入,缩小区域差距,促进乡村人 - 地 - 业系统的整体协调发展。

(3)从驱动因子来看,乡村从业人员这一指标反映了乡村劳动力结构,直接影响了农业生产和乡村产业发展。从业人员占比较高,意味着乡村劳动力投入充足,有利于人 - 地 - 业系统的耦合协调发展。反之,从业人员占比较低,则可能导致劳动力短缺,制约了系统的耦合发展。乡村人口密度这一指标反映了乡村人口分布状况,直接影响了土地利用效率和乡村产业发展。人口密度较高,有利于人 - 地 - 业要素的集聚和耦合,促进系统发展。而人口密度较低,则可能导致资源配置效率低下,不利于系统的耦合协调。

交互因子的驱动力大于单一因子,说明各因子之间存在复杂的非线性关系,乡村从业人员占比和人口密度的交互作用,可能会产生双因子增强或非线性增强的效果,进一步促进人—地—业系统的耦合协调发展。

(4)本研究基于面板数据对黑龙江省域的乡村人—地—业耦合协调进行研究,但在测算指标的选取主要集中于第一产业,忽略了第二、第三产业的相关指标。这可能导致研究结果不能全面反映区域内所有经济活动的实际情况。未来,需要构建更加完善的指标体系,涵盖各产业的发展水平。所使用的数据具有一定的时效性,而经济发展是一个动态变化的过程,可能导致研究结果不能完全反映当前的实际情况。未来应结合最新数据,进行动态跟踪和分析。另外,各地区在地理、气候、资源禀赋、政策环境等方面存在显著差异,这些因素都会影响区域经济的综合发展水平和耦合协调度。本研究在解释这些差异时,未能全面考虑所有影响因素。未来研究中,将尝试引入更多的区域差异因素,进行更加细致地分析。

参考文献(References):

- [1] 张富刚,刘彦随.中国区域农村发展动力机制及其发展模式[J].地理学报,2008,(02):115-122.
- [2] 陈晓丽,朱思阳,孔雪松,等.湖北省乡村人—地—业时空耦合的状态与动态特征[J].中国农业资源与区划,2021,42(10):31-38.
- [3] 陈宇钦,蒋英,华梅.基于“人—地—业”耦合协调差异分析的乡村高质量发展策略研究:以常州市为例[J].小城镇建设,2024,42(01):92-99.
- [4] 周国华,龙花楼.探索新时代人—地—业协调与城乡和谐的中国乡村发展:写在专辑刊发之后的话[J].自然资源学报,2023,38(08):2184-2186.
- [5] 刘畅,曾毅,蔡雪琪,等.洞庭湖生态经济区乡村人—地—业耦合协调度时空分异[J].农学学报,2022,12(05):77-84.
- [6] 刘彦随.新时代乡村振兴地理学研究[J].地理研究,2019,38(03):461-466.
- [7] 刘彦随.中国新时代城乡融合与乡村振兴[J].地理学报,2018,73(04):637-650.
- [8] 程明洋,刘彦随,蒋宁.黄淮海地区乡村人—地—业协调发展格局与机制[J].地理学报,2019,74(08):1576-1589.
- [9] 黄晶,薛东前,马蓓蓓,等.黄土高原乡村地域人—地—业协调发展时空格局与驱动机制[J].人文地理,2021,36(03):117-128.
- [10] 马利邦,石志浩,李梓妍,等.“人—地—业”协调与区位优势双重视角下农村居民点整理:以河西走廊金昌市为例[J].地理科学,2023,43(03):476-487.
- [11] 姜洋,张强,张帆,等.基于“人口—土地—产业”机制视域下的乡村振兴战略研究[J].农业经济,2022,(04):43-46.
- [12] 周凡力,廖和平,张茜茜.基于经济视角的乡村“人、地、业”转型耦合协调性差异研究:以重庆市渝北区两镇为例[J].西南大学学报(自然科学版),2021,43(05):129-141.
- [13] 孔雪松,谢世姣,朱思阳,等.湖北省人口—土地—产业城镇化的时空分异与动态耦合分析[J].经济地理,2019,39(04):93-100.
- [14] 文枫,鲁春阳,周桂芳,等.中原城市群产业、人口与土地非农化时空耦合协调性研究[J].中国农业资源与区划,2020,41(11):192-198.
- [15] 鲜晓军,杨海娟,苏彤.村庄农户—土地—产业转型耦合协调性评价:以陕西蓝田县王嘴头村为例[J].中国农业资源与区划,2019,40(10):74-84.
- [16] 黄烈佳,杨鹏.长江经济带人口—土地—产业非农化协调发展的时空特征及其驱动因素[J].中国农业资源与区划,2021,42(08):182-192.
- [17] 周莹颖.长江中游城市群人口—产业—土地城镇化的时空分异与耦合分析[J].安徽农业科学,2021,49(23):257-261.
- [18] 纪志佳,张军以,汪健平,等.乡村人口—土地—产业—财力系统耦合协调发展格局与机制研究:以重庆三峡库区典型县域为例[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2023,40(03):48-60.
- [19] 杜孟鸿,师皓容.中部六省人口—土地—产业非农化转型协同演化及特征分析[J].科技和产业,2023,23(05):74-79.

- [20] 王琦, 汤放华. 洞庭湖区生态—经济—社会系统耦合协调发展的时空分异[J]. 经济地理, 2015, 35(12): 161 - 167 + 202.
- [21] 薄文广, 钱镱, 屈建成, 等. 新型城镇化与乡村振兴耦合协调及交互影响研究: 基于 156 个地级市面板数据的实证分析[J]. 中国软科学, 2023, 37(09): 106 - 116.
- [22] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(01): 116 - 134.

作者简介:

第一作者: 孙宇, 1999 年生, 男, 安徽太和人, 硕士, 东北农业大学, 主要研究方向为农村发展。Email: 1398896123@qq.com;

通讯作者: 宁静, 1978 年生, 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 东北农业大学, 副教授, 主要研究方向为地图学与地理信息系统。Email: jning@neau.edu.cn

Analysis of Spatial and Temporal Coupling Characteristics and Driving Factors of Rural Population – Land – Industry System in Heilongjiang Province

—Based on the Primary Sector Perspective

SUN Yu, NING Jing*

(School of Public Administration and Law, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Heilongjiang Province, as the “ballast stone” of stable grain production and supply, is of great significance in national food security. Therefore, in order to realize agricultural and rural modernization and promote rural revitalization in Heilongjiang Province, it is of great significance to explore the coupling development of rural population – land – industry system and its driving force. Taking Heilongjiang province as the research object, this paper comprehensively used coupling degree and coupling coordination degree estimation to analyze the spatial – temporal evolution characteristics of coupling types and coupling coordination degree levels in Heilongjiang Province, and identified their driving factors by using geographic detectors. The research results are shown as follows: ① On the whole, the results of coupling degree and coupling coordination degree of rural population – land – industry system in Heilongjiang Province from 2016 to 2020 are basically consistent with the movement trend. The coupling types of the three subsystems are all in the running – in stage, and the coupling coordination degree is in the lean stage, and the fluctuation is not significant. ② The spatial difference shows that the coupling degree and coupling coordination degree of rural population – land – industry system in different cities and villages are obviously different, showing a trend of higher in the north and lower in the south; The coupling development level takes Harbin as the center and increases to the edge cities. The degree of coupling coordination fluctuates between borderline dissonance and forced coordination. ③ From the perspective of driving factors, the explanatory power of single factor and interactive factor to the coupling development of the three rural subsystems is relatively different. Among them, the proportion of rural employees (X2) and rural population density (X3), as a single factor or interactive factor, both show strong explanatory power, and the driving force of interactive factor is greater than that of single factor. All interaction types focus on two – factor enhancement and nonlinear enhancement. The coupled development of rural population – land – industry system in the cities of Heilongjiang Province is the result of the joint action of many factors, and measures, such as optimizing the population structure, improving the efficiency of land use and the level of agricultural science and technology, are important paths to enhance the coupling dynamics and promote the revitalization of the countryside in an all – round way.

Key words: rural population – land – industry; coupling degree; coupling coordination degree; Spatio-temporal coupling geographic detector