

区域粮食储备的地区差异与规模确定分析

韩建军, 邹亚丽

(河南工业大学土木建筑学院, 郑州 450001)

摘要: 粮食储备对维护粮食安全和保障社会安定具有重大意义。在我国粮食产供需的时空差异持续加剧背景下,以省域为单元,利用空间探索性分析法研究我国近年来区域粮食储备的时空演变和地区差异,并利用空间计量模型对区域粮食储备规模的影响因素进行分析,给出分区域的粮食储备规模确定方式。结果发现:我国粮食储备具有显著空间正相关性,高储备区向东北地区扩展,低储备区进一步向西部地区转移,两者的显著集聚范围逐渐扩大,致使地区差异逐渐增大;区域粮食储备规模与粮食生产能力、人口规模、经济发展、灾害影响、交通条件和社会影响力紧密相关;综合考虑空间效应和相关因素确定区域粮食储备规模,为我国分区域粮食储备研究提供新思路。

关键词: 区域粮食储备;地区差异;空间计量;储备规模

粮食储备是维护粮食安全的重要宏观调控工具,在保证人民生活和社会稳定、应对突发灾害等方面具有重要作用。随着近年来我国粮食产供需在时间和空间上的差异持续加剧,致使目前我国区域粮食储备规模不合理的问题逐渐凸显^[1-3]。目前,我国区域粮食储备按“销区6个月的消费量,产区3个月的消费量”确定,而成品粮储备规模为区域常住人口15天的口粮消费^[4-6]。“一刀切”的储备模式存在一定弊端,当区域粮食储备规模超过实际需求量时,储存成本增加,且长期储存容易造成粮食变质,增加浪费;当区域粮食储备规模无法满足实际需求时,就无法保障区域粮食供给,尤其在歉收、突发灾害甚至战争时影响社会稳定。目前粮食储备规模的研究方法主要有生产周期法、系数调整法、成本效率模型法等^[7-9],主要通过分析产量或消费量在时间上的波动变化来研究全国范围的粮食储备问题。由于粮食生产和消费之间存在着时间和空间差异,储备作为平衡区域粮食市场的缓冲剂,必须同时考虑时间与空间上的趋势和格局。另外,由于资源、经济、人口、社会等方面因素均会对区域粮食储备产生影响,因此,因地制宜、高效、不浪费地制定分区域的储备规模和政策是粮食储备研究中需要考虑的问题。

本文将空间效应纳入区域粮食储备研究中,综合考虑地区资源、人口、经济、社会等因素,结合实际数据,利用空间探索性分析法和空间计量方法,以省为研究单元分析2008-2015年我国粮食储备时空演变趋势和地区差异,并对区域粮食储备规模的影响因素

收稿日期: 2018-08-12; 修订日期: 2018-12-26

基金项目: 国家粮食局粮食公益性行业科研专项 (201413007)

作者简介: 韩建军 (1974-), 男, 河南漯河人, 博士, 副教授, 主要从事粮食物流与建设项目管理研究。

E-mail: 13888827@qq.com

通讯作者: 邹亚丽 (1992-), 女, 甘肃会宁人, 硕士, 主要从事粮食工程项目建设管理研究。

E-mail: 18037861842@163.com

进行分析，给出分区域的粮食储备规模确定方式，避免“一刀切”模式带来的弊端，为当前我国区域粮食储备规模的研究提供一个新思路。

1 研究方法

1.1 研究方法

首先，运用空间探索性分析方法（ESDA）^[10-14]分析我国各省的粮食储备规模与相邻地区的空间相关性。其中，用全局Moran指数分析各省的粮食储备规模在区域整体上是否存在空间上的相关性，用局部Lisa指数分析各省的粮食储备规模的局部空间集聚和差异程度。

其次，将空间效应纳入到计量模型中建立空间计量模型，即把地区间的空间相互作用作为一种变量引入到模型中^[15-17]，构建空间滞后模型（SLM）和空间误差模型（SEM）。前者代表某区域粮食储备规模受地理上相邻区域的影响，后者代表附近区域样本值中无法解释或者无法预期的因素对该区域的影响。

1.2 模型构建

结合已有的粮食储备相关文献^[18-29]，以粮食生产能力、人口规模、经济发展水平、交通通达能力和灾害影响程度作为常规解释变量，把社会影响力作为影响区域粮食储备的新增解释变量，这是因为社会影响力越大的区域，发生粮食危机时更容易造成经济和社会的不稳定；选取粮食储备规模（CBSP）为被解释变量，如表1所示。其中，粮食仓储设施的规模直接关系到储备粮的规模大小，因此用粮食储备有效仓容和实际储粮比例来表示粮食储备规模（CBSP）；社会影响力（SHYX）是指一个区域的综合社会影响程度，通过区域的政治、经济、社会、文化等评价指标体系和层次分析法得到量化值；灾害影响程度（ZHYX），包括各类突发事件，如自然灾害、公共事件、社会安全事件、战争、经济危机等。

表1 粮食储备规模分析假设及变量选择
Table 1 Hypothesis and variable selection of grain reserve scale

研究假设	变量选择	变量符号
粮食生产能力影响粮食储备规模	人均粮食产量	LSSC
人口规模影响粮食储备规模	人口密度	RKMD
经济发展水平影响粮食储备规模	人均GDP	JJSP
社会影响力影响粮食储备规模	政治、文化等指标量化	SHYX
交通通达能力影响粮食储备规模	单位面积的交通线路	JTNL
灾害影响粮食储备规模	灾情指数	ZHYX

本文所有解释变量的样本数据均来源于国家统计局2009-2016年出版的《中国统计年鉴》和各省的官方发布数据^[30]；粮食储备规模数据来自源于国家粮食局和我国粮食行业“十二五”“十三五”发展规划纲要。区域划分以省为研究单元，主要考虑目前粮食储备的行政格局以及数据的可得性和准确性。

根据上述变量选择和空间相关性，分别构建我国区域粮食储备的空间滞后模型（SLM）和空间误差模型（SEM）。为减少数据波动和异方差，对以上变量数据均进行自

然对数处理，两种模型形式如下：

空间滞后模型 (1): $\ln CBSP_i = \alpha_0 + \lambda W \ln CBSP + \sum_i \alpha_i \ln X_{ij} + \varepsilon_i$ (1)

空间误差模型 (2): $\ln CBSP_i = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln X_i + \rho W \mu_{ij} + \varepsilon_i$ (2)

式中： $CBSP_i$ 为第*i*省被解释变量； X_{ij} 为第*i*省的第*j*个解释变量； α_i 为回归系数； W 是空间权重矩阵； λ 是空间自相关系数； ρ 为空间误差系数； λW 和 ρW 代表空间滞后项； μ 为回归所得残差序列； ε 为服从正态分布的随机干扰项， $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$ 。

2 结果分析

2.1 区域粮食储备的空间相关性

利用Geoda软件测算我国粮食储备在区域地理空间上的空间相关性指数（表2）。由表可以看出Moran's *I*值皆大于0，且都在1%的水平下显著，这表明我国省域间粮食储备的空间分布并非是随机的，而是呈现出较为显著的空间正相关性和空间依赖性，也意味着我国粮食储备具有明显的“马太效应”，即高储备区趋向于和高储备区集聚，低储备区趋向于和低储备区集聚，相邻边界的地区互相之间有影响。另外，Moran's *I*值逐年增大，意味着我国粮食储备对空间的依赖性随时间而增强，区域内的各分区域粮食储备规模受空间影响的程度增大，地区差异性变大。

表2 Moran值及其显著性
Table 2 Moran value and its significance

年份	2008	2012	2015
Moran's <i>I</i>	0.2094	0.3263	0.3372
<i>P</i>	0.0100	0.0010	0.0010

2.2 区域粮食储备的空间格局分析

2.2.1 区域粮食储备的总体格局分析

采用Quantile分位法分析2008年、2012年和2015年我国粮食储备的空间分布特征。本文将总体粮食储备区域分成4个级别，依次为低储备区、次低储备区、次高储备区、高储备区（表3）。

从整体来看，2008-2015年我国粮食储备的总体格局呈东—西两极分化，并且发生了较为明显的时空演变。2008年粮食高储备区包括黑龙江、山东、河南、江苏、安徽、湖北、四川7省，2012年吉林、辽宁、河北代替湖北、四川成为高储备区，这意味着高储

表3 2008年、2012年、2015年区域粮食储备规模空间分布
Table 3 Spatial distribution of size of regional grain reserves in 2008, 2012 and 2015

储备分布	2008年	2012年	2015年
低储备区	西藏、青海、宁夏、贵州、海南	西藏、青海、宁夏、贵州、重庆、海南	西藏、青海、宁夏、贵州、云南、重庆、海南
次低储备区	北京、天津、上海、浙江、福建、新疆、甘肃、陕西、重庆、云南	上海、浙江、新疆、甘肃、山西、云南、广西	上海、浙江、新疆、甘肃、山西、广西
次高储备区	内蒙古、吉林、辽宁、河北、山西、湖南、江西、广西、广东	北京、天津、内蒙古、陕西、四川、湖北、湖南、江西、广东、福建	北京、天津、内蒙古、陕西、四川、湖北、湖南、江西、广东、福建
高储备区	黑龙江、山东、河南、江苏、安徽、湖北、四川	黑龙江、吉林、辽宁、河北、山东、河南、江苏、安徽	黑龙江、吉林、辽宁、河北、河南、山东、安徽、江苏

备区逐渐向东北部地区转移，对比同时期黑龙江、吉林、辽宁、湖北、河南、山东、安徽等中东部粮食大省的粮食储备规模约占全国57%的事实^[31-32]，可以看出，粮食高储备区域向东北转移的趋势与粮食产量变化趋势具有正相关性；其次，次高储备规模区范围增大，北京、天津、福建、陕西等省份逐渐从次低储备规模逐渐向次高储备规模过渡，这与近几年来国家不断重视经济发展较快地区的粮食储备政策有关；再次，传统的粮食低储备区主要分布在西藏、青海、贵州、宁夏等西部省份，2012年之后重庆和云南逐渐由次低储备区演变为低储备区，低储备区分布格局进一步向西部地区转移。这一变化应当引起足够重视，因为西部地区往往气候条件恶劣，粮食供给安全存在隐患，一旦这些地区突发灾害事件，严重时甚至造成交通中断，该地区自身储备的粮食规模很难满足人民粮食需求，往往造成较重的损失。

2.2.2 区域粮食储备的局部集聚及差异分析

利用Lisa指数进一步研究我国区域粮食储备的局部集聚和地区差异（表4）。Lisa集聚类型分为5种：H-H集聚（自身高一周边高）、L-L集聚（自身低一周边低）、H-L集聚（自身高一周边低）、L-H集聚（自身低一周边高）和不显著。由表4可知，我国局部地区粮食储备规模具有显著的集聚趋势和地区差异。2008年我国中、东部地区的粮食储备呈显著的H-H集聚，这表明该区域内的省域之间的粮食储备存在空间正效应，并相互影响；新疆为显著的L-L集聚区，表明新疆与周边区域具有正的空间效应，并受到周边低储备区域的影响；四川呈现显著的H-L集聚，表明四川与周边区域具有显著的空间负相关性，地区差异显著，这可能是由于虽然四川具有一定的扩散效应，但范围比较局限，同时由于周边区域不利于农业生产，因此没有表现出明显的辐射带动作用。

与2008年相比，2012-2015年粮食储备H-H集聚由原先的河南、山东、山西、湖北、安徽5省扩展为吉林、辽宁、河北、河南、山东、湖北、安徽7省，表明H-H集聚有向东北地区转移的趋势，且集聚范围逐渐增大，这可能与吉林、辽宁有效的粮食生产促进政策和大力推广农业技术带来的粮食增产有关，使得该区域内相互之间的空间联系越来越密切，内部差异不断缩小；L-L集聚扩展为新疆、西藏和青海，可以看出L-L集聚区逐渐向西部地区聚拢，集聚范围不断增大。这一现象的出现说明我国区域粮食储备在经过多年努力后，地区差异不但没有缩小，反而有扩大趋势，而且越来越多的省份落入L-L集聚，表明粮食储备落后区域的发展仍然没有找到突破口。

2.3 区域粮食储备规模分析

2.3.1 估计方法和模型选择

前面的分析已经表明我国各省域的粮食储备规模具有明显的地区差异，且省域间存

表4 2008年、2012年、2015年区域粮食储备Lisa集聚类型
Table 4 Lisa cluster type of regional grain reserves in 2008, 2012 and 2015

集聚类型	2008年	2012年	2015年
H-H	山西、河南、山东、湖北、安徽	吉林、辽宁、河北、河南、山东、湖北、安徽	吉林、辽宁、河北、山西、河南、山东、安徽
L-L	新疆	新疆、西藏、青海	新疆
H-L	四川	四川	四川
L-H	无	山西	无
不显著	以上之外的其他省份	以上之外的其他省份	以上之外的其他省份

在着显著的空间相关性，需要运用空间计量模型进行分析，本文运用Geoda及Matlab软件进行操作。

首先，用最小二乘法（OLS）对不考虑空间效应约束的模型进行空间相关性检验，如表5，可以看出，Moran指数检验通过了10%水平下的显著性检验，说明模型具有显著的空间相关性。因此，对于本文已经考虑了空间效应的空间计量模型不能继续采用最小二乘法（OLS），而需要采用极大似然法（LM）来分析，这是因为：最小二乘法（OLS）估计假设在各个空间单元是均质的，不考虑空间效应，如果采用最小二乘法（OLS）对空间滞后模型和空间误差模型进行系数估计时，会出现系数估计值有偏或无效，导致最终结论不完整。

然后，根据Anselin判别准则^[16-17]分析表5，从两个lagrange乘数误差和滞后及其稳健性检验来判断：LMLag、R-LMLag均通过了1%水平下的显著性检验，而LMErr、R-LMErr均未通过显著性检验，表明我国区域粮食储备规模在邻近省域之间存在明显的空间相互作用，初步判断空间滞后SLM模型估计要比空间误差SEM估计的拟合效果好。

表5 空间相关性检验
Table 5 Results of statistical test of spatial correlation

空间依赖性检验	自由度	统计值	P值
Moran指数	0.0799	1.6360	0.1000*
LMLag	1	8.9840	0.0027***
R-LMLag	1	8.6425	0.0033***
LMErr	1	0.4230	0.5154
R-LMErr	1	0.0816	0.7752
LM（SARMR）	2	9.0656	0.0108**

注：*、**、***分别表示通过了10%，5%，1%水平下的显著性检验，下同。

再根据检验准则^[17]，分别对SLM和SEM模型进行检验分析，如表6，SLM模型相比SEM模型的拟合优度 R^2 （0.8609）、LogL值较大，AIC值和SC值较小，可以验证SLM模型拟合效果明显优于SEM模型，回归结果更精准。

2.3.2 SLM模型分析

利用SLM模型对我国区域粮食储备规模的影响因素进行分析，见表7。可以看出， λ 系数为0.2451，且通过了1%水平下的显著性检验，表明省域间的粮食储备在地理空间上

表6 SEM和SLM统计检验结果
Table 6 Comparison of statistical test results of SEM and SLM

统计检验	统计值（SEM）P值		统计值（SLM）P值	
R^2	0.8114		0.8609	
LogL	-22.8366		-17.8759	
LR检验	0.8640	0.3526	10.7858	0.0010***
SC	69.7116		63.2237	
AIC	59.6737		51.7518	

表现出较强空间正效应，通过相邻地区相互传递，致使高储备区周边省域储备规模也较高。

粮食生产能力的回归系数为1.0107，并通过1%水平下的显著性检验，表明粮食生产能力对区域粮食储备具有十分明显的正向促进作用，地区粮食产量越大，区域粮食储备规模越高，这与现阶段粮食储备布局相一致，粮食产量始终是保证地区粮食储备规模的基本源泉；人口密度的回

归系数为0.9104，且通过1%水平下的显著性检验，意味着人口分布对区域粮食储备规模具有十分显著的正效应，人口密度越高，粮食储备规模越大；经济发展水平和社会影响力的回归系数均为正值，但未通过显著性检验，意味着经济发展水平和社会影响力对区域粮食储备规模具有一定程度的促进作用，但不明显；灾害程度的回归系数为0.2449，并通过1%水平下的显著性检验，表明灾害对区域粮食储备具有明显的正效应，地区发生灾害程度越大，致使地区事先需储备的、用于备灾备荒的粮食储备量越大；交通通达能力的回归系数为-0.9167，并通过5%水平下的显著性检验，表明其对区域粮食储备规模的作用效果显著为负，即在其他条件一定时，地区交通条件越便利，需要储备的规模反而越少；反之，则需要预先储备越多的粮食。这与以往的研究一致，通过调运实现区域内粮食供给和优势互补，保证粮食储备安全。总的来看，粮食生产能力对区域粮食储备规模的促进作用最大，其次为人口密度、社会影响、经济发展和灾害影响，而交通通达能力的负效应最大。

2.3.3 区域粮食储备规模的实证分析

利用空间滞后模型（SLM）对我国分省域的区域粮食储备规模进行实证分析。本文以上海市为例确定其粮食储备规模，把周边省份对上海的空间效应作为一个变量代入模型，即 $W\ln CBSP$ 为空间相邻省份对上海粮食储备影响的加权平均值，可通过 Geoda 得到该值为 7.012；粮食产量、经济、人口的预测值可通过趋势外推法得到，灾害程度根据灾情指数得出，假设交通能力和社会影响力不变；将回归系数 α_i 和 λ 代入式（1）中，得 2020 年上海的粮食储备规模的预测区间为（375.18，407.02）万 t（在 95% 的置信度下）。

同理，可得到其他 30 个省域（除香港、澳门、台湾）的粮食储备规模，见表 8。

3 结论

第一，近年来我国粮食储备的空间分布具有显著空间正相关性，总体格局呈东—西两极分化，高储备区向东北地区扩展，低储备区进一步向西部地区，两者的显著集聚范围逐渐扩大，致使地区差异逐渐增大。因此在制定区域粮食政策时应充分考虑地区差异，重视周边区域的空间作用程度。

第二，区域粮食储备规模与粮食生产能力、人口密度、经济发展、灾害影响、社会影响力和交通通达能力紧密相关，粮食生产能力、人口密度和灾害程度对区域粮食储备

表7 SLM估计结果

Table 7 Estimate regression of SLM

变量	回归系数	Z值	P值
C	-5.5775	-1.5506	0.1201
$\ln LSSC$	1.0107	7.8691	0.0000***
$\ln RKMD$	0.9104	3.7352	0.0002***
$\ln JUSP$	0.4895	1.3934	0.1634
$\ln JTNL$	-0.9167	-2.3625	0.0182*
$\ln ZHYX$	0.2449	3.7397	0.0002***
$\ln SHYX$	0.6281	0.5113	0.6091
λ	0.2451	1.8522	0.0000***

表8 2020年各省储备规模预测区间

Table 8 Forecast of the range of reserve scale of each province by 2020

地区	规模区间/万 t	地区	规模区间/万 t	地区	规模区间/万 t
北京	378.49, 423.01	安徽	930.90, 956.33	四川	568.89, 602.69
天津	367.21, 401.09	福建	471.37, 487.65	贵州	243.55, 257.13
河北	921.11, 951.67	江西	817.72, 836.25	云南	332.26, 351.20
山西	657.48, 696.35	山东	887.68, 928.13	西藏	41.794, 49.64
内蒙古	673.44, 708.644	河南	949.78, 988.38	陕西	461.92, 577.63
辽宁	998.35, 1020.08	湖北	506.55, 530.46	甘肃	279.56, 290.04
吉林	907.61, 958.65	湖南	576.19, 604.85	青海	71.759, 74.95
黑龙江	957.79, 972.79	广东	766.56, 811.15	宁夏	197.935, 250.42
上海	375.18, 407.02	广西	339.28, 359.78	新疆	323.33, 353.52
江苏	948.50, 980.90	海南	74.942, 78.76		
浙江	483.01, 505.68	重庆	284.54, 327.85		

规模的促进作用十分明显, 交通能力对区域粮食储备规模主要表现为显著的负效应, 经济发展水平和社会影响力对区域粮食储备规模具有一定的促进作用, 但不显著。因此, 在确定各区域的粮食储备规模时, 应综合考虑空间效应和地区差异, 因地制宜地制定本地区粮食储备策略, 确保地区粮食安全。

本文利用空间数据探索分析和空间计量模型方法, 对区域的粮食储备规模进行分析, 与传统的分析模型相比, 更为清晰和直观。最终得到的各省储备规模具有一定的实际意义, 也为分区域粮食储备规模研究提供了新视角。本文以省域为研究单元, 后期可以采用以县市级为单元或者采用跨行政区域联合储备进行后续研究。

参考文献(Rererences):

- [1] 吴娟, 王雅鹏. 我国粮食储备调控体系的现状与完善对策. 农业现代化研究, 2011, 35(6): 661-665. [WU J, WANG Y P. The current situation and improvement of China's grain reserve control system. Agricultural Modernization Research, 2011, 35(6): 661-665.]
- [2] 殷培红, 方修琦, 马玉玲, 等. 21世纪初我国粮食供需的新空间格局. 自然资源学报, 2006, 29(4): 625-631, 678. [YIN P H, FANG X Q, MA Y L, et al. The new spatial pattern of China's grain supply and demand in the early 21st century. Journal of Natural Resources, 2006, 29(4): 625-631, 678.]
- [3] 谢高地, 成升魁, 肖玉. 新时期中国粮食供需平衡态势及粮食安全观的重构. 自然资源学报, 2017, 32(6): 895-903. [XIE G D, CHENG S K, XIAO Y. Reconstruction of China's grain supply and demand balance situation and grain security concept in the new era. Journal of Natural Resources, 2017, 32(6): 895-903.]
- [4] 刘颖, 许为, 樊刚. 中国粮食安全储备最优规模研究. 农业技术经济, 2010, 221(11): 83-89. [LIU Y, XU W, FAN G. Research on the optimal size of China's food security reserve. Journal of Agrotechnical Economics, 2010, 221(11): 83-89.]
- [5] 蒋和平, 朱福守. 我国粮食储备管理现状和政策建议. 中国农业科技导报, 2015, 17(6): 8-14. [JIANG H P, ZHU F S. The status quo and policy recommendations of China's grain reserve management. China Agricultural Science and Technology Guide, 2015, 17(6): 8-14.]
- [6] 周明建, 叶文琴. 发达国家确保粮食安全的对策及对我国的借鉴意义. 农业经济问题, 2005, 56(6): 74-78. [ZHOU M J, YE W Q. The countermeasures of ensuring food security in developed countries and reference to China. Issues in Agricultural Economy, 2005, 56(6): 74-78.]
- [7] 马九杰, 张传宗. 中国粮食储备规模模拟优化与政策分析. 管理世界, 2002, 11(9): 95-105, 113. [MA J J, ZHANG C Z. Simulation optimization and policy analysis of China's grain reserve scale. Management World, 2002, 11(9): 95-105, 113.]

- [8] 吴志华, 施国庆, 胡荣华. 中国粮食安全储备及其规模确定. 中国农村观察, 2002, 44(8): 1-15. [WU Z H, SHI G Q, HU R H. China's grain security reserves and its size determination. China Rural Survey, 2002, 44(8): 1-15.]
- [9] 贾晋. 我国粮食储备的合理规模、布局与宏观调控. 重庆社会科学, 2012, 37(2): 82-94. [JIA J. Reasonable scale, layout and macro control of grain reserves in China. Chongqing Social Science, 2012, 37(2): 82-94.]
- [10] EVAN D G, ALEXANDER L, KRISHNA K C. Food stocks and grain reserves: Evaluating whether storing food creates resilient food systems. Journal of Environmental Studies and Sciences, 2015, 5(3): 12-16.
- [11] CRISTINA L, DRAGA A. Peri-urban areas and land use structure in Romania at LAU2 level: An exploratory spatial data analysis. Procedia Environmental Sciences, 2016, 1(32): 2-6.
- [12] ANSELIN L. Local indicators of spatial association-LISA. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93-115.
- [13] ANSELIN L. The Moran Scatterplot as an ESDA Tool to Assess Local Instability in Spatial Association. Spatial Analytical Perspectives on GIS. New York: Pergamon Press, 1996.
- [14] 蒲英霞, 葛莹, 马荣华, 等. 基于 ESDA 的区域经济空间差异分析: 以江苏省为例. 地理研究, 2005, 24(16): 965-974. [PU Y X, GE Y, MA R H, et al. Analysis of regional economic disparities based on ESDA: A case study of Jiangsu province. Geographical Research, 2005, 24(16): 965-974.]
- [15] 潘佩佩, 杨桂山, 苏伟忠, 等. 太湖流域粮食生产时空格局演变与粮食安全评价. 自然资源学报, 2013, 28(6): 931-943. [PAN P P, YANG G S, SU W Z, et al. Evolution of spatial and temporal patterns of grain production in Taihu Basin and evaluation of food security. Journal of Natural Resources, 2013, 28(6): 931-943.]
- [16] ANSELIN L. Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook. New York: Center for Spatially Integrated Social Science, 2005.
- [17] LE G, CHASCO. Spatial econometrics principles and challenges in Jean Paelinck's research. Spatial Economic Analysis, 2015, 10(3): 32-34.
- [18] ANSELIN L, FLORAX R, REY S J. Advances in Spatial Econometrics: Methodology, Tools and Applications. New York: Springer, 2004.
- [19] BRUINS H J, BU F. Food security in China and contingency planning: The significance of grain reserves. Journal of Contingencies and Crisis Management, 2006, 3(3): 7-14.
- [20] 吴健生, 蒋培培, 黄秀兰, 等. 广东省粮食供需时空格局. 自然资源学报, 2013, 28(2): 253-265. [WU J S, JIANG P P, HUANG X L, et al. The spatial and temporal pattern of grain supply and demand in Guangdong province. Journal of Natural Resources, 2013, 28(2): 253-265.]
- [21] 孟斌, 王劲峰, 张文忠, 等. 基于空间分析方法的中国区域差异研究. 地理科学, 2005, 11(4): 23-28. [MENG B, WANG J F, ZHANG W Z, et al. Study on regional differences of China based on spatial analysis. Scientia Geographica Sinica, 2005, 11(4): 23-28.]
- [22] 方远平, 唐瑶, 胡靖. 城镇化背景下粮食安全格局的时空演变及其影响因素分析: 基于我国省域的空间计量分析. 岭南学刊, 2016, 22(5): 114-124. [FANG Y P, TANG Y, HU J. The spatial and temporal evolution of food security pattern in the context of urbanization and its influencing factors: Based on spatial quantitative analysis of China's province. Lingnan Journal, 2016, 22(5): 114-124.]
- [23] 程叶青, 张平宇. 东北商品粮基地粮食生产的区域分异. 自然资源学报, 2005, 23(6): 131-137. [CHENG Y Q, ZAHNG P Y. Regional differentiation of grain production in northeast commodity grain base. Journal of Natural Resources, 2005, 23(6): 131-137.]
- [24] 齐志高, 李玺. 论影响我国粮食储备安全的因素. 粮食储藏, 2006, 12(1): 3-9. [QI Z G, LI Q. Factors affecting China's grain reserve security. Grain Storage, 2006, 12(1): 3-9.]
- [25] 徐力行. 中国官方粮食储备合理规模的确定依据. 现代经济探讨, 2004, 34(7): 56-58. [XU L X. Determination of the reasonable size of China's official grain reserves. Modern Economic Discussion, 2004, 34(7): 56-58.]
- [26] 吕新业, 刘华. 农户粮食储备规模及行为影响因素分析: 基于四省不同粮食品种的调查. 农业技术经济, 2012, 41(12): 22-30. [LYU X Y, LIU H. Analysis on the scale and behavior of grain reserves of farmers: Based on the investigation of different grain varieties in four provinces. Journal of Agrotechnical Economics, 2012, 41(12): 22-30.]
- [27] 娄源功. 基于国家粮食安全的专项储备粮规模研究. 农业技术经济, 2003, 23(4): 6-12. [LOU Y G. Research on the scale of grain reserves based on national food security. Agricultural Technology Economy, 2003, 23(4): 6-12.]
- [28] 李凤廷, 侯云先, 邵开丽. 突发事件下的粮物流通: 基于情景应对的储备粮紧急调运决策框架. 中国农村经济, 2016, 21(12): 60-75. [LI F T, HOU Y X, SHAO K L. Food logistics under the emergency situation: A framework for emergency transportation decision based on situation response. Chinese Rural Economy, 2016, 21(12): 60-75.]
- [29] 吴吉东, 傅宇, 张洁. 1949-2013 年中国气象灾害灾情变化趋势分析. 自然资源学报, 2014, 29(9): 1520-1530. [WU J

- D, FU Y, ZHANG J. Analysis on the trend of disaster situation in China's meteorological disasters from 1949 to 2013. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(9): 1520-1530.]
- [30] 中国国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2009-2016. [National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2009-2016.]
- [31] 柴玲欢, 朱会义. 中国粮食生产区域集中化的演化趋势. *自然资源学报*, 2016, 31(6): 908-919. [CHAI L H, ZHU H Y. The evolution trend of regional concentration of grain production in China. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(6): 908-919.]
- [32] 甄霖, 王超, 成升魁. 1953-2016年中国粮食补贴政策分析. *自然资源学报*, 2017, 32(6): 904-914. [ZHEN L, WANG C, CEHNG S K. Analysis of China's grain subsidy policy from 1953 to 2016. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(6): 904-914.]

Spatial differences and scale determination of regional grain reserves

HAN Jian-jun, ZOU Ya-li

(School of Civil Engineering and Architecture, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Grain reserves are of great significance to the maintenance of food security and social stability. Recently, the gap between the time and space in production, supply, and demand of grain in China has been continuously increasing, which leads to the unreasonable regional grain reserves scale problems of China. Taking province as research unit, this paper analyzed the temporal evolution and regional differences of regional grain reserves by utilizing spatial exploratory analysis and dissected influencing factors of regional grain reserves scale through spatial econometric model. It provided a definite method of regional grain reserves scale for different sub-regions. The results showed that: China's grain reserves spatial correlation index is bigger than zero and increased year by year, indicating that different regional reserves scales have significant positive spatial correlation. The overall distribution of China's grain reserves shows a polarization from east to west and has undergone a significant spatial-temporal evolution with high reserves area expanding to the northeast and low reserves area transferring to the west, which caused the increasing regional differences. Regression analysis shows that the scale of regional grain reserves is closely related to grain production capacity, population size, economic development, disaster influence, transportation conditions and social influence. The regression coefficient of the spatial lag term was 0.2451, manifesting that the geographical positive spatial correlation of regional reserves scales transmits through adjacent areas. Based on this, this paper put forward the prediction range of regional grain reserves scale in 2020 by considering the spatial effect and correlative factors, which provides a new perspective for researches on regional grain reserves in China.

Keywords: regional grain reserves; spatial differences; spatial econometric model; reserves scale