

# 空间格局与过程视角下县域人口收缩与 粮食安全保障的关系

——以我国东北地区为例

杨 凡

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年12月12日; 录用日期: 2024年2月24日; 发布日期: 2024年2月29日

## 摘 要

粮食安全是一个国家抵御外部扰动的生计之本, 人口收缩是否会威胁粮食生产成为中国甚至世界关注的焦点。本文基于东北地区的人口变化、耕地利用和粮食产量, 通过构建耦合协调度模型和聚类模型, 探究2010~2020年人口收缩与耕地变化的时空耦合规律以及人口收缩和粮食生产的协同效应。结果表明: (1) 东北地区各类型人口收缩与耕地利用变化耦合协调性良好, 人口收缩几乎不会对耕地利用造成显著的负面影响。(2) 东北地区大部分县域耕地面积减少, 粮食产量总体呈上升趋势, 人口收缩不会显著影响粮食增产速度。(3) 基于人口收缩和粮食生产的关系, 东北地区可大致分为: 先行发展区, 转型提升区和协同滞后区。本研究可为经历人口收缩的粮食主产区未来农业发展路径提供有效参考, 并为地方政策制定提供科学的理论依据。

## 关键词

人口收缩, 粮食安全保障, 耦合协调关系, 空间协同效应

# The Relationship between County-Level Population Shrinkage and Food Security from the Perspective of Spatial Patterns and Processes

—A Case Study from the Northeast Region of China

Fan Yang

College of Geographical Science, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

## Abstract

Food security is the foundation for a group to fend off external disturbances. Whether population decline will threaten food production, has become a focal point of concern for China and the world broadly. Based on population changes, land use, and grain output in the northeast region of China, this study constructs a coupling coordination model and a clustering model to explore the spatiotemporal coupling rules between population decline and changes in cultivated land from 2010 to 2020, as well as the synergistic effects of population decline and grain production. The results indicate that: (1) In the northeast region, the coupling coordination between various types of population decline and cultivated land utilization was good. Population shrinkage will hardly have a significant negative impact on cultivated land use. (2) In the northeast region, the cultivated land area of most counties has decreased, but the grain output is generally on the rise, suggesting that population decline will not significantly affect the speed of grain yield increase. (3) Based on the relationship between population decline and grain production, the Northeast region can be roughly divided into the Pioneer Development Zone, Transformational Uplift Zone, and Synergistic Lag Zone. This study can provide an effective reference for the future agricultural development path of major grain-producing areas experiencing population decline and offer a scientific theoretical basis for local policy formulation.

## Keywords

Population Shrinkage, Food Security, Coupling and Coordination Relationship, Spatial Synergistic Effect

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

农业是百业之基，粮食是立足之本[1]。2021年，中国粮食播种面积同比增长0.7%，粮食生产接连产生新突破，为粮食安全保障提供了强有力后盾[2] [3] [4]。但不可否认的是，尽管我国粮食产量连年增长，总产量远远超过居民生存和生活需求，但粮食安全保障同样面临巨大挑战[5]。在突发事件频发、资源约束趋紧、国际市场波动等多重风险扰动下，粮食生产面临的潜在压力日益凸显[6]-[11]。2020年新型冠状病毒疫情的发生，暴露了粮食生产体系在冲击应对中的脆弱性[12]-[17]。疫情冲击下，因隔离造成的劳动力短缺影响了粮食的播种、收获和加工，同时也增加了运输成本，使得农产品获取力薄弱，供应和分配出现较大的不确定性，进口渠道中断，导致各国粮食出口和供应遭受阻断，国际粮价剧烈波动，全球粮食供应链的通畅遭遇危机[18] [19] [20]。经济受挫使得低收入国家和底层贫困群体购买力降低，全球有庞大的人群陷入粮食不安全状况[21] [22] [23]。尽管从中国粮食库存以及粮食国际贸易情况来看，我国现有的农业粮食体系能够供应充足、安全的粮食，粮食安全处在安全位置，但如果国际粮食贸易不断变化，在产出下降、物流停摆的情况下，我国将面临粮食安全问题的巨大压力，对于长期以来进口的粮食作物而言更是如此[24] [25] [26] [27]。在此情境下，我国亟需建立长期有效的粮食安全保障机制，为粮食

安全保驾护航[28]。

实现粮食生产系统安全的前提和基础是确保耕地资源供给充足,并且劳动力资源数量和质量达到一定程度[29][30]。只有保证国内粮食生产能力和粮食产量,不过分依赖进口粮食,才能为提高粮食安全抵御外部扰动的韧性能力打下坚实基础[31][32]。随着社会经济发展,城市不断扩张,耕地占用现象严重,保证已有耕地数量并进一步获取额外的耕地对于增加粮食的可获得性显得更加必要[33][34],但农用地的扩展和有效利用要求相关人员对土地进行有效管理,要求耕地管理者掌握更多关于农业生产、土地管理等知识和方法,否则,耕地管理失效无益于粮食安全保障[35][36][37][38][39]。尤其,耕地细碎化和耕地整合是耕地利用的重要方式,与粮食生产量和获取量存在高度关联,需要耕地经营者采用适当的方式实现最佳管理,从而使耕地收益最大化[40]。东北地区作为中国重要的粮食主产区和商品粮基地,具有丰富的耕地资源,但在劳动力方面,东北地区出现了较为严重的人口收缩现象。中国东北部大部分地区依然为传统农业,小农经济作为其主要表现特征,要求耕地利用必须与小农户经营相联系[41][42][43][44]。发挥小农户的主体性作用不仅是农业生产的主导力量,也是农业农村实现可持续发展的重要动力,更是粮食安全的根本保障[45][46]。在未来耕地利用和农业发展中亟需回答的问题是“怎样利用有限资源”以及“谁来利用资源”的问题[47]。在粮食生产系统中,人对耕地资源的利用很大程度上表现为人与土地之间的互动[39]。可以说,人与土地的关系是耕地利用和粮食生产的根本性问题[48]。因此,从人地互动视角出发,以耕地资源利用和粮食产量作为落脚点,分析粮食安全保障在人口收缩背景下的发展路径不失为一种有益的尝试[49]。

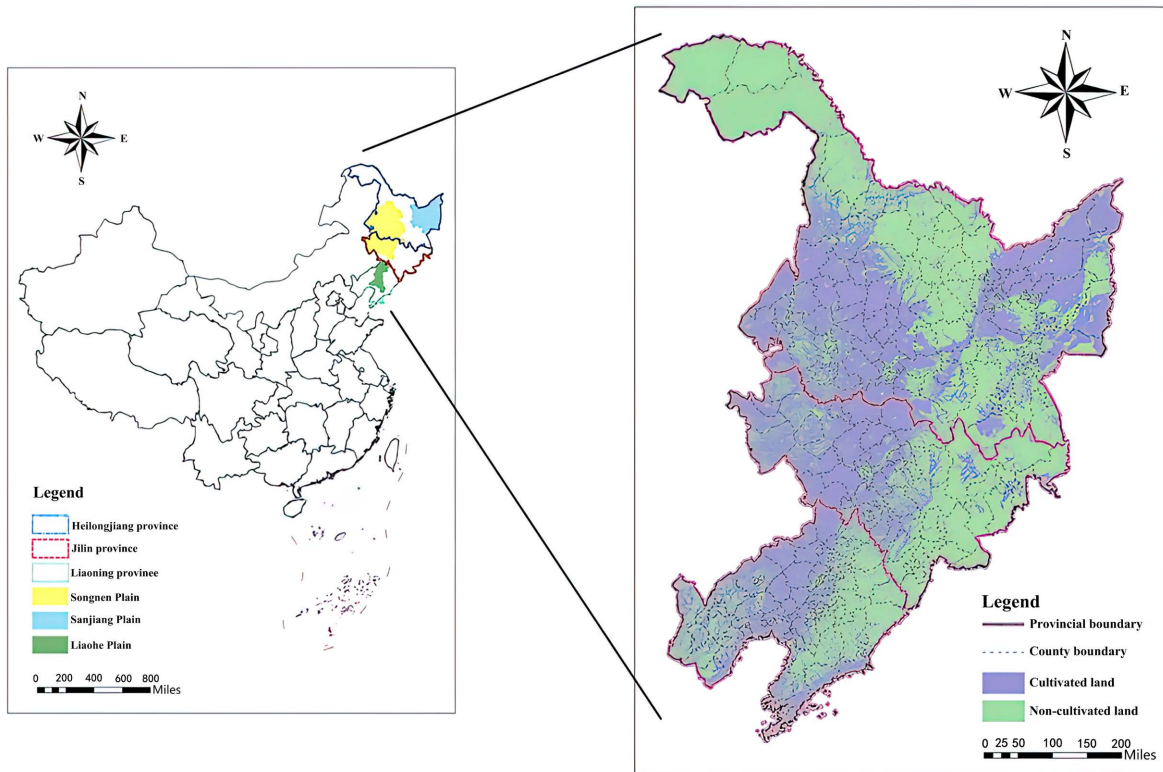
本研究选取粮食安全保障的两大基础因素:耕地变化和粮食产量变化,从县域的微观尺度来探析人口收缩与粮食安全保障之间的关系。根据已有研究[50],本文将一定时期(至少五年)一定区域内人口发生数量上持续下降的现象视为人口收缩,人口收缩应当是长时间持续存在的状态,并且发生在较大范围的具有相对独立经济体系的区域上。东北区域在2010~2020年间,不仅总人口发生了明显的收缩变化,其中具体的人口结构也分别发生着相应的收缩现象。对于人口收缩与耕地资源变化的关系,本研究采用耦合协调度来测度。由于城市规划和历史累积不同,加上区域的发展与演化受自组织过程的影响,相同的政策和倡导效果往往存在一定的差异,但各组分之间在形态或功能上的相似性又使得其在长期的人口变迁中呈现出相应的响应[53]。因此,在分析区域人口收缩与粮食产量变化率的空间协同效应时,可以将相似的区域视为不同空间尺度上高度连接的系统或者自组织集群[54]。基于此,本文利用一种基于信息传递的聚类算法——近邻传播算法,分析东北县域在研究期间人口收缩与粮食产量变化的聚类效应。本研究的目标是解决以下问题:(1)人口收缩是否会对粮食安全保障的底层基石产生威胁?(2)农业发达地区如何应对不同结构的人口收缩?(3)人口收缩背景下,粮食生产战略地区应如何调整自己的发展路径?

## 2. 研究方法 with 数据说明

### 2.1. 研究区域

东北地区是我国重要的粮食生产区,区内农业用地分布广泛(图1),耕地资源丰富,耕地面积约占全国总量的16%,土壤肥沃,农业生产的自然资源禀赋优越,2021年,粮食产量约占全国的五分之一以上,对全国粮食增产贡献率达57.2%,农业现代化水平处于全国中游水平。东北地区同样也是我国的老工业基地,有着众多的资源型城市和工业城市,但由于资源枯竭和企业倒闭,许多城市出现了人口流失的收缩问题。2020年,黑龙江的总人口收缩率高达14.60%,吉林省紧随其后,人口收缩10.15%,辽宁省人口下降程度较小,为2.05%。东北地区是我国现阶段人口收缩最明显最广泛的区域,在近五到七年内整体呈现出区域性高素质人才和青壮年劳动力等人口要素外流的现象,使之成为国家区域协调发展中备受

关注的区域。为此，本文基于已有研究成果，以县域为单位对人口收缩和粮食安全保障的相关性进行分析，来综合考察东北地区人口收缩的阶段性和类型性特征及其与粮食生产的关联性，由此探究不同人口结构的变化对粮食安全保障产生的本质上的影响。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为GS(2019)1822号的标准地图制作，底图无修改。

**Figure 1.** The left image is distribution of northeast regions and three plains in China. The right image is cultivated land distribution in 2020

**图 1.** 左图为东北地区三大平原的分布；右图为 2020 年耕地分布

## 2.2. 数据来源

本研究使用了土地利用/覆盖数据(中国科学院资源与环境科学数据中心(RESDC) (<http://www.resdc.cn>))、人口数据(中国第六次(2010年)和第七次(2020年)全国人口普查)、粮食生产数据(《黑龙江统计年鉴(2010年、2020年)》《吉林统计年鉴(2010年、2020年)》和《辽宁统计年鉴(2010年、2020年)》)统计数据和其他相关辅助数据。

## 2.3. 研究方法

### 2.3.1. 耕地利用变化动态度

耕地利用变化动态度表示在特定的区域范围某一时间段内耕地利用类型在数量上的变化，其计算公式为[51]：

$$K = \frac{U_j - U_i}{U_i} \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (1)$$

式中  $U_j$  和  $U_i$  分别表示研究起始时间和末尾时间耕地利用类型数量， $t$  表示研究时长， $K$  表示研究时段内

耕地利用类型的年变化率。

### 2.3.2. 耦合协调度模型

耦合协调度能够科学地描述系统间的关联强弱与协调状况好坏，取值范围为[0, 1]，其计算公式为[52]：

$$D = \sqrt{C \times T} \tag{2}$$

式中  $C$  为耕地利用类型变化动态度与人口收缩两个系统的耦合度； $T$  为两个系统的综合协调指数； $D$  为两个系统的耦合协调度。

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \tag{3}$$

$$C = 2 \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)^2}} \tag{4}$$

式中  $U_1$  和  $U_2$  分别表示耕地利用类型变化动态度和人口收缩程度； $\alpha$  和  $\beta$  为待定系数，分别表示耕地利用类型变化动态度和人口收缩程度的相对重要性，且  $\alpha + \beta = 1$ ，本研究认为二者同等重要，取  $\alpha = \beta = 0.5$ 。

根据本文的耦合协调结果值，确定二者协调性评价分类判别标准(表 1)。

**Table 1.** The classification criteria for evaluating the coordination of dynamics of cultivated land use type changes and population decline

**表 1.** 耕地利用类型动态变化与人口收缩协调性的分类标准

耦合度 $C$	耦合强度	协调度 $D$	协调程度
$0 < C \leq 0.3$	极弱耦合	$0 < D \leq 0.3$	严重失调
$0.3 < C \leq 0.5$	低等耦合	$0.3 < D \leq 0.5$	轻度失调
$0.5 < C \leq 0.7$	中等耦合	$0.5 < D \leq 0.8$	一般协调
$0.7 < C \leq 1.0$	高水平耦合	$0.8 < D \leq 1.0$	优质协调

### 2.3.3. AP 聚类

近邻传播算法(AP 算法)由 Frey & Dueck 于 2007 年提出[53]，是一种基于数据点之间消息传递的聚类方法，该算法通过在数据点之间发送消息直接收敛来创建簇。它以数据点之间的相似性作为输入，根据一定的标准确定范例，在数据间交换信息，最后得到最合适的范例[54]。该算法同传统聚类算法不同，运行算法前不需要确定聚类的数量。其公式如下[55]：

$$s(i, j) = -D(i, j) = -\|x_i - x_j\|^2 \tag{5}$$

$$r(i, j) = s(i, j) - \max_{j' \neq j} [a(i, j) + s(i, j')] \tag{6}$$

$$a(i, j) = \min \left\{ 0, r(j, j) + \sum_{i' \neq i, i' \neq j} \max [0, r(i', j)] \right\} \tag{7}$$

$$a(j, j) = \sum_{i' \neq j} \max [0, r(i', j)] \tag{8}$$

$$r(i, j) = \lambda r(i, j)^{(m)} + (1 - \lambda) r(i, j)^{(m+1)} \tag{9}$$

$$a(i, j) = \lambda a(i, j)^{(m)} + (1 - \lambda) a(i, j)^{(m+1)} \tag{10}$$

其中  $x_i$  表示点  $i$  的坐标。 $D(i, j)$  表示两个节点之间的广义距离，而  $s(i, j)$  表示节点  $i$  支持节点  $j$  的累积证据。矩阵  $r(i, j)$  是节点  $j$  成为节点  $i$  的样本累积证据。此外， $a(i, j)$  表示在考虑其他节点偏好的影响下，



节点  $i$  成为节点  $j$  成员的累积证据。这两个矩阵在迭代过程中都会更新。参数  $\lambda$  对应于阻尼系数。

$$D(i, j) = -s(i, j) = \left[ \sum_{n=1}^{N=2} \left( \frac{\|x_{i,n} - x_{j,n}\|}{w_n} \right)^\varphi \right]^{1/\varphi}, \varphi \geq 1 \tag{11}$$

$$D(i, j) = \left( \|x_{i,1} - x_{j,1}\|^\varphi + \|x_{i,2} - x_{j,2}\|^\varphi \right)^{1/\varphi} = \left[ (d_{geo}^{i,j})^\varphi + (d_{pop}^{i,j})^\varphi \right]^{1/\varphi}, \varphi \geq 1 \tag{12}$$

$$D(i, j) = \left[ (d_{geo,scaled}^{i,j})^\zeta + (d_{pop,scaled}^{i,j})^\zeta \right]^{1/\zeta}, \zeta \geq 1 \tag{13}$$

假设地理距离  $d_{geo}$  和人口增长率距离  $d_{pop}$  的贡献是相似的，并且具有相同的  $w_n$  参数 ( $w_n = 1$ )， $d_{geo}$  是基于实际的纬度和经度信息。

### 3. 结论

#### 3.1. 东北县域人口收缩与耕地利用动态变化的耦合协调关系

##### 3.1.1. 东北县域人口收缩与耕地利用动态变化的耦合特征

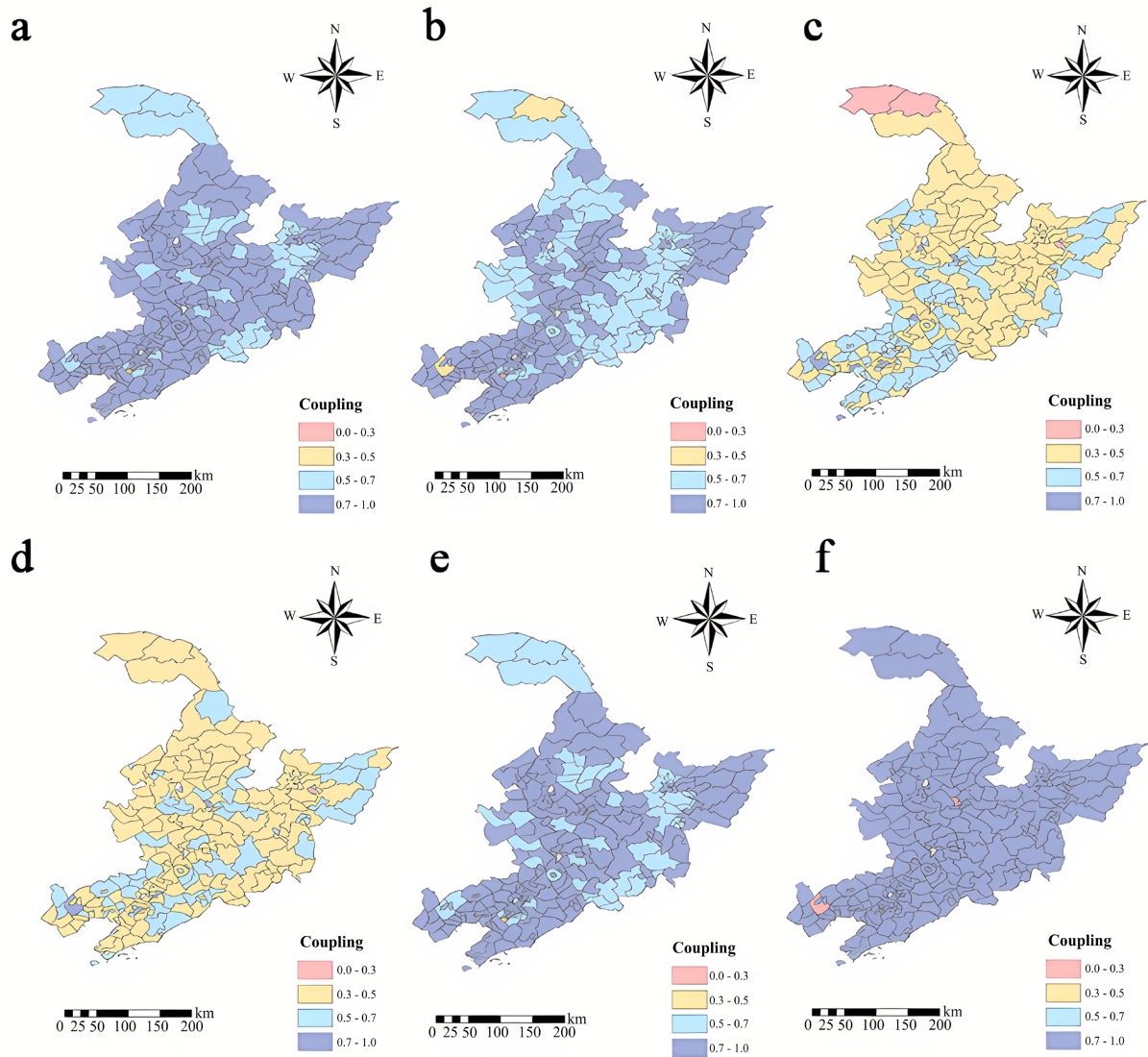
采用 Spearman 秩相关分析方法，明确研究期内东北地区县域不同结构人口收缩与耕地变化动态度之间的关联程度和作用方向(表 2)。除农业从业人口以外，其余类型的人口收缩与耕地变化存在正相关耦合关系。就耦合格局而言，总人口、城镇人口、适龄劳动人口和文盲人口收缩程度与耕地资源变化的高等耦合区域在全域内广泛分布，只有极少数地区为低等或极弱耦合区(图 2)。其中，总人口、城镇人口、适龄劳动人口收缩与耕地资源变化呈现较强的相关性，该类人口收缩会抑制区域无序扩张和耕地占用，有利于耕地发展。文盲人口收缩于耕地资源利用呈现高度耦合，但相关性较弱。东北地区在早期工业化和城镇化阶段，经济发展水平提升较快，基础教育推行时间较早，受教育人口所占比例较大且人均受教育年限较长，一定程度上避免了地区住民因盲目开垦和不善经营导致的耕地退化，但由于文盲率一直处于较低状态，文盲人口收缩不会引起耕地资源利用大幅度变化，相关性较弱。乡村人口和农业从业人口收缩与耕地利用的低、中等耦合区几乎遍布整个东北地区，且中等耦合区沿“西南 - 东北”一线分布，低等耦合区沿“西北 - 东南”一线分布。西南地区有松嫩平原，东北地区有三江平原，卓越的农业资源禀赋使得更先进的生产资料和要素向其倾斜，有利于耕地有序化、集约化、规模化利用。农业从业人口收缩与耕地资源扩张呈负相关。在机械化程度逐渐提升的东北地区，农业从业人员的减少不会对耕地利用产生实质性影响，但在一定程度上会对耕地的扩张利用产生轻微制约，两者之间存在明显的博弈关系。

**Table 2.** Nonparametric correlation between the dynamics of cultivated land use type changes and population decline in northeast China

**表 2.** 中国东北地区耕地利用类型动态变化与人口收缩之间的非参数相关性

人口结构	相关程度	显著性
总人口	0.332***	0.001
城镇人口	0.204***	0.001
乡村人口	0.207***	0.001
农业从业人口	-0.069	0.281
15~65 适龄劳动人口	0.194***	0.002
文盲人口	0.015	0.815

注：\*\*\*，\*\*，\* 分别代表 1%，5%，10% 的显著性水平。

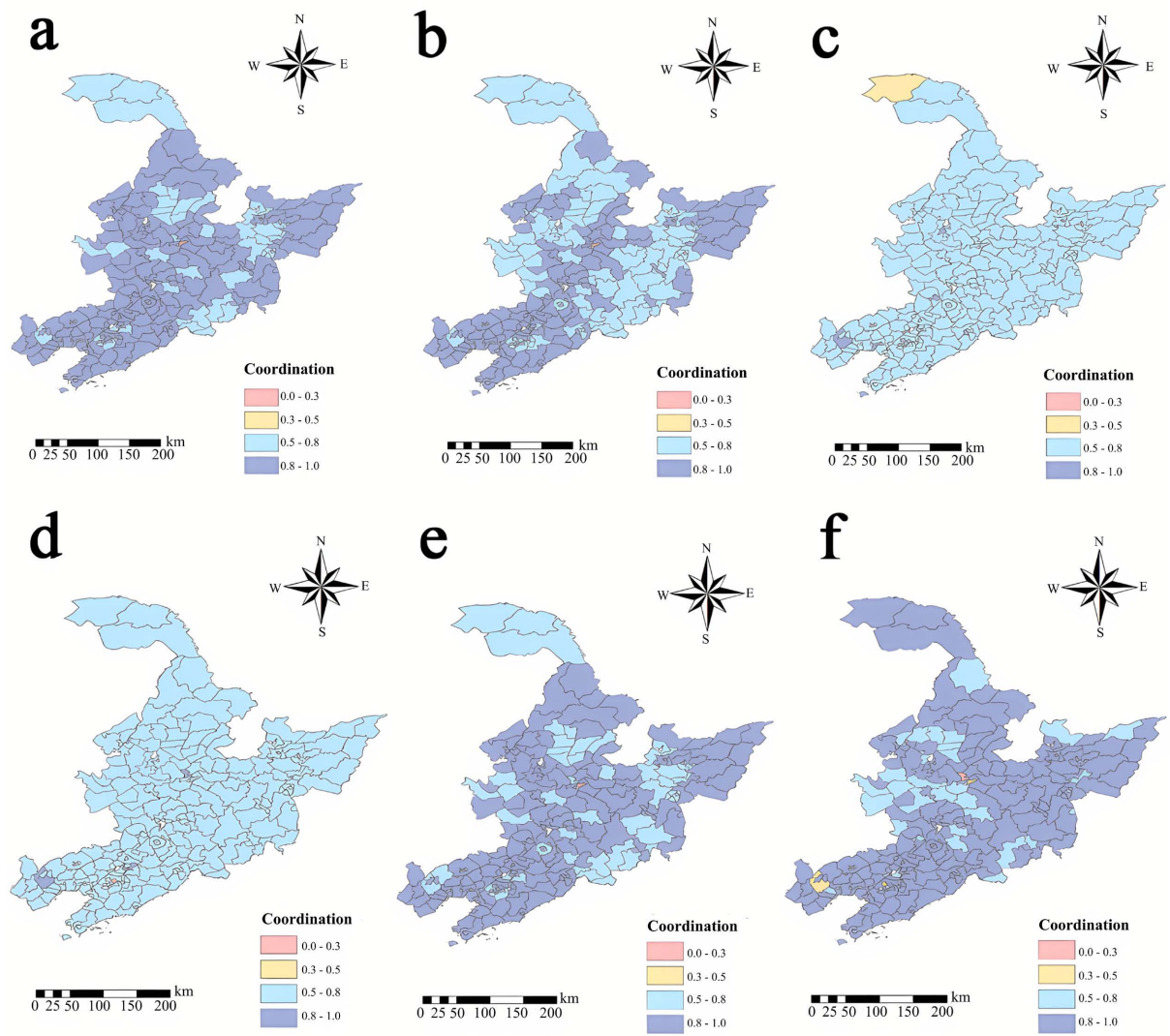


**Figure 2.** Coupled characteristics of population contraction and farmland utilization changes with different structures in northeast China, where (a) represents the total population, (b) represents the urban population, (c) represents the rural population, (d) indicates the agricultural workforce, (e) represents the working-age population, and (f) represents the illiterate population

**图 2.** 东北地区不同结构人口收缩与耕地利用变化的耦合协调特征，其中(a)代表总人口，(b)代表城市人口，(c)代表农村人口，(d)表示农业劳动力，(e)代表适龄工作人口，(f)代表文盲人口

### 3.1.2. 东北县域人口收缩与耕地资源利用的协调特征

根据研究期内东北地区人口收缩与耕地资源利用的耦合协调数值和分类判别标准(表 1)，明确二者之间的空间协调特征。研究区内整体耦合协调发展情况良好，耦合协调度与耦合度空间具有相对一致性。中、高等耦合单元体现出优质的协调发展特征，而低等耦合区的协调发展程度有待进一步优化提升(图 3)。总人口、城镇人口、乡村人口、农业从业人口、适龄劳动人口和文盲人口的收缩程度与耕地变化动态态度的耦合协调发展程度良好，且西南和东北地区优于西北和东南地区，优质协调性辐射扩散效应明显。乡村人口和农业从业人口收缩与耕地利用的耦合协调性有待进一步优化，即需要进一步抑制乡村人口和农业从业人口减少给耕地资源利用带来的负面影响。



**Figure 3.** Coordination characteristics of population contraction and farmland utilization changes with different structures in northeast China, where (a) represents the total population, (b) represents the urban population, (c) represents the rural population, (d) indicates the agricultural workforce, (e) represents the working-age population, and (f) represents the illiterate population

**图 3.** 东北地区不同结构人口收缩与耕地利用变化的协调特征，其中(a)代表总人口，(b)代表城市人口，(c)代表农村人口，(d)表示农业劳动力，(e)代表适龄工作人口，(f)代表文盲人口

### 3.2. 东北县域人口收缩与粮食产量变化率的空间协同效应

#### 3.2.1. 县域总人口收缩与粮食产量变化率的空间协同效应

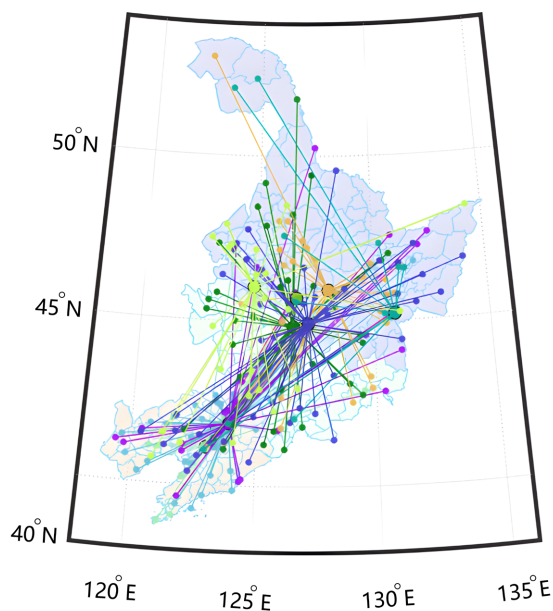
基于地理距离以及总人口在 2010~2020 年间变化率的聚类分析结果，东北地区的总人口变化在空间上表现出明显的圈层性(图 4)，距离省会城市范围较近的县域总人口收缩程度相似，较远的区域则形成另外相似的集群。靠近哈尔滨、长春、沈阳一定范围的县域人口收缩最严重，而更外围的地区人口收缩程度较弱。三个省会城市的周边腹地中，哈尔滨周边县域人口收缩程度较另外两个省会城市更大，长春次之，沈阳周围县域收缩程度最小。黑龙江省和吉林省外围县域总人口变化类似，且西部和东部分别形成不同的县域集群。辽宁省虽有部分县域人口变化与黑龙江和吉林部分地区存在类似，但其总体变化幅度较小，其形成的中心 - 外围集群更多集中在本省域内，对其它省域涉略较少，并且在沿海地区形成了与



省内其他内陆地区不同的县域集群，该集群相对其他外围县域人口收缩程度更弱。

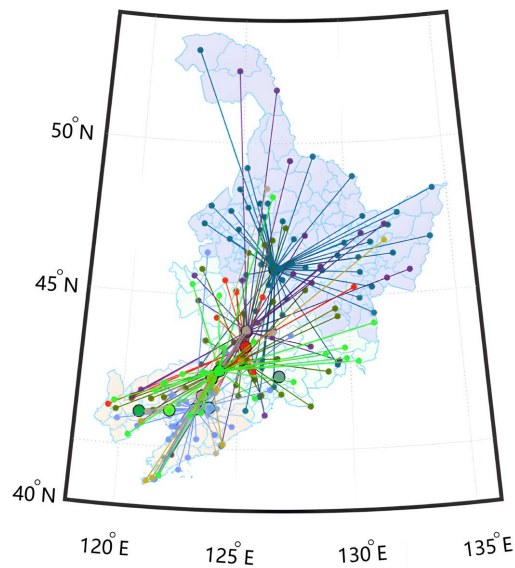
但农作物播种面积和粮食产量变化情况的聚类结果与总人口变化并不重叠，且差异较大。黑龙江 2010~2020 年间农作物播种面积除西南和东南部少数地区以外，整体变化相似，都有所减少；吉林省境内长春及其腹地农作物播种面积十年间有所减少，其余地区农作物播种面积整体在增加，且由于增加数量不同形成不同县域集群；辽宁省十年间农作物播种面积变化率形成了医巫闾山以西、辽中平原、辽东半岛等县域集群(图 5)。东北地区 2010~2020 年间粮食产量变化率以锦州西、沈阳东、抚顺东为中心，呈放射形束状向东北贯穿辽宁、吉林和黑龙江，此外，吉林东部和黑龙江东北部形成局限于省域内部的封闭集群(图 6)。

黑龙江省境内，绥化市和牡丹江市附近农作物播种面积有所增加，其他地区几乎均有所减少，但总体来看，省内各区域粮食产量却自西向东形成变化情况不尽相同的集群，东北部粮食产量增加速度最大，西南部次之，中部最小，甚至部分地区粮食产量有所下降。黑龙江省东北部有三江平原，西南部有松嫩平原，平原面积广阔，人口收缩会更有利于农业机械化，从而显著提升粮食产量。而中部哈尔滨作为省会城市，重点发展第三产业，弱化第一产业，农作物播种面积和粮食产量都有所下降，以西的大庆作为工业城市，大部分地区粮食产量也有所下降。吉林省境内，2010~2020 年间总人口减少，农作物播种面积减少，但粮食生产方面，除长春市及其周边腹地的部分县域粮食产量下降，其余地区粮食产量整体都在增加，且距离长春较远的外围地区粮食增产速度较快，由外向内增速放缓。人口减少释放出更多的土地可以开展大面积机械化耕作，使得粮食产量获得较大的提升。辽宁省西部县域集群农作物播种面积在十年间有所增加，但粮食产量总体下降，可能西部多山地，农业较辽中平原不发达；中部的辽中平原以及东部农作物播种面积皆有下降，但粮食产量增加；东南部辽东半岛以及中部沿海岸线部分地区主要发展机械制造、信息技术和对外贸易等产业，农业作为非主导产业，产量逐渐下降。



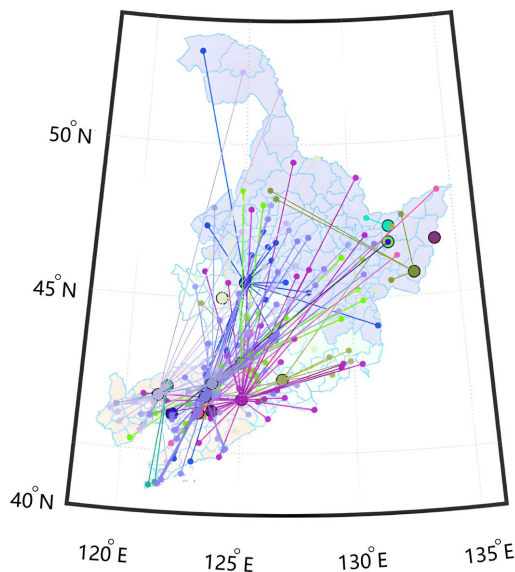
**Figure 4.** Spatial clustering of population change rates in county-level areas of Northeast China from 2010 to 2020. Among them, larger solid circles represent cluster centers, smaller dots represent county-level units, and lines represent clustering relationships. Solid circles or dots of the same color represent the same cluster, while different colors represent different clusters

**图 4.** 2010~2020 年东北地区县域人口收缩程度空间聚类。其中，较大的实心圆代表聚类中心，较小的点代表县级单位，线条表示聚类关系。相同颜色的实心圆或点代表同一聚类，不同颜色代表不同聚类



**Figure 5.** Spatial clustering of crop planting area change rates in county-level areas of Northeast China from 2010 to 2020. Among them, larger solid circles represent cluster centers, smaller dots represent county-level units, and lines represent clustering relationships. Solid circles or dots of the same color represent the same cluster, while different colors represent different clusters

**图 5.** 2010~2020 年东北地区县域耕地面积变化空间聚类。其中，较大的实心圆代表聚类中心，较小的点代表县级单位，线条表示聚类关系。相同颜色的实心圆或点代表同一聚类，不同颜色代表不同聚类



**Figure 6.** Spatial clustering of grain production change rates in county-level areas of Northeast China from 2010 to 2020. Among them, larger solid circles represent cluster centers, smaller dots represent county-level units, and lines represent clustering relationships. Solid circles or dots of the same color represent the same cluster, while different colors represent different clusters

**图 6.** 2010~2020 年东北地区县域粮食产量空间聚类。其中，较大的实心圆代表聚类中心，较小的点代表县级单位，线条表示聚类关系。相同颜色的实心圆或点代表同一聚类，不同颜色代表不同聚类

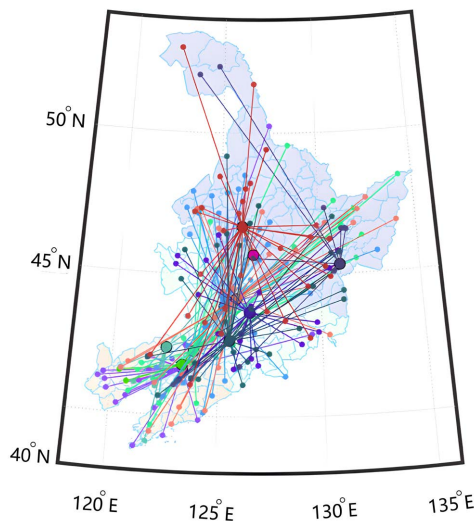
总体而言，黑龙江大部分地区人口收缩，农作物播种面积有增有减，但粮食产量总体呈上升趋势，部分区域如东北和西南，粮食生产增速极佳；吉林省大部分地区人口减少，农作物播种面积减少，粮食产量增加；辽宁省自沈阳腹地向外，总人口收缩程度减小，西部农作物播种面积增加，中部和东部减少，但粮食产量的表现则相反，西部产量下降，中部和东部上升。

### 3.2.2. 县域城乡人口收缩与粮食产量变化率的空间协同效应

基于地理距离以及城镇人口在 2010~2020 年间变化率的聚类分析结果(图 7)发现,黑龙江省各地级市政府驻地所在区域形成一类集群,该集群还包括了吉林省长春市和辽宁省沈阳市部分地区,该集群城镇人口皆有上升,黑龙江省内其余地区以哈尔滨为界,以西、以东分别形成不同的聚类,城镇人口总体皆下降。吉林省内长春市以外其余地区形成城镇人口皆有下降的县域集群。辽宁省西部、辽中平原和辽东半岛分别形成城镇人口增长程度不同的县域集群,有着明显的“中心-外围”圈层结构,而东部地区的县域集群出现城镇人口下降的现象。东北地区 2010~2020 城镇人口变化的县域集群沿“绥化-长春”和“鸡西-吉林-辽源-铁岭-沈阳”呈“y”字型。

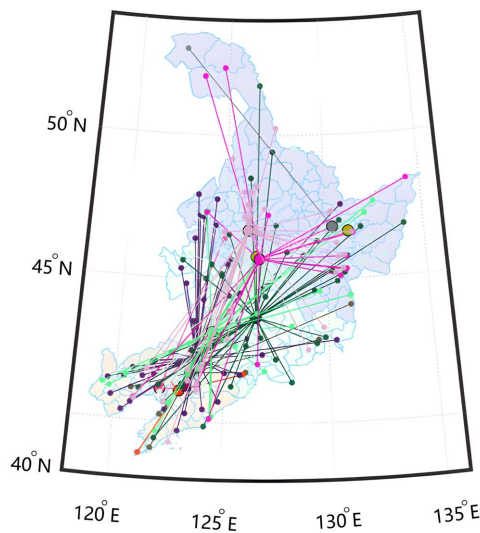
通过对东北地区县域进行地理距离和乡村人口综合聚类(图 8)可得,黑龙江省和吉林省 2010~2020 年间乡村人口变化也呈现出以省会城市为中心的“中心-外围”圈层结构,靠近哈尔滨、沈阳的腹地乡村人口收缩程度比外围地区更加严重,但在吉林省,最外围的地区乡村人口收缩总体比其他区域乡村人口收缩程度更大。辽宁省外围地区乡村人口收缩程度和黑龙江省与吉林省西部地区乡村人口收缩程度类似,黑龙江省东部和吉林省东部乡村人口收缩情况类似,辽宁省整体乡村人口收缩程度弱于黑龙江和吉林省,但辽宁省东南部辽东半岛乡村人口收缩远超省内其他边境线附近的区域。

黑龙江省自哈尔滨市向外,城镇人口和乡村人口收缩程度逐渐减弱,播种面积除西南和东南部有所增加,其余均减少,而粮食产量除哈尔滨及其附近部分地区有所减少,其他区域均有增加,即,除哈尔滨以外,其余城镇人口和乡村人口减少的区域,粮食产量均增加,且乡村人口收缩较弱的地区粮食增产更显著。吉林省城镇人口收缩整体较均匀,且收缩程度弱于乡村人口,乡村人口整体在收缩,但粮食产量除长春市以外总体在上升,边境地区乡村人口收缩程度最大,而粮食产量增速比其他地区较缓。辽宁省除西部和东南部辽东半岛部分区域粮食产量下降,其他区域乡村人口收缩程度较弱的地区较收缩程度更大的地区粮食增产速度更快。总体来看,虽然各地区乡村人口减少,但粮食产量持续增加,并且不同程度的乡村人口收缩集群与不同程度的粮食增产集群有着一定的重叠性,即乡村人口收缩严重的地区粮食增产速度较缓,而乡村人口收缩较弱的地区粮食增产速度更快。



**Figure 7.** Spatial clustering of urban population change rates in county-level areas of Northeast China from 2010 to 2020. Among them, larger solid circles represent cluster centers, smaller dots represent county-level units, and lines represent clustering relationships. Solid circles or dots of the same color represent the same cluster, while different colors represent different clusters

**图 7.** 2010~2020 年东北地区城市人口收缩程度空间聚类。其中,较大的实心圆代表聚类中心,较小的点代表县级单位,线条表示聚类关系。相同颜色的实心圆或点代表同一聚类,不同颜色代表不同聚类



**Figure 8.** Spatial clustering of rural change rates in county-level areas of Northeast China from 2010 to 2020. Among them, larger solid circles represent cluster centers, smaller dots represent county-level units, and lines represent clustering relationships. Solid circles or dots of the same color represent the same cluster, while different colors represent different clusters

**图 8.** 2010~2020 年东北地区乡村人口收缩程度空间聚类。其中，较大的实心圆代表聚类中心，较小的点代表县级单位，线条表示聚类关系。相同颜色的实心圆或点代表同一聚类，不同颜色代表不同聚类

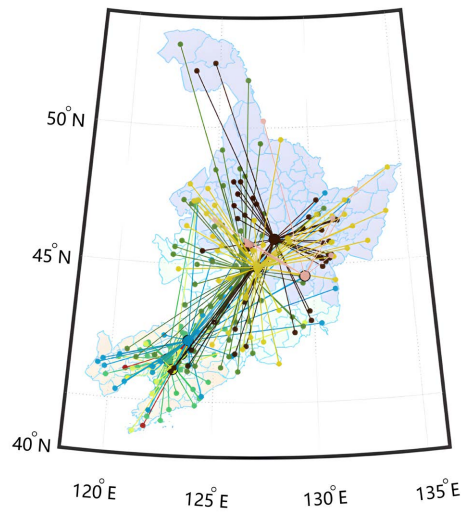
### 3.2.3. 县域适龄劳动人口收缩与粮食产量变化率的空间协同效应

根据东北地区 2010~2020 年 15~65 岁适龄劳动人口变化率和地理距离的聚类结果(图 9)可得，黑龙江省和吉林省适龄劳动人口变化情况相似度较高，黑龙江主体沿边界线地区以及吉林省沿南部边界线地区形成适龄劳动人口收缩相似的县域集群，黑龙江省环哈尔滨市地区的县域集群有着相近的 15~65 岁人口收缩率，该集群还包括吉林省东部部分地区。辽宁省大部分县域集群仅局限于自身内部，大部分地级市政府所在地形成适龄劳动人口增加的集群，其余地区形成距离地级市政府驻地较近和较远的集群，较近的集群适龄劳动人口收缩程度高于较远的集群。

黑龙江省内，外围区域适龄劳动人口收缩程度弱于内部区域，适龄劳动人口收缩弱的集群对应着粮食增产速率高的集群，适龄劳动人口收缩程度深的县域集群对应着粮食增产速率较低甚至减产的区域。吉林省境内，适龄劳动人口收缩程度总体外围边界区域高于内部尤其长春市附近，西北部较均匀，东部集群略高于西部集群。东部集群和长春以东中部部分区域收缩程度接近，但东部集群粮食产量增长速度高于中部地区，说明不同区域由于产业发展重心不同，会极大地影响农业生产，吉林省中部大力发展工业和服务业，农业占比较小，因此粮食产量增长不如东北部显著。辽宁省整体适龄劳动人口收缩低于黑龙江省和吉林省，且收缩程度空间分布较均匀，沈阳附近、辽中平原海岸线附近以及辽东半岛部分区域适龄劳动人口有所增加，且适龄人口收缩情况的县域集群和粮食产量增加情况的县域集群在空间上有一定的重合，西部低人口收缩率、中部与东部高人口收缩率、西部低粮食增产率、中部与东部高粮食增产率形成“低-低”和“高-高”匹配，即辽宁省西部县域集群的适龄劳动人口收缩率略低于辽中平原和东部所形成的县域集群，但西部粮食产量增长率远远低于中部和东部，由此说明，虽然中部和东部适龄劳动人口流失，但相比于西部具有更高效的生产技术。

综合来看，适龄劳动人口的变化并不会成为粮食增产速度提升或下降的核心因素，黑龙江省适龄劳动人口收缩程度较弱的区域粮食增产速率高，而辽宁省适龄劳动人口收缩较弱的区域粮食增产速率低，吉林省内适龄劳动人口收缩程度相近的区域粮食产量增速却不同，可见区域内部的产业政策和导向及其它社会经济因素才是更能影响粮食产量的原因。



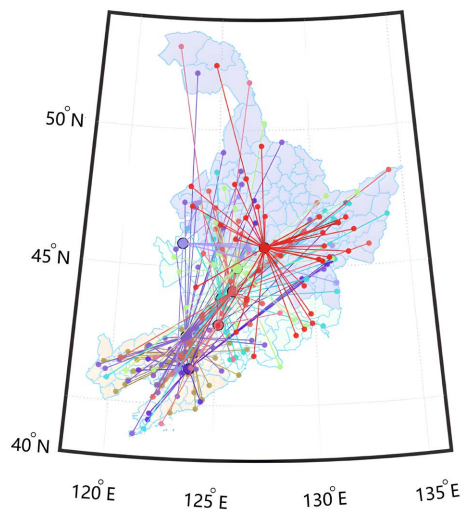


**Figure 9.** Spatial clustering of working-age population change rates in county-level areas of Northeast China from 2010 to 2020. Among them, larger solid circles represent cluster centers, smaller dots represent county-level units, and lines represent clustering relationships. Solid circles or dots of the same color represent the same cluster, while different colors represent different clusters

**图 9.** 2010~2020 年东北地区适龄劳动人口收缩程度空间聚类。其中，较大的实心圆代表聚类中心，较小的点代表县级单位，线条表示聚类关系。相同颜色的实心圆或点代表同一聚类，不同颜色代表不同聚类

#### 3.2.4. 县域文盲人口收缩与粮食产量变化率的空间协同效应

对东北地区 2010~2020 年间文盲人口变化率以及地理距离进行聚类(图 10)得到，黑龙江省和吉林省在哈尔滨市、长春市及其附近区域文盲人口收缩程度相似，黑龙江省西部地区 and 吉林省西部地区构成文盲人口变化率相近的县域集群，吉林省东部和东南部文盲人口减少程度类似，且东部和东南部文盲人口下降率整体高于西部，辽宁省部分区域文盲人口减少程度与黑龙江和吉林部分区域类似，但整体收缩程度高于另外两个省份，且省内各聚类文盲人口下降率相差不是很大，中部略高于东部，东部略高于西部。



**Figure 10.** Spatial clustering of change rates in the illiterate population within county-level areas of Northeast China from 2010 to 2020. Among them, larger solid circles represent cluster centers, smaller dots represent county-level units, and lines represent clustering relationships. Solid circles or dots of the same color represent the same cluster, while different colors represent different clusters

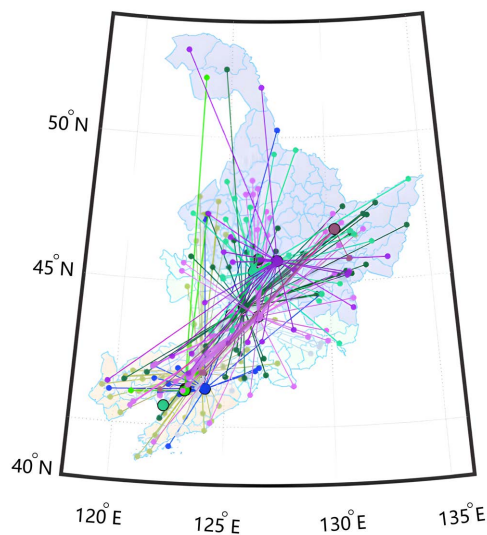
**图 10.** 2010~2020 年东北地区文盲人口收缩程度空间聚类。其中，较大的实心圆代表聚类中心，较小的点代表县级单位，线条表示聚类关系。相同颜色的实心圆或点代表同一聚类，不同颜色代表不同聚类

东北地区境内，省会城市所在区域文盲人口收缩程度较高，但粮食增产率偏低，其余大部分地区文盲人口收缩程度越大，粮食增产率越高，另外有小部分工业化较发达的地区，其文盲人口变化情况与粮食产量的关系同省会城市类似。

### 3.2.5. 县域第一产业从业人口收缩与粮食产量变化率的空间协同效应

对东北地区各县域地理距离以及 2010~2020 年间第一产业从业人口变化率进行聚类(图 11)可得，黑龙江省和吉林省的外围地区、以及辽宁省中部部分地区第一产业从业人口收缩程度类似，黑龙江省环哈尔滨区域以及吉林省沿边界的外围地区形成第一产业从业人口变化率相近的县域集群，该集群还包括辽宁西部边界、东部边界以及中部沿“抚顺 - 辽阳 - 盘锦”一线的部分区域。黑龙江省远离哈尔滨的外围地区第一产业从业人口收缩程度略低于内部地区，且西部县域略高于东部县域。吉林省内部第一产业从业人口变化率较均匀，整体呈收缩趋势。辽宁省境内，辽东半岛以北、以西第一产业从业人口收缩程度类似，且辽东半岛收缩程度略高于其他地区。

黑龙江省第一产业从业人口收缩程度自西向东呈“高 - 更高 - 略低”的趋势，但粮食产量变化率东部最高，中部最低；吉林省东部集群第一产业从业人口收缩程度略高于西部，粮食产量增加速度东部也略高于西部；辽宁省内第一产业从业人口变化率空间差异较小，但粮食产量变化率相差较大，东部远高于西部。综合来看，尽管部分区域证明第一产业从业人口收缩较弱县域粮食增产速率相对较快，但其总体影响微乎其微，随着社会发展，技术条件、政策倾向以及环境支持等等对农业生产的影响占比更大，而从业人口的多寡不会造成决定性的影响。



**Figure 11.** Spatial clustering of the primary industry employment change rates in county-level Areas of Northeast China from 2010 to 2020. Among them, larger solid circles represent cluster centers, smaller dots represent county-level units, and lines represent clustering relationships. Solid circles or dots of the same color represent the same cluster, while different colors represent different clusters

**图 11.** 2010~2020 年东北地区第一产业从业人口收缩程度空间聚类。其中，较大的实心圆代表聚类中心，较小的点代表县级单位，线条表示聚类关系。相同颜色的实心圆或点代表同一聚类，不同颜色代表不同聚类

## 4. 讨论与结论

### 4.1. 人口收缩背景下粮食安全保障系统的优化策略

依据研究期间不同结构的人口收缩与耕地变化的耦合协调关系及与粮食产量变化率的空间协同效

应, 可将东北地区在人口收缩背景下的粮食安全保障系统初步分为三种类型: 先行发展区, 转型提升区, 协同滞后区。以下为这三种类型区域各自的优化调控策略。

(1) 先行发展区位于西南部的辽河平原、西部的松嫩平原和东北部的三江平原为。该区域由于位于黑土区, 自然条件优越, 耕地资源丰富, 粮食产量富足, 在全国粮食安全体系中占据着首要的战略地位。不仅吸纳了众多专业人员进行黑土保护和粮食增产的研究, 也因为平原广阔成为机械化作业最先开展的区域。资源禀赋加上外力助推, 使得该区域的粮食生产几乎摆脱了对劳动力数量的依赖, 成为东北地区乃至全国的农业先行发展区。该区域在未来的发展中应继续保持卓越的发展态势, 发挥粮食安全保障的排头兵作用, 并将其探索出来的有效发展路径推广到其他地区。

(2) 转型提升区位于东北地区中部, 分散在“辽河平原-松嫩平原”连线的中间以及“松嫩平原-三江平原”连线的中间。该区域受先行发展区的辐射带动作用较大, 农业生产发展态势较好, 人口收缩对粮食生产造成的负面影响较弱, 但农业从业人口和乡村人口的减少仍对耕地利用存在轻微制约, 该区域在未来发展中应当结合本地现状和条件, 优化农业生产技术和制度, 加速传统农业向现代化农业转型, 使得粮食生产与人口数量脱钩, 升级为优质先进的粮食种植区。

(3) 协同滞后区分布于“漠河-通化”一线上优化升级区之外的区域。该类地区相较其他区域粮食生产对劳动力资源数量依赖性较大, 耕地利用和粮食生产随人口收缩波动性较大。该区域应加强耕地细碎化、耕地整合的管理, 激发县域内生发展动力, 加速城乡融合, 实现农业农村现代化。应积极开展耕地经营主体的培育培训, 推进耕地有序化扩展和集约化利用, 改进粮食种植结构和生产方式, 提升粮食生产水平, 降低人口收缩的抑制作用。

## 4.2. 局限性与展望

虽然本研究从微观角度对基于人口收缩背景的粮食安全保障问题提出了新的见解, 但也存在一定的局限性和不确定性。在研究区域的选择上, 东北地区虽然是全国粮食主产区和农业发达区, 但不能代表所有粮食产区, 比如东部的山东省、中部的河南省以及南方丘陵地区。其次, 本文仅选取两个时间节点研究区域人口收缩与粮食生产情况, 缺乏更细致的时间的纵向比较, 难以刻画县域人口和粮食生产特征的具体演变过程。此外, 在探究粮食安全保障与人口收缩的相关性时, 只着重选取了粮食生产的两大根本要素: 耕地资源的数量变化和劳动力资源的数量与结构变化, 缺乏进一步对粮食生产的其他重要因素进行探讨, 诸如技术支持、经济消费等。在“藏粮于地, 藏粮于技, 藏粮于民”的战略背景下, 不同区域、不同类型人口收缩与粮食安全保障的协调性总体趋势相近, 但又存在细微的地域和结构差异。未来, 基于县域尺度的人口收缩与粮食安全保障协调性的研究可以从以下三个方面进一步展开。一是, 鉴于人口收缩与粮食安全保障协调性的区域差异, 将不同气候、地形类型的粮食生产区进行横向对比, 分析空间异质性的根本原因。其次, 要注重对县域人口变化的长期动态观察, 发现其更细致的时空演变规律。第三, 人口收缩与粮食安全保障的协调性受到自然资源、经济发展、技术水平、历史传统和政府政策等因素的影响和制约。研究者应当结合当地的具体发展背景, 将更全面的影响要素纳入到研究中, 为不同地区粮食安全保障系统的优化策略提供科学依据。

## 4.3. 结论

通过对东北地区不同结构人口收缩与两类基础的粮食安全保障要素进行相关性建模, 探讨其耦合协调规律及空间共振特征, 提出基于空间协同关系的发展路径, 为明确不同类型地域单元粮食生产情况和提高粮食安全保障提供参考。主要结论如下:

(1) 东北地区不同结构人口收缩与耕地资源利用的耦合协调发展格局具有基本一致性。大部分人口收

缩与耕地资源利用在全域内呈现中、高等耦合和良好的协调性,并且除了农业从业人口和文盲人口之外,其余各类结构人口收缩会明显促进耕地获取和利用。农业从业人口和文盲人口收缩不会大幅度带动耕地利用的变化,甚至农业从业人口收缩会产生轻微地抑制效应。松嫩平原和三江平原作为高等耦合和优质协调的热点集聚中心,优质协调性空间溢出效应明显,辐射带动中部地区良好发展,与“西北-东南”一线上的地域形成明显的差异。

(2) 东北地区在十年内耕地面积整体有所减少,大部分地区总人口收缩,乡村人口收缩,但粮食产量总体呈上升趋势,且乡村人口收缩严重的地区粮食增产速度较缓,收缩较弱的地区粮食增产速度更快。适龄劳动人口的变化不会显著影响粮食增产速度,黑龙江省适龄劳动人口收缩程度较弱的区域粮食增产速率高,而辽宁省适龄劳动人口收缩较弱的区域粮食增产速率低,吉林省内适龄劳动人口收缩程度相近的区域粮食产量增速却不同。省会城市所在区域文盲人口收缩程度较高,但粮食增产率偏低,其余大部分地区文盲人口收缩程度越大,粮食增产率越高,另外有小部分工业化较发达的地区,其文盲人口变化情况与粮食产量的关系同省会城市类似。部分区域第一产业从业人口收缩较弱县域粮食增产速率相对较快,但其总体影响微乎其微。

(3) 东北三省的省会城市以及其他大型城市所在地由于更重视服务业、信息科技等二、三产业的发展,人口收缩程度较弱,耕地面积减少,粮食增产速率较低,而其他地区人口收缩程度较高,但粮食增产速率也较高。科技和信息的发展有效降低了农业发展对人口数量和耕地面积的依赖,人口收缩和耕地减少不再成为遏制粮食产量增长的关键因素,但由于东北地区农业现代化发展还未完全成熟,人口收缩依然会在轻微程度上对粮食生产存在影响,在农业现代化程度依次下降的黑龙江、吉林和辽宁区域内,人口收缩对粮食增产的影响依次增强。

综合来看,人口收缩会促进耕地资源利用和粮食产量增加。保障国家粮食安全的根本在耕地,耕地是粮食生产的命脉。耕地坚决不能非农化,如果耕地都非农化了,那么国民赖以生存的基本便没有了。人多地少是中国的基本国情,耕地是最为宝贵的资源,提高耕地利用效率可以保护好十几亿人的吃饭大事。人口收缩不仅可以减少耕地的非农化占用,守住十八亿亩耕地红线,还可以将现代种业、农业机械等技术装备水平提上来,调整农业结构,打造高标准农田,建设国家粮食安全产业带。目前,世界大多数地区面临着人口收缩的境况,本研究以中国发生人口收缩的粮食主产区——东北地区为例,验证了人口数量与粮食生产的脱钩关系,表明人口收缩不会危及粮食安全,相反,引导人口向高素质方向发展有利于优化农业结构、增进粮食生产的韧性。本研究不仅为人口收缩区域,也为实行小农作业的区域实现粮食安全保障提供科学依据和参考。

## 参考文献

- [1] Nicholson, C.F., Kopainsky, B., *et al.* (2020) Conceptual Frameworks Linking Agriculture and Food Security. *Nature Food*, **1**, 541-551. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00142-3>
- [2] Zou, S., Zhang, L., *et al.* (2022) Early Ecological Security Warning of Cultivated Lands Using RF-MLP Integration Model: A Case Study on China's Main Grain-Producing Areas. *Ecological Indicators*, **141**, Article ID: 109059. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109059>
- [3] Han, Z., Zheng, X.Q., *et al.* (2023) Changes in China's Food Security Driven by Nutrition Security and Resource Constraints. *Environment, Development and Sustainability*, **26**, 7927-7945. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03042-1>
- [4] Zhao, S., Li, T.Y., *et al.* (2023) Agricultural Food System Transformation on China's Food Security. *Foods*, **12**, Article No. 2906. <https://doi.org/10.3390/foods12152906>
- [5] Zhou, Y., Zhong, Z. and Cheng, G.Q. (2023) Cultivated Land Loss and Construction Land Expansion in China: Evidence from National Land Surveys in 1996, 2009 and 2019. *Land Use Policy*, **125**, Article ID: 106496. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106496>
- [6] Clapp, J. and Moseley, W.G. (2020) This Food Crisis Is Different: COVID-19 and the Fragility of the Neoliberal Food



- Security Order. *The Journal of Peasant Studies*, **47**, 1393-1417. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1823838>
- [7] Britwum, K. and Demont, M. (2022) Food Security and the Cultural Heritage Missing Link. *Global Food Security*, **35**, Article ID: 100660. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100660>
- [8] Nicholson, C.F., Stephens, E.C., et al. (2021) Food Security Outcomes in Agricultural Systems Models: Current Status and Recommended Improvements. *Agricultural Systems*, **188**, Article ID: 103028. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103028>
- [9] Rodríguez García, J.J. (2021) Food Security in Venezuela: From Policies to Facts. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **5**, Article ID: 617907. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.617907>
- [10] Rezvi, H.U.A., Tahjib-Ul-Arif, M., et al. (2022) Rice and Food Security: Climate Change Implications and the Future Prospects for Nutritional Security. *Food and Energy Security*, **12**, e430. <https://doi.org/10.1002/fes3.430>
- [11] Nkwonta, C.G., Auma, C.I. and Gong, Y. (2023) Underutilised Food Crops for Improving Food Security and Nutrition Health in Nigeria and Uganda—A Review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **7**, Article ID: 1126020. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1126020>
- [12] Wegerif, M.C.A. (2020) Informal Food Traders and Food Security: Experiences from the Covid-19 Response in South Africa. *Food Security*, **12**, 797-800. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01078-z>
- [13] Jaacks, L.M., Veluguri, D., et al. (2021) Impact of the COVID-19 Pandemic on Agricultural Production, Livelihoods, and Food Security in India: Baseline Results of a Phone Survey. *Food Security*, **13**, 1323-1339. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01164-w>
- [14] Sunday, N., Kahunde, R., Atwine, B., et al. (2023) How Specific Resilience Pillars Mitigate the Impact of Drought on Food Security: Evidence from Uganda. *Food Security*, **15**, 111-131. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01313-9>
- [15] Korir, L., Rizov, M. and Ruto, E. (2020) Food Security in Kenya: Insights from a Household Food Demand Model. *Economic Modelling*, **92**, 99-108. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.07.015>
- [16] Hirvonen, K., De Brauw, A. and Abate, G.T. (2021) Food Consumption and Food Security during the COVID-19 Pandemic in Addis Ababa. *American Journal of Agricultural Economics*, **103**, 772-789. <https://doi.org/10.1111/ajae.12206>
- [17] O'Hara, S. and Toussaint, E.C. (2021) Food Access in Crisis: Food Security and COVID-19. *Ecological Economics*, **180**, Article ID: 106859. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106859>
- [18] Tortajada, C. and Lim, N.S.W. (2021) Food Security and COVID-19: Impacts and Resilience in Singapore. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **5**, Article ID: 740780. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.740780>
- [19] Macalou, M., Keita, S.I., Coulibaly, A.B. and Diamoutene, A.K. (2023) Urbanization and Food Security: Evidence from Mali. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **7**, Article ID: 1168181. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1168181>
- [20] Devereux, S., Béné, C. and Hoddinott, J. (2020) Conceptualising COVID-19's Impacts on Household Food Security. *Food Security*, **12**, 769-772. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01085-0>
- [21] Garcia, S.N., Osburn, B.I. and Jay-Russell, M.T. (2020) One Health for Food Safety, Food Security, and Sustainable Food Production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **4**, Article No. 1. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00001>
- [22] Lawson-Lartego, L. and Cohen, M.J. (2020) 10 Recommendations for African Governments to Ensure Food Security for Poor and Vulnerable Populations during COVID-19. *Food Security*, **12**, 899-902. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01062-7>
- [23] Béné, C., Bakker, D., et al. (2021) Global Assessment of the Impacts of COVID-19 on Food Security. *Global Food Security*, **31**, Article ID: 100575. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100575>
- [24] Niu, Y.N., Xie, G.D., Xiao, Y., et al. (2021) The Story of Grain Self-Sufficiency: China's Food Security and Food for Thought. *Food and Energy Security*, **11**, e344. <https://doi.org/10.1002/fes3.344>
- [25] Egamberdiev, B., Bobojonov, I., et al. (2023) Household Resilience Capacity and Food Security: Evidence from Kyr-gyzstan. *Food Security*, **15**, 967-988. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01369-1>
- [26] Amolegbe, K.B., Upton, J., Bageant, E. and Blom, S. (2021) Food Price Volatility and Household Food Security: Evidence from Nigeria. *Food Policy*, **102**, Article ID: 102061. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102061>
- [27] Zhou, Y., Li, X. and Liu, Y. (2021) Cultivated Land Protection and Rational Use in China. *Land Use Policy*, **106**, Article ID: 105454. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105454>
- [28] Campi, M., Dueñas, M. and Fagiolo, G. (2021) Specialization in Food Production Affects Global Food Security, and Food Systems Sustainability. *World Development*, **141**, Article ID: 105411. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105411>
- [29] Chen, L., Zhao, H.S., Song, G. and Liu, Y. (2021) Optimization of Cultivated Land Pattern for Achieving Cultivated Land System Security: A Case Study in Heilongjiang Province, China. *Land Use Policy*, **108**, Article ID: 105589. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105589>

- [30] Domingo, A., Charles, K.-A., *et al.* (2021) Indigenous Community Perspectives of Food Security, Sustainable Food Systems and Strategies to Enhance Access to Local and Traditional Healthy Food for Partnering Williams Treaties First Nations (Ontario, Canada). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **18**, Article No. 4404. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094404>
- [31] Hernández, P., Carmona, A., Tapia, M.S. and Rivas, S. (2021) Dismantling of Institutionalization and State Policies as Guarantors of Food Security in Venezuela: Food Safety Implications. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **5**, Article ID: 623603. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.623603>
- [32] Blom, C.D.B., Steegeman, P., *et al.* (2022) Food in the Cold: Exploring Food Security and Sovereignty in Whitehorse, Yukon. *International Journal of Circumpolar Health*, **81**, Article ID: 2025992. <https://doi.org/10.1080/22423982.2022.2025992>
- [33] Simola, A., Boysen, *et al.* (2022) Economic Integration and Food Security—The Case of the AfCFTA. *Global Food Security*, **35**, Article ID: 100651. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100651>
- [34] Tui, S. and Fakhruddin, B. (2022) Food for Thought: Climate Change Risk and Food (In)Security in Tuvalu. *Progress in Disaster Science*, **16**, Article ID: 100255. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2022.100255>
- [35] Abdallah, A.H., Ayamga, M. and Awuni, J.A. (2022) Impact of Land Grabbing on Food Security: Evidence from Ghana. *Environment, Development and Sustainability*, **25**, 6071-6094. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02294-7>
- [36] Li, W., Wang, D.Y., Li, H. and Liu, S.H. (2017) Urbanization-Induced Site Condition Changes of Peri-Urban Cultivated Land in the Black Soil Region of Northeast China. *Ecological Indicators*, **80**, 215-223. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.038>
- [37] Jiren, T.S., Dorresteijn, I., *et al.* (2020) Alternative Discourses around the Governance of Food Security: A Case Study from Ethiopia. *Global Food Security*, **24**, Article ID: 100338. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100338>
- [38] Chen, Y., Wang, S. and Wang, Y. (2022) Spatiotemporal Evolution of Cultivated Land Non-Agriculturalization and Its Drivers in Typical Areas of Southwest China from 2000 to 2020. *Remote Sensing*, **14**, Article No. 3211. <https://doi.org/10.3390/rs14133211>
- [39] Kamenya, M.A., Hendriks, S.L., *et al.* (2022) Public Agriculture Investment and Food Security in ECOWAS. *Food Policy*, **113**, Article ID: 102349. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102349>
- [40] Randell, H., Gray, C. and Shayo, E.H. (2022) Climatic Conditions and Household Food Security: Evidence from Tanzania. *Food Policy*, **112**, Article ID: 102362. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102362>
- [41] Wudil, A.H., Usman, M., *et al.* (2022) Reversing Years for Global Food Security: A Review of the Food Security Situation in Sub-Saharan Africa (SSA). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article No. 14836. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214836>
- [42] Mathinya, V.N., Franke, A.C., Van De Ven, G.W., Giller, K.E., *et al.* (2022) Productivity and Constraints of Small-Scale Crop Farming in the Summer Rainfall Region of South Africa. *Outlook on Agriculture*, **51**, 139-154. <https://doi.org/10.1177/00307270221091839>
- [43] Arnalte-Mur, L., Ortiz-Miranda, D., *et al.* (2020) The Drivers of Change for the Contribution of Small Farms to Regional Food Security in Europe. *Global Food Security*, **26**, Article ID: 100395. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100395>
- [44] Kerr, R.B., Madsen, S., *et al.* (2021) Can Agroecology Improve Food Security and Nutrition? A Review. *Global Food Security*, **29**, Article ID: 100540. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100540>
- [45] Galli, F., Grando, S., *et al.* (2020) How Do Small Farms Contribute to Food and Nutrition Security? Linking European Small Farms, Strategies and Outcomes in Territorial Food Systems. *Global Food Security*, **26**, Article ID: 100427. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100427>
- [46] Lyu, X., Peng, W., *et al.* (2022) Evaluation of Sustainable Intensification of Cultivated Land Use According to Farming Households' Livelihood Types. *Ecological Indicators*, **138**, Article ID: 108848. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108848>
- [47] Wangu, J. (2021) The Need for a Food Systems Approach in Smallholder Food and Nutrition Security Initiatives: Lessons from Inclusive Agribusiness in Smallholder Communities. *Foods*, **10**, Article No. 1785. <https://doi.org/10.3390/foods10081785>
- [48] Farrukh, M.U., Bashir, M.K., Hassan, S., *et al.* (2020) Mapping the Food Security Studies in India, Pakistan and Bangladesh: Review of Research Priorities and Gaps. *Global Food Security*, **26**, Article ID: 100370. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100370>
- [49] Niles, M.T., Rudnick, J., Lubell, M. and Cramer, L. (2021) Household and Community Social Capital Links to Smallholder Food Security. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, **5**, Article No. 44. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.583353>

- 
- [50] Molotoks, A., Smith, P. and Dawson, T.P. (2020) Impacts of Land Use, Population, and Climate Change on Global Food Security. *Food and Energy Security*, **10**, e261. <https://doi.org/10.1002/fes3.261>
- [51] Döringer, S., Uchiyama, Y., Penker, M., *et al.* (2019) A Meta-Analysis of Shrinking Cities in Europe and Japan. Towards an Integrative Research Agenda. *European Planning Studies*, **28**, 1693-1712. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1604635>
- [52] Jiang, L., Wu, Y., He, X., *et al.* (2022) Dynamic Simulation and Coupling Coordination Evaluation of Water Footprint Sustainability System in Heilongjiang Province, China: A Combined System Dynamics and Coupled Coordination Degree Model. *Journal of Cleaner Production*, **380**, Article ID: 135044. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135044>
- [53] Frey, B.J. and Dueck, D. (2007) Clustering by Passing Messages between Data Points. *Science*, **315**, 972-976. <https://doi.org/10.1126/science.1136800>
- [54] Bi, G. and Yang, Q. (2022) Spatial Reconstruction of Rural Settlements Based on Multidimensional Suitability: A Case Study of Pingba Village, China. *Land*, **11**, Article No. 1299. <https://doi.org/10.3390/land11081299>
- [55] Wang, C., Wang, Z.H., Li, Q., *et al.* (2020) Emergence of Urban Clustering among U.S. Cities under Environmental Stressors. *Sustainable Cities and Society*, **63**, Article ID: 102481. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102481>