

The Risk Rank of Rice Flood Disaster Based on Damage Prediction Model

Wei Shen, Xincheng Wu, Hang Zhou, Wenqing Wang, Ying Zhang

Suqian Meteorological Bureau, Suqian Jiangsu
Email: sq4359246@163.com, 270113234@qq.com

Received: Oct. 11th, 2017; accepted: Oct. 23rd, 2017; published: Oct. 30th, 2017

Abstract

By analyzing the relationship between the actual disaster loss rate and the index of storm flood disaster using panel regression model, prediction model of storm flood disaster of rice in Suqian area was designed. The risk rank of rice flood disaster was divided into 4 grades by the results of model. The disaster characteristic parameter was got by the statistical analysis of historical disaster data which can be used to reduce the flood disaster of rice.

Keywords

Rice, Flood, Disaster Loss, Risk Rank, Risk Characteristics

基于灾损预测模型的水稻洪灾风险等级划分

沈 伟, 吴新胜, 周 航, 王文清, 张 莹

宿迁市气象局, 江苏 宿迁
Email: sq4359246@163.com, 270113234@qq.com

收稿日期: 2017年10月11日; 录用日期: 2017年10月23日; 发布日期: 2017年10月30日

摘 要

本文基于面板回归模型分析了宿迁水稻灾损率与暴雨洪涝灾害指数的相关性, 建立了宿迁地区水稻暴雨洪涝灾损预测模型。以模型结果输出的水稻暴雨洪涝灾害损失率(灾损强度)和重灾乡镇比例(重灾面积)为依据, 实现了宿迁地区水稻暴雨洪涝灾害的四级风险等级划分。通过统计分析历史灾情数据, 得出各风险等级的灾害特征参数, 作为应对水稻暴雨洪涝灾害风险的主要依据, 用于指导生产实践。

关键词

水稻, 暴雨洪涝, 灾损, 风险等级, 风险特征

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

自然灾害风险是由自然灾害系统自身演变而导致未来损失的不确定性, 对风险进行评估, 就是借助于不确定性分析方法, 定量的表达这种不确定性的量, 从而实现风险等级划分, 并以此作为应对风险的重要依据[1]。目前全球各种自然灾害造成的损失中, 暴雨洪涝灾害(含热带气旋)占 60%, 干旱占 15%, 地震占 15%, 其它占 10% [2]。在气候变暖的背景下, 全球多数地区极端强降水事件有增多的趋势[3]-[14], 给水稻生产带来巨大的影响[15] [16] [17]。

江苏省宿迁市地处淮河气候过渡带, 天气气候变化异常, 近 30 年气候资料分析结果表明, 水稻种植季节(5~10 月份)总降水量呈增加趋势, 同时暴雨以上强度的降水日数明显增多, 加之受淮、沂沭泗流域降水和泄洪的影响, 暴雨洪涝灾害对水稻生产的危害加重。在这样的大背景下, 开展水稻暴雨洪涝灾害风险等级划分研究, 对布局粮食安全生产, 指导防灾抗灾工程建设, 科学合理的实施防灾抗灾对策措施, 增强防灾抗灾能力, 减少灾害损失, 提高粮食种植的社会和经济效益有着十分重要的战略意义和实用价值。

本研究利用宿迁水稻暴雨洪涝灾损预报模型输出的灾损率预测结果和重灾发生乡镇比例两个因素, 设定灾害等级划分阈值, 实现对宿迁水稻种植区进行暴雨洪涝灾害风险等级划分的目的, 并统计各风险等级的历史灾害参数特征, 用以指导本地区水稻种植。

2. 资料来源及研究方法

2.1. 资料及来源

气象数据: 2003~2013 年宿迁境内各乡镇降水、大风及常年平均值, 由宿迁市气象局提供, 并经过严格的质量控制。

水稻产量数据: 2003~2013 年宿迁各乡镇水稻产量数据, 来源于宿迁市及各县区的统计年鉴; 水稻生育期数据由宿迁市农委提供。

水稻灾损数据: 2008~2013 年水稻灾害损失 $\geq 10\%$ 的重灾案例数据, 来源于承担宿迁市农业保险业务的宿迁市平安保险公司。规定: 当某乡镇出现暴雨洪涝灾害, 有一个或以上自然村出现水稻灾损重灾案例时, 视为该乡镇发生一次水稻暴雨洪涝灾害重灾案例。

2.2. 研究方法

2.2.1. 水稻灾损率计算

沈伟等[18]在宿迁地区水稻暴雨洪涝灾害灾损分析研究中, 基于孕灾环境的敏感性、承载体易损性和暴露度等因素将宿迁水稻种植区划分为 10 个区域(见图 1), 并利用公式(1)分区计算各乡镇的水稻暴雨洪涝灾害实际灾损率, 其中 Y 为实际产量, $Y_i = f(t)$ 为采用最优曲线拟合法模拟各乡镇水稻产量趋势。将

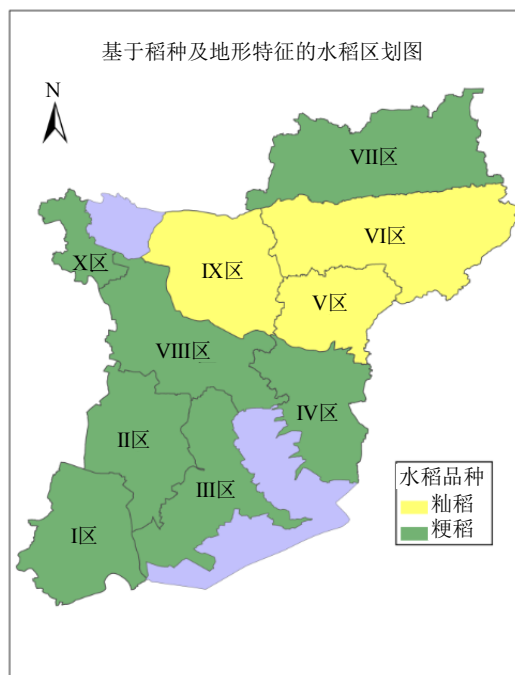


Figure 1. Rice cropping regionalization in Suqian City
图 1. 宿迁水稻区划图

计算结果结合重灾案例发生时间分析得到了: 水稻孕穗扬花期(7月21日至9月10日)和灌浆成熟期(9月10日至10月20日)是宿迁地区水稻种植受暴雨洪涝灾害威胁最大的阶段, 而在分蘖拔节期及以前, 暴雨洪涝灾害对宿迁水稻种植基本不会造成大的影响。

$$\xi = \frac{Y - Y_t}{Y_t} \cdot \% \quad (1)$$

2.2.2. 水稻暴雨洪涝灾害指数

董家山[18]在沈伟[19]的基础上, 为了定量的描述水稻孕穗扬花期和灌浆成熟期暴雨洪涝对水稻的影响, 选取了雨日、暴雨日数、总雨量、暴雨量这4个因子, 并在灌浆成熟期考虑暴雨日的大风影响, 定义了水稻暴雨洪涝指数 I_1 和 I_2 。

$$I_1 = 0.4 \left(\frac{L}{\bar{L}} + \frac{1}{2} \frac{\sum R}{\sum \bar{R}} + \frac{\sum R}{\sum \bar{R}} \right) + 0.6 \left(\frac{L_s}{\bar{L}_s} + \frac{1}{2} \frac{\sum R_s}{\sum \bar{R}_s} + \frac{\sum R_s}{\sum \bar{R}_s} \right) \quad (2)$$

$$I_2 = \left[0.4 \left(\frac{L}{\bar{L}} + \frac{1}{2} \frac{\sum R}{\sum \bar{R}} + \frac{\sum R}{\sum \bar{R}} \right) + 0.6 \left(\frac{L_s}{\bar{L}_s} + \frac{1}{2} \frac{\sum R_s}{\sum \bar{R}_s} + \frac{\sum R_s}{\sum \bar{R}_s} \right) \right] \cdot \frac{F_{\max}}{8.0} \quad (3)$$

(2)式和(3)式分别为孕穗扬花期和和灌浆成熟期的暴雨洪涝指数公式。 L 、 L_s 、 $\sum R$ 、 $\sum R_s$ 分别为孕穗扬花期(或灌浆成熟期)的降水日数、暴雨日数、总降水量、总暴雨量, \bar{L} 、 \bar{L}_s 、 $\sum \bar{R}$ 、 $\sum \bar{R}_s$ 为相应统计量的常年平均值, F_{\max} 为灌浆成熟期暴雨日的瞬时极大风速。

2.2.3. 面板回归模型

面板数据[20]具有截面和时间序列两个维度，可以更好的控制样本差异，减少变量间的多重共线性。面板回归模型的一般形式如下：

$$y_{it} = \mu + \sum_{k=1}^n \beta_{ki} x_{kit} + v_{it} \quad (4)$$

利用面板回归模型分析水稻灾损与暴雨洪涝指数的相互关系。(4)式 y_{it} 在文中代表某区域内乡镇 i 第 t 年水稻因暴雨洪涝造成的损失率， x_{kit} 表示乡镇 i 第 t 年第 k 个关键生育期内的暴雨洪涝灾害指数($k = 1$ 或 2 ，代表孕穗扬花期或灌浆成熟期)， β_{ki} 为的相关系数， v_{it} 为随机变量。

Hausman 检验[21] [22]用于检验暴雨洪涝指数 x_{kit} 和误差项 v_{it} 之间是否存在相关关系，当 x_{kit} 与 v_{it} 相关时，乡镇之间的差异用不同的截距来反映，即固定效应模型；反之，选用随机效应模型。文中面板回归分析的工具为 EViews8。

3. 水稻暴雨洪涝灾损模型建立与效果检验

3.1. 水稻暴雨洪涝灾损模型建立

以水稻实际灾损率为研究对象，水稻孕穗扬花期和灌浆成熟期的暴雨洪涝灾害指数作为影响因子，代入模型的一般方程(4)式。通过 Hausman 检验，确定面板回归模型选用随机效应模型(图 2，IV 区的检验结果，其它各区图略)，建立宿迁水稻暴雨洪涝灾害损失率预测模型(图 3，IV 区建模结果，其它各区图略)，即各区水稻暴雨洪涝灾损模型方程(表 1)。将 2008~2013 年各乡镇的孕穗扬花期和灌浆成熟期暴雨洪涝指数带入表 1 中对应的模型方程，即可输出水稻暴雨洪涝灾害损失率的模型预测结果。

Correlated Random Effects – Hausman Test				
Pool: AS				
Test cross-section random effects				
Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Chi-Sq. d.f.	Prob.	
Cross-section random	1.334104	2	0.5132	
**WARNING: estimated cross-section random effects variance is zero.				
Cross-section random effects test comparisons:				
Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
X1?	-0.468345	-0.100956	0.004068	0.2907
X2?	0.612655	-0.585365	0.000559	0.2483
Cross-section random effects test equation:				
Dependent Variable: Y?				
Method: Panel Least Squares				
Date: 05/03/15 Time: 14:29				
Sample: 2007 2013				
Included observations: 7				
Cross-sections included: 7				
Total pool (balanced) observations: 49				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.855785	0.604077	1.416682	0.1643
X1?	-0.468345	0.214645	-0.784293	0.4375
X2?	-0.612655	0.103787	-5.902974	0.0000
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
R-squared	0.682397	Mean dependent var	-0.706959	
Adjusted R-squared	0.678878	S.D. dependent var	2.489590	
S.E. of regression	1.962080	Akaike info criterion	4.350294	
Sum squared resid	123.9904	Schwarz criterion	4.697771	
Log likelihood	-97.58220	Hannan-Quinn criter.	4.482126	
F-statistic	4.659914	Durbin-Watson stat	1.161049	
Prob(F-statistic)	0.000443			

Figure 2. Hausman test in region IV

图 2. IV 区 Hausman 检验结果

Dependent Variable: Y?
 Method: Pooled EGLS (Cross-section random effects)
 Date: 05/03/15 Time: 14:39
 Sample: 2007 2013
 Included observations: 7
 Cross-sections included: 7
 Total pool (balanced) observations: 49
 Swamy and Arora estimator of component variances

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.666058	0.579134	1.150093	0.2560
X1?	-0.400956	0.204951	-0.492584	0.6246
X2?	-0.585365	0.101060	-5.792243	0.0000
Random Effects (Cross)				
ZX—C	0.000000			
GD—C	0.000000			
XY—C	0.000000			
PW—C	0.000000			
LK—C	0.000000			
LH—C	0.000000			
LJ--C	0.000000			
Effects Specification				
		S.D.	Rho	
Cross-section random		0.000000	0.0000	
Idiosyncratic random		1.962080	1.0000	
Weighted Statistics				
R-squared	0.752646	Mean dependent var	-0.706959	
Adjusted R-squared	0.728848	S.D. dependent var	2.489590	
S.E. of regression	1.881498	Sum squared resid	142.8416	
F-statistic	19.02031	Durbin-Watson stat	1.073344	
Prob(F-statistic)	0.000001			
Unweighted Statistics				
R-squared	0.752646	Mean dependent var	-0.706959	
Sum squared resid	142.8416	Durbin-Watson stat	1.073344	

Figure 3. The modeling results in region IV
图 3. IV 区建模结果

Table 1. Disaster loss model caused by rainstorm and flood disasters in each rice planting region
表 1. 各区水稻暴雨洪涝灾害灾损模型方程

区	模型方程	R
I	$y = 0.648 - 0.376x_{1it} - 0.545x_{2it}$	0.6924
II	$y = 1.090 - 0.428x_{1it} - 0.509x_{2it}$	0.7051
III	$y = 2.176 - 1.565x_{1it} - 0.345x_{2it}$	0.7496
IV	$y = 0.666 - 0.401x_{1it} - 0.585x_{2it}$	0.7526
V	$y = 0.735 - 0.596x_{1it} - 0.595x_{2it}$	0.7711
VI	$y = 0.702 - 0.583x_{1it} - 0.607x_{2it}$	0.7928
VII	$y = 0.549 - 0.618x_{1it} - 0.711x_{2it}$	0.7843
VIII	$y = 0.916 - 0.484x_{1it} - 0.638x_{2it}$	0.7165
IX	$y = 0.694 - 0.575x_{1it} - 0.498x_{2it}$	0.7437
X	$y = 0.821 - 0.846x_{1it} - 0.375x_{2it}$	0.8013

3.2. 模型效果检验

从表 2 可见，模型结果的平均绝对误差为 0.07，平均相对误差为 5%，说明总体上模拟效果较好。从分区情况来看，IX 区、VII 区、II 区和 VIII 的效果明显好于其他各区，绝对误差均 ≤ 0.03 ，相对误差 $\leq 2\%$ ；IV 区效果较差，相对误差达到 28%。

Table 2. Errors of the model results from 2008 to 2013
表 2. 2008~2013 年模型结果误差统计

项目	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	平均
实际灾损率(-%)	2.97	1.69	3.09	0.71	1.49	1.48	2.25	1.58	1.24	1.48	1.80
模型结果(-%)	3.06	1.71	3.28	0.91	1.50	1.58	2.27	1.55	1.24	1.54	1.86
绝对误差	0.09	0.02	0.19	0.20	0.01	0.10	0.02	0.03	0.00	0.06	0.07
相对误差(%)	3	1	6	28	1	7	1	2	0	4	5

模型对于 2008~2013 年各区水稻暴雨洪涝灾害灾损率 $\geq 10\%$ 的重灾乡镇拟合结果检验结果见表 3, 历史拟合准确率除 IX 区为 89.7% 以外, 其他 9 个区均 $>90\%$, 平均拟合准确率为 94.1% (漏报率为 2.7%, 空报率为 3.2%)。

从表 3 可见 2014 年试用效果较好, 重灾乡镇平均准确率为 95.2%, 没有出现漏报, 空报率为 4.8%, IV 区试用效果最差, 准确率只有 71.4%, 其次是 X 区, 准确率也仅有 75.0%。

4. 水稻暴雨洪涝灾害风险等级划分及应用

4.1. 阈值确定与风险等级划分

本研究进行暴雨洪涝灾害风险等级划分主要参考受灾程度和重灾面积两个参数, 受灾程度用模型结果输出的暴雨洪涝灾害灾损率来表示, 重灾面积用重灾乡镇比例来表示, 即 $Y_T =$ 各区模型计算出的平均灾损率 * 各区重灾乡镇比例。重灾乡镇比例为 2008~2013 年出现灾损率 $\geq 10\%$ 的重灾乡镇个数 / 各区包含的乡镇数 * 年数。

从表 4 可见, Y_T 的平均值为 -0.81, 最大值为 -0.21, 最小值为 -2.23, 负值越大表示受灾越严重。以 Y_T 的平均值、 $(Y_T \text{平均值} + Y_T \text{最小值})/2$ 、 $(Y_T \text{平均值} + Y_T \text{最大值})/2$ 为三个阈值, 即 $Y_1 = -(2.23 + 0.81)/2 = -1.52$ 、 $Y_2 = -0.81$ 、 $Y_3 = -(0.81 + 0.21)/2 = -0.51$, 将宿迁地区水稻种植区划分为四级风险等级。一级风险: $Y_T \leq Y_1$; 二级风险: $Y_1 < Y_T \leq Y_2$; 三级风险: $Y_2 < Y_T \leq Y_3$; 四级风险: $Y_T > Y_3$ 。2008~2013 年水稻暴雨洪涝灾害历史风险等级划分结果和区域分布情况见表 4 和图 4。

4.2. 各风险等级历史灾害分布特征统计

从图 4 可见, 2008~2013 年宿迁地区水稻暴雨洪涝灾害一级风险区位于沿淮河北岸和洪泽湖西岸; 二级风险区位于泗洪县西部高岗地区和新沂河以北地区; 三级风险区位于黄墩湖滞洪区及周边地区, 四级风险区位于骆马湖以东、新沂河以南和京杭大运河沿岸及以北地区。

表 5 给出了根据 2008~2013 年水稻暴雨洪涝灾害情况统计得到的各个风险等级的灾害特征参数。从表中可见, 一级风险区暴雨洪涝灾害造成的平均灾损率、重灾乡镇比例、受灾最重乡镇的平均灾损率和灾害最重年份的平均灾损率分别为 -3.03%、0.61%、-5.94% 和 -7.46%, 灾害最重年份灾情最重乡镇的平均灾损率高达 -23.27%; 二级和三级风险区的各项灾害参数依次下降; 四级风险区的平均灾损率、受灾最重乡镇的平均灾损率和灾害最重年份的平均灾损率均最低, 分别为 -1.30%、-2.58% 和 -3.21%, 但重灾乡镇比例比三级略高, 灾害最重年份灾情最重乡镇的平均灾损率比三级风险区偏高, 我们认为四级风险区的乡镇数较多, 相关参数更具有代表性, 三级风险区的乡镇数较少, 相关参数具有一定的偶然性, 随着以后在应用中历史资料的进一步补充, 这一缺陷将得到弥补。

Table 3. Fitting rate of towns whose rice loss rate is over 10% from 2008 to 2013 and trial accuracy of 14 years
表 3. 2008~2013 年灾损率 ≥ 10%的重灾乡镇拟合率及 14 年试用准确率统计

项目	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	平均
拟 漏报	2.4	0.0	0.0	0.0	3.7	1.0	6.8	0.0	7.7	0.0	2.7
合 空报	7.1	8.3	1.7	9.5	5.6	0.0	1.9	1.2	2.6	4.2	3.2
% 准确	90.5	91.7	98.3	90.5	90.7	99.0	91.3	98.8	89.7	95.8	94.1
试 漏报	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
用 空报	14.3	0.0	0.0	28.6	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	25.0	4.8
% 准确	85.7	100	100	71.4	100	100	100	92.9	100	75.0	95.2

Table 4. The results of historical risk grades from 2008 to 2013
表 4. 2008~2013 年历史风险等级划分结果

项目	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	平均
模型灾损率(-%)	3.06	1.71	3.28	0.91	1.50	1.58	2.27	1.55	1.24	1.54	1.86
重灾乡镇比例(%)	0.54	0.57	0.68	0.23	0.27	0.23	0.37	0.30	0.40	0.35	0.39
$Y_T(-)$	1.65	0.97	2.23	0.21	0.41	0.36	0.84	0.47	0.50	0.54	0.81
风险等级	一级	二级	一级	四级	四级	四级	二级	四级	四级	四级	三级
包含乡镇数(个)	7	6	10	7	9	16	18	14	13	4	

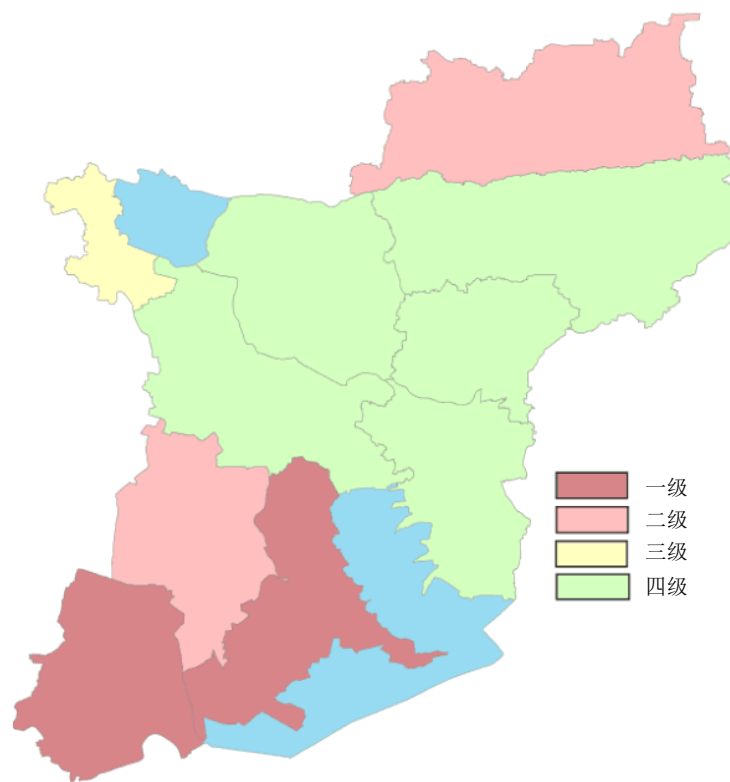


Figure 4. Risk grades layout of rainstorm and flood disasters in Suqian city from 2008 to 2013

图 4. 2008~2013 年宿迁水稻暴雨洪涝灾害风险区分布图

Table 5. The historical disaster characteristic parameter of each risk grade
表 5. 各风险等级历史灾害特征参数统计

等级	实际平均灾损率(%)	重灾乡镇比例	受灾最重乡镇平均灾损率(%)	最重灾年平均灾损率(%)	最重灾年最重乡镇平均灾损率(%)	含乡镇数(个)
一级	-3.03	0.61	-5.94	-7.46	-23.27	17
二级	-1.97	0.47	-5.36	-5.86	-21.03	24
三级	-1.48	0.35	-3.65	-4.34	-9.33	4
四级	-1.30	0.36	-2.58	-3.21	-13.64	59

Table 6. Application results in 2015
表 6. 2015 年应用结果统计

项目	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Y_T	-0.0	-0.0	-1.41	-0.0	-0.0	-0.0	-0.13	-0.0	-0.0	-0.0
风险等级	四级	四级	二级	四级	四级	四级	四级	四级	四级	四级
实际灾损率(%)	-0.8	-0.5	-2.4	-0.6	-0.7	-0.7	-1.1	-0.6	-0.6	-0.2
实际重灾乡镇数, 比例	0,0	0,0	4,0.57	0,0	0,0	0,0	1,0.06	0,0	0,0	0,0

4.3. 水稻暴雨洪涝灾害风险等级划分结果的应用

用 2015 年各乡镇的 I1 和 I2 实时数据分别导入表 1 中对应区的模型方程, 模型输出各乡镇的灾损率预测结果, 将模型结果输出的各乡镇灾损率*各区重灾乡镇比例即得到各乡镇的 Y_T 值, 统计得到 2015 年各区 Y_T 平均值, 并根据各区 Y_T 阈值进行风险等级划分, 划分结果见表 6。

从表 6 可见, 2015 年宿迁大部分地区风险等级较低, 多为四级风险, 只有 III 区为二级风险, 对照表 5 可就得得出各区 2015 年水稻暴雨洪涝灾害风险参数特征。

实况是当年宿迁地区降水比常年偏少, 没有出现大范围的暴雨洪涝灾害, 只有水稻抽穗扬花期(8 月 19~20 日)洪泽湖西部出现局地性大暴雨, 导致 III 区水稻暴雨洪涝灾害风险等级上升, 造成 III 区平均灾损率为-2.4%, 洪泽湖岸边的龙集镇平均灾损率达到-4.2%, 孙园乡平均灾损率-3.1%。

5. 结论与讨论

利用降水(暴雨)强度、降水(暴雨)日数和累计降水(暴雨)量参数自定义的暴雨洪涝灾害指数, 能较好的描述暴雨洪涝灾害特征, 与水稻暴雨洪涝灾害损失率的相关性较好。利用时间和界面序列二维面板数据建立随机效应回归预测模型, 在一定程度上克服了资料年代短的缺陷, 模型效果较好。

直接应用模型输出的预测结果进行水稻暴雨洪涝灾害风险等级划分, 减少了灾情调查环节, 节省了大量的时间和人力物力, 经检验和使用效果较好, 能够反映出宿迁地区水稻暴雨洪涝灾害的相关特征, 具有较高的实用价值。从历史风险区的划分结果来看: 一级风险区位于沿淮河北岸和洪泽湖西岸; 二级风险区位于泗洪县西部高岗地区和新沂河以北地区; 三级风险区位于黄墩湖滞洪区及周边地区, 四级风险区位于骆马湖以东、新沂河以南和京杭大运河沿岸及以北地区, 与宿迁地区水稻暴雨洪涝灾害的实际情况相符合。

2008~2013 年四级风险区的重灾乡镇比例和灾害最重年份灾情最重乡镇的平均灾损率比三级风险区偏高, 这可能是因为三级风险区的乡镇数较少, 相关参数具有一定的偶然性造成的, 随着历史资料的进一步补充, 这一缺陷将得到弥补。

基金项目

江苏省气象科研开放基金项目(项目编号: K201010)。

参考文献 (References)

- [1] 倪长健, 王杰. 再论自然灾害风险的定义[J]. 灾害学, 2012, 29(3): 1-5.
- [2] 许世远, 王军, 石纯, 等. 沿海城市自然灾害风险研究[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 127-138.
- [3] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测研究[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(3): 144-148.
- [4] 王冀, 江志红, 严明良, 等. 1960-2005年长江中下游极端降水指数变化特征分析[J]. 气象科学, 2008(4): 384-388.
- [5] 杨金虎, 江志红, 王鹏祥, 等. 中国年极端降水事件的时空分布特征[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(1): 75-83.
- [6] 陈海山, 范苏丹, 张新华. 中国近 50a 极端降水事件变化特征的季节性差异[J]. 大气科学学报, 2009, 32(6): 744-751.
- [7] 潘敖大, 王珂清, 曾燕, 等. 长江三角洲近 46a 气温和降水的变化趋势[J]. 大气科学学报, 2011(2): 180-188.
- [8] 李丽平, 许冠宇, 成丽萍, 章开美, 柳艳菊. 华南后汛期极端降水特征及变化趋势[J]. 大气科学学报, 2012(5): 570-577.
- [9] 李明刚, 管兆勇, 韩洁, 金大超. 近 50a 华东地区夏季极端降水事件的年代际变化[J]. 大气科学学报, 2012(5): 591-602.
- [10] 董伟, 刘玉芬, 朱丹, 朱玉祥. 吉林省夏季降水时空变化特征研究[J]. 气象科学, 2013, 33(2): 229-235.
- [11] 张立波, 景元书, 娄伟平, 肖薇. 近 50a 华东地区雨日及降水量的变化特征[J]. 大气科学学报, 2013(4): 426-433.
- [12] 王苗, 郭品文, 邬响. 中国东部极端降水变化特征及其与大气稳定度的关系[J]. 大气科学学报, 2014, 37(1): 47-56.
- [13] Xu, X., Du, Y., *et al.* (2011) Variation of Temperature and Precipitation Extremes in Recent Two Decades over China. *Atmospheric Research*, **101**, 143-154.
- [14] Gao, T. and Xie, L. (2014) Study on Progress of the Trends and Physical Causes of Extreme Precipitation in China during the Last 50 Years. *Advances in Earth Science*, **29**, 577-589.
- [15] 李永和, 石亚月, 陈耀岳. 试论洪涝对水稻的影响[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(6): 83-87.
- [16] 李巧媛, 丁贤法, 许霖. 降水量对湖南省水稻生产的影响分析[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(2): 265-274.
- [17] 李小坤, 李云春, 鲁剑巍, 等. 强降雨致洪涝灾害下不同因素对水稻倒伏的影响[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(6): 99-103.
- [18] 董家山, 沈伟, 张莹, 等. 宿迁地区水稻暴雨洪涝灾害保险气象理赔指数开发[J]. 气象科学, 2017, 37(3): 416-424.
- [19] 沈伟, 姚海涛, 王文清, 等. 江苏宿迁地区水稻暴雨洪涝灾害灾损分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 89-93.
- [20] 易丹辉. 数据分析与 eviews 应用[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008.
- [21] Hausman, J.A. (1978) Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, **46**, 1251-1272.
<https://doi.org/10.2307/1913827>
- [22] Hausman, J.A. and Taylor, W.E. (1981) Panel Data and Unobservable Individual Effects. *Econometrica*, **49**, 1377-1398. <https://doi.org/10.2307/1911406>

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjas@hanspub.org