

赵玉. 基于动态空间面板模型的旱涝灾害对粮食市场影响仿真研究[J]. 灾害学, 2014, 29(4): 33-37. [ Zhao Yu. Simulation on Influence of Drought and Flood Disasters on the Grain Market Based on the Dynamic Spatial Panel Model [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(4): 33-37. ]

## 基于动态空间面板模型的旱涝灾害对粮食市场影响仿真研究<sup>\*</sup>

赵 玉

(1. 东华理工大学 资源与环境经济研究中心, 江西 抚州 344000; 2. 东华理工大学 经济与管理学院, 江西 南昌 330013)

**摘 要:** 采用动态空间面板模型研究了旱涝灾害对粮食市场的冲击, 分析了冲击的空间溢出和乘数效应。采用蒙特卡罗和分块 Bootstrap 技术模拟了 Gamma、Rayleigh 等分布假设下的旱涝灾害对各地区粮食市场的影响。研究表明: ①粮食市场受到货币供给等经济因素和旱涝灾害的显著影响, 旱涝灾害对粮食市场的影响强度弱于经济因素的影响; ②旱涝灾害对粮食市场的冲击存在明显的空间溢出和反馈, 从而一个地区旱涝灾害的冲击会扩散到距离更远的市场; ③各影响因素空间溢出和反馈具有较强的区域特征, 按照该特征可将中国粮食市场划分为 5 个区域性市场; ④未来受到旱涝灾害的影响, 各地区粮食价格指数波动幅度多位于 2~8 区间内, 涨幅约为 1%~3%; ⑤未来东北和中部主产区的粮食市场受旱涝灾害的影响较大, 而非主产区的粮食市场受到旱涝灾害的影响较小。

**关键词:** 旱涝灾害; 粮食市场; 动态空间面板模型; 仿真

**中图分类号:** X24; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2014)04-0033-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.04.007

中国是旱涝灾害频发的国家。长期以来, 旱涝灾害导致了各地区粮食的单产下降甚至绝收, 对粮食安全造成了严重的危害, 同时也给国民经济带来了巨大的损失。根据国家统计局公布的数据, 旱灾和洪涝灾害是影响我国农业生产的主要灾种。全球变暖背景下旱涝灾害出现的频率有所增加, 影响的区域也越来越广泛。东北、华中和西南地区等省份近年来陆续发生了“50 年一遇”、“100 年一遇”的旱灾或洪涝灾害。旱涝灾害严重威胁到了我国粮食安全。如何应对旱涝灾害以确保粮食供给安全, 是我国农业生产中需要解决的重大现实问题。

评估和预测自然灾害对粮食安全的影响既是应对灾害的关键, 也是防灾减灾和粮食安全领域的研究热点。Li 等<sup>[1]</sup>评估了干旱对粮食产量的影响。Piao 等<sup>[2]</sup>研究了气候变化对中国水资源和农业的影响。程静和陶建平<sup>[3]</sup>对西南五省农业干旱灾害和粮食安全问题进行了研究。李文娟等<sup>[4]</sup>定量分析了旱灾对国家粮食安全的影响程度。周曙东和朱红根<sup>[5]</sup>运用省级面板数据分析了温度和降水量变化对中国南方水稻产量的影响。张明如和殷善福<sup>[6]</sup>使用状态空间模型研究了粮食播种面积、

化肥、自然灾害成灾面积等因素对粮食产量波动的影响。高茂盛等<sup>[7]</sup>研究了 1971-2010 年期间洪涝灾害对陕西省粮食生产的影响, 研究表明最近十年来陕西省因洪涝灾害导致的年平均粮食减产达到了 104.1 万吨。江丽和安萍莉<sup>[8]</sup>分析了旱灾、洪涝灾害等的时空分布情况, 计算了灾害造成的粮食减产量, 并在此基础上评估了 2020 年自然灾害对粮食产量的影响。王秀芬和李茂松<sup>[9]</sup>研究了粮食主产区自然灾害与粮食生产之间的脱钩关系, 发现粮食生产和自然灾害之间存在耦合关系。

少数文献从经济史的角度研究了自然灾害对粮食市场的影响。王业键和黄莹珏<sup>[10]</sup>研究了清代中国气候因素和自然灾害与粮食价格之间的关系, 研究表明长江三角洲地区的粮价高峰大都出现在自然灾害多的年份, 1641-1720 年, 1741-1830 年粮价与当时旱灾的变动大体一致, 1831-1880 年的粮价与当时涝灾的变动一致, 而长期气候变迁与粮价并无明显关系。李军等<sup>[11]</sup>以清代山西为例研究了自然灾害与区域粮价的关系, 研究表明自然灾害与粮价波动之间呈现弱相关关系, 而人口膨胀、货币贬值和市场割据等因素是粮价波动的主要因素。谢美娥<sup>[12]</sup>研究了自然灾害和粮食生

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2014-03-24 修回日期: 2014-05-07

基金项目: 国家社会科学基金项目(11CJY063)

作者简介: 赵 玉(1982-), 男, 河北辛集人, 博士, 副教授, 主要从事风险评估与管理、价格理论和空间面板建模等方面的研究。E-mail: zhaoyu8210@126.com

产收成两种因素,对 1738 - 1850 年台湾粮价变动的影响,研究表明自然灾害仅在短期对米价起作用,长时段的作用并不显著。

另外,还有部分文献评估或论证了灾害对国民经济<sup>[13-14]</sup>、生活必需品价格<sup>[15]</sup>的影响。虽然现有研究成果为农业生产中防灾、减灾提供了有力支撑,但是相关文献主要关注自然灾害对农业生产领域的影响,而受到数据资料和研究手段的影响,研究灾害对粮食流通领域影响的文献并不多见。粮食市场安全是粮食安全的一个重要组成部分,本文借助近年发展起来的时空面板建模理论建立了一个动态空间面板模型并评估和模拟旱涝灾害对我国粮食市场的冲击。

## 1 模型与数据

### 1.1 动态空间面板模型

由于产业转移、技术外溢、区域间的贸易等原因导致了不同地区的市场价格、供给需求等经济现象既表现出一定的相关性又表现出一定的分异特征。自然灾害也具有类似的区域特征,如旱灾主要集中在黄淮海区和西北地区,洪涝灾害集中在长江中下游等地区<sup>[8]</sup>。区域不是独立存在的,不同空间单元之间存在的相互作用即包括传导也包括反馈,从而各单元邻接起来形成了一个复杂网络。这就引发了一个有趣的问题,即空间单元的相互作用如何导致集体特性和聚集模式。标准的计量经济模型难以处理和回答涉及空间相关的问题。在评估旱涝灾害对粮食市场风险影响时,将空间相关和分异特征纳入到计量模型中,具有一定的理论意义。

将影响粮食市场价格的因素分为市场因素、货币因素、自然灾害因素和其他因素。在自然灾害中风雹、霜冻等灾害对粮食生产的影响范围和影响程度较小<sup>[8]</sup>,我们仅评估旱灾和洪涝灾害对粮食市场价格的影响。市场因素用滞后一期的粮食价格表示,记作  $P_{i,t-1}$ ;货币因素用货币供给量测度,记作  $M_{it}$ ;由于粮食市场对自然灾害的冲击做出反应需要一定的时间,因此旱灾用上一年度旱灾受灾面积表征,记作  $D_{i,t-1}$ ;洪涝灾害用上一年度洪涝灾害受灾面积表征,记作  $F_{i,t-1}$ ;将其他因素归入误差项  $u_{i,t}$  中,下标  $i$  表示地区序号。将所有自变量记作矩阵  $X$ ,定义一个  $Q$  邻接矩阵  $W$ ,矩阵元素作如下定义:地区  $i$  和  $j$  有公共边界或顶点则  $w_{ij}=1$ ,否则  $w_{ij}=0$ ,矩阵的行数和列数均等于地区数。在应用该邻接矩阵之前,对其做标准化处理。则评估旱涝灾害对粮食市场影响的模型可以写成如下动态空间面板模型:

$$P = \mu + \lambda WP + \beta X + u_o \quad (1)$$

式中:  $\mu$  表示截距项;  $WP$  表示相邻区域在空间上的影响。由于引入了  $WP$  项违背了计量模型的经典假设,因此不能使用最小二乘法估计模型参数。

对于式(1)而言,若存在固定效应,则采用如下的极大似然函数估计式(1)的参数:

$$\ln L = -\frac{NT}{2} \ln(2\pi\sigma^2) + T \ln |I_N - \lambda W| - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T [P_{it} - \lambda \sum_{j=1}^N w_{ij} P_{jt} - \beta' X_{it} - \mu_i]^2 \quad (2)$$

若模型(1)中存在随机效应,则首先将因变量和自变量作如下转换:

$$\begin{aligned} P_{it}^* &= P_{it} - (1 - \theta) \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T P_{it}, \\ X_{it}^* &= X_{it} - (1 - \theta) \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T X_{it}. \end{aligned} \quad (3)$$

式中:  $\theta$  为转化参数,该参数介于 0 和 1 之间。经过转化之后,式(1)的似然函数对数见式(4),通过分步迭代求解的方法可得到各参数值。

$$\ln L = -\frac{NT}{2} \ln(2\pi\sigma^2) + T \ln |I_N - \lambda W| - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T [Y_{it}^* - \beta X_{it}^* - \lambda W Y_{it}^*] \quad (4)$$

### 1.2 数据材料

由于西藏部分年份的数据缺失,样本截面选择了除西藏外的其他 30 个中国大陆省份(直辖市、自治区),时间跨度为 1994 - 2012 年。所有数据来自国家统计局网站,粮食市场价格用粮食消费者价格指数表示,并以 1993 年为基期做了平减。我国旱涝灾害的时空分布特征见图 1,其中横轴 1 ~ 30 的地区序号与中国统计年鉴的排列顺序一致,分别为北京、天津、河北……新疆。

如图 1 所示,1994 - 2012 年的旱灾受灾严重的地区主要集中在华北平原和东北平原等粮食主产区。2000 年之前的华中地区遭受旱灾也较为严重。西南地区发生旱灾的频率虽然低于北方地区,但明显高于南方其他地区。1994 - 2012 年洪涝灾害在空间上流域特征较为明显,灾害主要发生在松花江流域和长江中下游流域。总体而言,2000 - 2012 年间的洪涝灾害受灾面积较 2000 年之前有所减少。

## 2 空间计量结果

在 Matlab 平台上估计了以上方程,表 1 给出了动态空间面板模型的估计结果。

从表 1 两种不同效应的估计结果可以看出,粮食市场价格明显受到市场因素、货币因素、旱涝灾害和周边因素的影响,旱灾对粮食市场的影响弱于洪涝灾害的影响。虽然固定效应和随机效应方程的判定系数和似然函数对数值差别不大,但是从校正的判定系数可知,固定效应的动态空间面板模型的预测效果要好于随机效应的动态空间面板模型。所有解释变量均与粮食市场价格呈正相关关系。由固定效应的动态空间面板模型可知,滞后一期粮价(定基价格指数)变化 1 个单位则当期市场粮价(价格指数,1993 年为基期)同向变化 0.545 3 个单位,货币供给量(千亿)变化 1 个单位则市场粮价同向变化 0.188 9 个单位,滞后一期旱灾受灾面积每变化 1 个单位则当期粮价同向变化

表 1 动态空间面板估计结果

固定效应的动态空间面板模型				随机效应的动态空间面板模型			
解释变量	参数	渐进 $t$ 值	概率	解释变量	参数	渐进 $t$ 值	概率
滞后一期粮价	0.5453	18.2049	0.0000	滞后一期粮价	0.6243	22.7028	0.0000
货币供给量	0.1889	12.0263	0.0000	货币供给量	0.1643	11.3556	0.0000
旱灾	0.0212	1.9482	0.0514	旱灾	0.0294	2.7148	0.0066
洪涝灾害	0.0896	4.9951	0.0000	洪涝灾害	0.0990	5.4005	0.0000
周边地区粮价	0.2210	9.4196	0.0000	周边地区粮价	0.2070	9.3582	0.0000
				转化变量 $\theta$	0.1106	5.5069	0.0000
判定系数	0.9327			判定系数	0.9274		
校正判定系数	0.8997			校正判定系数	0.6511		
似然函数对数	-2239.573			似然函数对数	-2324.869		

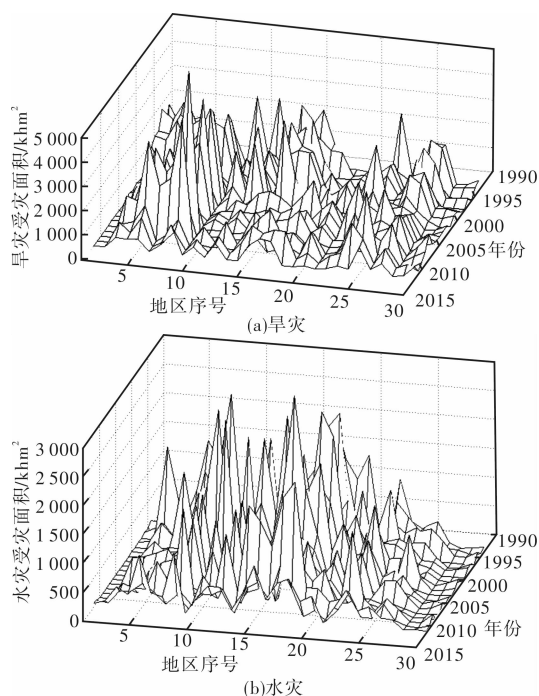


图 1 旱涝灾害的时空分布图

表 2 模型(1)稳定性检验结果

固定效应的动态空间面板模型			
	统计值	概率	观测值个数
原假设：存在共同单位根			
Levin, Lin & Chu $t^*$	-16.5181	0	507
原假设：存在个体单位根			
ADF - Fisher Chi-square	344.591	0	507
PP-Fisher Chi-square	354.621	0	510

0.021 2 个单位，滞后一期洪涝灾害受灾面积每变化 1 个单位则当期粮价同向变化 0.089 6 个单位<sup>①\*</sup>，周边地区粮价每变化 1 个单位则当地粮价同向变化 0.221 0 个单位。对比两个方程的校正判定系数，选择固定效应的动态空间面板模型进行仿真预测。

### 3 空间乘数与仿真

在运用固定效应的模型(1)仿真预测之前，对其稳定性进行检验，检验结果见表 2。固定效应动态空间面板模型的残差平稳性检验表明，模型(1)

是稳定的，可以用来进行仿真。

固定效应动态空间面板模型(1)经过变化，可得到如下预测形式：

$$\hat{P}_{T+m} = (I_N - \hat{\lambda}W)^{-1}X_{T+m}\hat{\beta}' + (I_N - \hat{\lambda}W)^{-1}(\hat{u} + \mu_t)。(5)$$

式中： $(I_N - \hat{\lambda}W)^{-1}$  为粮食价格溢出的空间乘数矩阵，反映了各变量的空间溢出与反馈作用。下标  $N$  为空间单元的个数。图 2 显示除对角元素外，空间乘数多位于 0.05 ~ 0.13 之间，最大值约为 0.23。从空间乘数的地理分布可以看出，各地区粮食市场存在一定的关联性，从空间乘数的等高线可以看出这种关联表现出了较强的区域特征。全国 30 个省区共存在 5 个区域性的粮食市场，区域内市场联系更加紧密，而区域之间的粮食市场是否存在套利区间有待进一

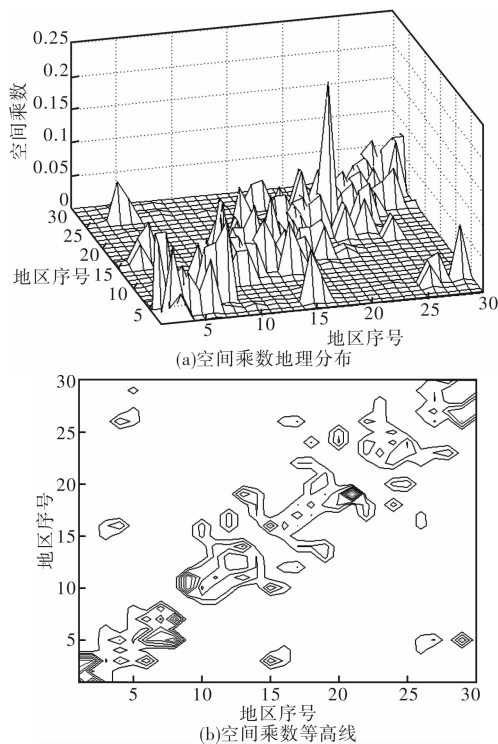


图 2 空间乘数的地理分布及等高线

\* 为了得到更精确的计量结果，此处旱涝灾害受灾面积的量纲设置为万公顷(万  $\text{hm}^2$ )。若受灾面积的量纲换算成千公顷( $\text{khm}^2$ )，滞后一期旱灾受灾面积每变化 1 个单位则当期粮价同向变化约 0.002 1 个单位，滞后一期洪涝灾害受灾面积每变化 1 个单位则当期粮价同向变化约 0.009 0 个单位。

步验证。旱灾和洪涝灾害对本地粮食市场的冲击效应会外溢到区域内其他地区的粮食市场。空间外溢和反馈使得灾害对本地粮食市场的冲击扩散到距离更远的市场,但这种冲击对区域外市场影响较小。

情境 1: 假设其他影响因素不变, 各地区旱涝灾害受灾面积分别服从 Gamma 分布、Rayleigh 分布、指数分布和泊松分布。使用式(5)对粮食市场的波动作了仿真模拟。各地区旱涝灾害 Gamma 分布、Rayleigh 分布、指数分布和泊松分布的特征参数值分别由这一地区的旱灾和洪涝灾害受灾面积的观测值估计得到, 所用的估计方法为极大似然法。式(5)中的残差项通过分块 Bootstrap 抽样得到。作者在 Matlab 平台上分别模拟了 10 000 次旱灾受灾面积、洪涝灾害受灾面积和残差项的抽样并计算出粮食市场波动幅度, 最后取平均值得到仿真结果(见图 3a)。在受灾面积服从不同随机分布的假设下, 图 3a 给出了粮食价格指数较 2012 年的变化幅度。

情境 2: 假设货币供给量仍按照过去 19 年的平均增长速度增长, 各地区旱涝灾害受灾面积分别服从 Gamma 分布、Rayleigh 分布、指数分布和泊松分布。我国货币供给量平均增长率约为 16%, 而几何平均增长率约为 15%, 在旱涝受灾面积服从以上分布的假设下, 同时假设货币供给量在 2012 年的基础上增加 15%, 此时各地区粮食价格指数相比 2012 年粮食价格指数的变化幅度见图 3b 所示, 从图 3 可以看出仿真结果对分布假设并不敏感, 因此可

以根据该结果得出一般性的结论。仿真结果表明多数地区的粮食市场会受到旱涝灾害的冲击。黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、江苏、河南、安徽、江西、湖南、四川等粮食主产区发生旱涝灾害将会引起粮价较大幅度的波动, 这些地区粮食市场风险较高。而山西等非粮食主产区的粮食市场受旱涝灾害的影响相对较小, 这与李军等人从经济史视角的研究结论类似<sup>[11]</sup>。另外, 北京、天津、上海、青海和宁夏等地的粮价几乎不会受到旱涝灾害的影响。未来受到旱涝灾害的冲击, 各地区粮食价格指数波动幅度多位于 2~8 区间内, 相对 2012 年而言涨幅多位于 1%~3% 区间内。仅考虑货币供给对粮食价格的影响, 货币供给量在 2012 年的基础上增加 15% 后, 各地区粮食价格指数波动幅度位于 9~14 区间内, 相对 2012 年而言涨幅位于 2%~5% 区间内。可见在多数省区内, 货币供给等经济因素对粮食市场的影响强度要大于旱涝灾害的影响。

## 4 主要研究结论

粮食市场安全是粮食安全的一个重要组成部分, 粮食市场安全对国家粮食安全具有重要意义。现有文献多研究了自然灾害对粮食生产领域的影响而较少关注对粮食流通领域的影响。本研究利用具有固定效应的动态空间面板模型研究和模拟了旱涝灾害对各地区粮食价格的影响, 得出了以下结论:

(1) 旱灾和洪涝灾害影响了粮食市场价格, 但在多数省份旱涝灾害的影响强度弱于货币政策对粮价的影响。另外, 干旱灾害对我国粮食市场安全构成威胁低于洪涝灾害产生的威胁, 这可能与我国各地区近年来加强了干旱防灾减灾基础设施的投入以及先进灌溉技术的普及有关。

(2) 各地区粮食价格既具有关联性又具有分异特征, 全国粮食市场可划分为 5 个区域性市场。旱涝灾害对本地粮食市场的冲击存在溢出和乘数效应(反馈作用), 灾害对本地粮食市场的冲击会扩散到距离更远的市场, 但这种冲击对区域内其他省区的粮食市场影响较大而对区域外市场影响较小。

(3) 粮食主产区的粮价更易受到旱涝灾害的影响。未来东北地区的黑龙江、吉林以及中部地区的安徽、河南、湖南等粮食主产区粮食市场受到旱涝灾害的影响相对会更加明显, 而其他地区粮食市场受到旱涝灾害的冲击相对较小。

虽然与经济因素相比, 多数省区的旱涝灾害对当地粮食市场的影响较小, 但是灾害的发生具有突发性, 其对粮食主产区市场安全的危害更大, 而经济因素具有一定的趋势性, 在科学预测和合

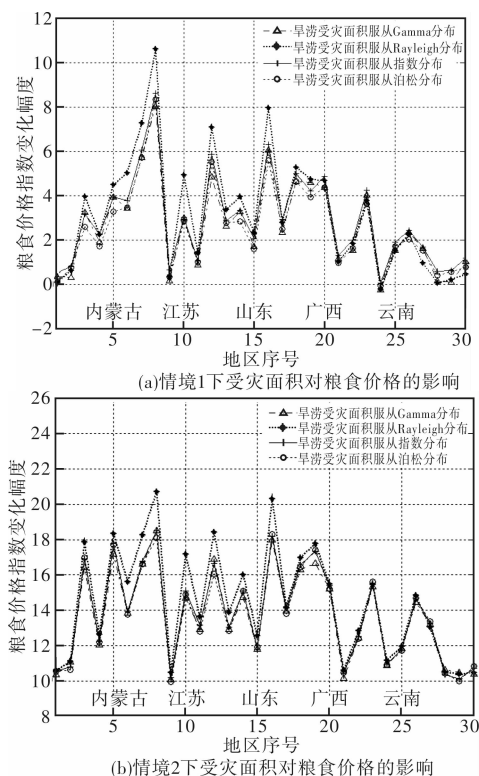


图3 不同情境下粮食价格指数变化幅度

理调控的前提下,其带来的粮食市场风险相对可控。另外,产粮越多的地区承担越多的市场风险显然是不合理的,管理部门除要加强粮食主产区防洪抗旱基础设施的建设外,还应该探索粮食主产区和非主产区粮食市场的风险补偿制度。

## 参考文献:

- [1] Li Y P, Ye W, Wan M, et al. Climate change and drought: a risk assessment of crop-yield impacts [J]. *Climate Research*, 2009, 39(1): 31–46.
- [2] Piao S, Ciais P, Huang Y, et al. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China [J]. *Nature*, 2010, 467(7311): 43–51.
- [3] 程静, 陶建平. 全球气候变暖背景下农业干旱灾害与粮食安全——基于西南五省面板数据的实证研究[J]. *经济地理*, 2010, 30(9): 1524–1528.
- [4] 李文娟, 覃志豪, 林绿. 农业旱灾对国家粮食安全影响程度的定量分析[J]. *自然灾害学报*, 2010, 19(3): 111–118.
- [5] 周曙东, 朱红根. 气候变化对中国南方水稻产量的经济影响及其适应策略[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(10): 152–157.
- [6] 张明如, 殷善福. 基于状态空间模型的中国粮食产量波动的影响因素研究[J]. *灾害学*, 2013, 28(1): 41–44, 64.
- [7] 高茂盛, 范建忠, 吴清丽. 旱涝灾害对陕西省粮食生产的影响研究[J]. *中国农业大学学报*, 2012, 17(3): 149–153.
- [8] 江丽, 安萍莉. 我国自然灾害时空分布及其粮食风险评估[J]. *灾害学*, 2011, 26(1): 48–59.
- [9] 王秀芬, 李茂松. 中国自然灾害与粮食生产脱钩关系分析[J]. *灾害学*, 2012, 27(1): 94–97.
- [10] 王业键, 黄莹珏. 清代中国气候变迁、自然灾害与粮价的初步考察[J]. *中国经济史研究*, 1999(1): 3–18.
- [11] 李军, 李志芳, 石涛. 自然灾害与区域粮食价格——以清代山西为例[J]. *中国农村观察*, 2008(2): 40–51.
- [12] 谢美娥. 自然灾害、生产收成与清代台湾米价的变动(1738–1850) [J]. *中国经济史研究*, 2010(4): 110–127.
- [13] 路琮, 魏一鸣, 范英, 等. 灾害对国民经济影响的定量分析模型及其应用[J]. *自然灾害学报*, 2002, 11(3): 15–20.
- [14] 郭际, 吴先华, 陈云峰. 农业气象灾害对产业经济系统的影响评估[J]. *灾害学*, 2013, 28(1): 79–82.
- [15] 谢永刚, 刘志隆, 王建丽. 突发性重大灾害事件对生活必需品价格的影响及对策[J]. *灾害学*, 2013, 28(4): 5–10.

# Simulation on Influence of Drought and Flood Disasters on the Grain Market Based on Dynamic Spatial Panel Model

Zhao Yu

(1. *Center for Resources and Environmental Economic Research, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China*; 2. *College of Economics & Management, East China Institute of Technology, Nanchang 330013, China*)

**Abstract:** Impact of drought and flood disasters on the grain market is researched and its space overflow and multiplier effect via dynamic spatial panel model is analyzed. It is simulated that the impact of drought and flood disasters on grain markets in different regions under different distribution hypothesis such as Gamma distribution, Rayleigh distribution, exponential distribution and Poisson distribution with Monte Carlo and Bootstrap. The results are mainly as follows: ① Market factors, monetary policy, drought and flood disasters are major explanatory variables of grain price in different regions. ② There exist obvious space overflow and multiplier effect of the impact from major explanatory variables on grain market. The impact of drought and flood disasters diffuses remote areas by space overflow and multiplier effect. ③ There exist obvious region feature of the space overflow and multiplier effect. And it divides the domestic grain market into five submarkets. ④ Range ability of the grain price index would be in a range of 2 and 8, and average rise would be in a range of 1% ~ 3%. ⑤ The influence of drought and flood disasters on the grain market in major grain producing areas is evident but it isn't necessarily the same in other areas.

**Key words:** drought and flood disasters; grain market; dynamic spatial panel model; simulation

(上接第 32 页)

# The Effect of Lunar Apparent Declination on Drought Hazard

Rui Jianxun

(*Department of Geography, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China*)

**Abstract:** The planetary corresponding area theory from the astronomical disasters point of view claims that those celestial bodies in the solar system can affect the Earth climates. The theory explains completely the affecting rules of the apparent positions and patterns of these major planets on many drought or rainstorm disasters on the Earth. Disaster impacts of different lunar right declinations are explored. It is found that the impact of the lunar motion has zonal rules on the Earth. Higher or lower of lunar regression of right declination would also bring drought disasters for the North China. The moon can only trigger the natural disasters together with the other planets. During the period of 2013 to 2017, the right declination of the moon enters the lowest state. It means the North China will come into drought disaster period for several years.

**Key words:** lunar right declination; planetary corresponding area theory; drought disaster; the North China