

# 河南省复种指数时序变化及预测

张志国, 李琳

(商丘师范学院 环境与规划系, 河南 商丘 476000)

**摘要:** 复种是集约利用土地资源, 保证区域粮食生产的重要措施之一。利用常规统计方法和 Mann-Kendall 检验分析了 1978–2009 年河南省耕地复种指数时序变化特征, 在此基础上, 利用灰色理论, 建立了河南省耕地复种指数预测的 GM(1, 1) 模型, 预测了 2010–2019 年河南省耕地复种指数值。结果表明: 1978–2009 年河南省耕地复种指数总体呈增长趋势, 1985–2010 年增长趋势明显; 2010–2019 年河南省耕地复种指数仍将保持增长趋势, 且增速有加快的趋势。河南省土地资源有限, 后备土地资源缺乏, 复种指数的持续增长虽然为河南省的农业发展和粮食安全做出了一定的贡献, 但由此带来的土地资源退化的风险也会增加。

**关键词:** 时序变化; Mann-Kendall; 灰色理论; 预测; 河南省; 复种指数

中图分类号: S344.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0241-03

## Temporal Variation and Prediction of Multiple Cropping Index in He'nan Province

ZHANG Zhiguo, LI Lin

(Department of Environment & Planning, Shangqiu Normal College, Shangqiu, He'nan 476000, China)

**Abstract:** Multiple cropping is one of the important measures of intensive land use and food security in regional agricultural production. Based on the analysis of the temporal variation of multiple cropping index in He'nan Province during 1978–2009, the paper predicts the changes of multiple cropping index during 2010–2019 using the GM(1, 1) model. The results showed that: the multiple cropping index increased gradually during 1978–2009, and the trend was more significant since 1985; the prediction results showed that in the next decade (2010–2019), the multiple cropping index will also increase in He'nan Province. Although multiple cropping could be important in agricultural development and food security, it is noteworthy that the risk of land degradation would increase.

**Key words:** temporal variation; Mann-Kendall; grey theory; prediction; He'nan Province; multiple cropping index

复种作为一种重复利用耕地资源、提高区域农产品产量的有效措施, 在人均耕地面积较少的亚非地区受到普遍的重视。复种在我国粮食增长中发挥着重要作用。耿玉环等在对我国耕地面积变化的资料分析后指出, 耕地复种指数是影响耕地产量的主要原因之一<sup>[1]</sup>。王宏广等<sup>[2]</sup>研究发现, 中国 1986–1995 年的 10 a 内, 农作物增产中有 1/3 多是靠复种得来。复种指数是耕作制度研究中衡量耕地资源集约化利用程度的基础性指标, 国内外学者在此方面进行了大量的研究工作, 研究重点主要集中在复种指数的提取方法上<sup>[3]</sup>, 目前复种指数的提取方法主要包括利用统计数据计算<sup>[4-6]</sup>和遥感影像提取<sup>[7-11]</sup>。在生态环境影响方面, 主要是利用复种指数作为耕地利用强度的衡量指标, 反映土地利用强度对土壤、水资源和气候变化的影响<sup>[12-17]</sup>。综上所述, 复种指数预测的研究较少

见诸文献。

河南是我国农业大省, 对我国的粮食安全有着重大贡献。本文在分析 1978–2009 年河南省耕地复种指数时序变化的基础上, 利用灰色理论预测 2010–2019 年河南省耕地复种指数的变化, 试图为河南省农业规划和粮食生产预测提供依据。

## 1 河南省复种指数时序变化

### 1.1 复种指数计算及数据来源

复种指数是指一个地区一年内作物播种面积与耕地面积的百分比, 可以表示一年内同一地块上连续种植农作物的次数<sup>[18]</sup>。复种指数的计算方法如下:

$$MCI_r = A_s / A_d \quad (1)$$

式中:  $MCI_r$ ——区域耕地复种指数;  $A_s$ ——区域全年播种面积;  $A_d$ ——区域耕地面积。

收稿日期: 2011-05-06

修回日期: 2011-06-01

资助项目: 河南省政府决策研究招标课题(2011B589); 河南省教育厅自然科学研究项目(2011B210029)

作者简介: 张志国(1974–), 男, 河北怀安人, 博士, 讲师, 主要从事水土资源高效利用研究。E-mail: sxbertzzg@163.com

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本文中区域耕地面积使用的是年末实际耕地面积,该数据和播种面积数据均来自河南省统计局编撰的《河南改革开放 30 年》和《2010 年河南省统计年鉴》。

1.2 描述性统计分析

1978–2009 年河南省耕地复种指数平均值为 1.762 5;最大值和最小值出现在 1980 年和 2009 年,其值为 1.513 和 1.971 1。由图 1 可以看出,河南省耕地复种指数总体呈增长趋势,年均增长 1.37%。

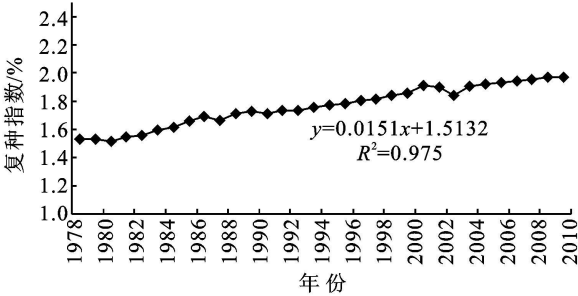
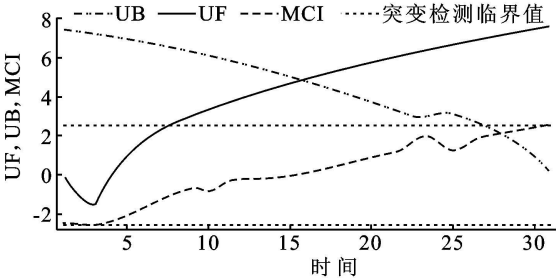


图 1 1978–2009 年河南省复种指数变化

1.3 基于 Mann–Kendall 的河南省耕地复种指数检验分析

Mann–Kendall 检验法是近年来广泛应用的一种时间序列数据趋势分析方法,其特点是不必事先假定数据的分布特征,适用范围广,人为性少,定量化程度高。利用 DPS7.05 对 1978–2009 年的河南省耕地复种指数进行 Mann–Kendall 分析,结果如图 2 所示。



图中横坐标中 1 表示 1978 年,2 表示 1979 年,依次类推,30 表示 2008 年

图 2 1978–2009 年河南省耕地复种指数 Mann–Kendall 检验分析结果

由图 2 可以看出:1979 年、1980 年和 1981 年的 UF 值都小于 0,表明这 3 年复种指数呈下降趋势;1982 年以后的 UF 值都大于 0,表明由此河南省耕地复种指数呈上升趋势,1985 年后 UF 值超过了信度的上限值,说明从 1985 年后河南省耕地复种指数上升趋势明显。虽然 UF 曲线和 UB 曲线相交,但是相交点在临界区域之外,表明无突变。

2 基于灰色系统理论的河南省耕地复种指数预测

所谓灰色系统理论就是指既含有已知信息,同时又含有未知的或非确定的信息系统,属于黑箱概念的

一种推广,是黑色与白色相结合的一种系统理论。灰色系统理论是我国学者邓聚龙教授于 1982 年提出,目前已广泛应用于工程系统、经济系统、农业系统、气象系统、生态系统、社会系统、未来学研究等科研工作中<sup>[19]</sup>。本研究选择灰色预测模型中最常用 GM(1,1) 模型,并结合数据平滑处理,对河南省耕地复种指数的发展趋势进行建模预测。

2.1 数据预处理

为了弱化序列数据之间的连带关系,提高模型的精度,更好地预测,对计算得到的 1978–2009 年的河南省耕地复种指数进行滑动平均处理。滑动平均计算公式<sup>[20]</sup>为:

$$x_t = (x_{t-1} + 2x_t + x_{t+1})/4 \tag{2}$$

式中:  $x_{t-1}$ ,  $x_t$ ,  $x_{t+1}$  ——第  $t-1$ ,  $t$ ,  $t+1$  年当年的复种指数值;两端点数据为:

$$x_1 = (3x_1 + x_2)/4 \tag{3}$$

$$x_n = (x_{n-1} + 3x_n)/4 \tag{4}$$

式中:  $x_1$ ,  $x_n$  ——起始、终止年复种指数值。滑动平均处理后的结果见表 1。

表 1 河南省耕地复种指数滑动平均处理值

年份	复种指数	年份	复种指数	年份	复种指数	年份	复种指数
1978	1.5313	1986	1.6755	1994	1.7698	2002	1.8708
1979	1.5258	1987	1.6825	1995	1.7855	2003	1.8925
1980	1.5255	1988	1.7053	1996	1.8020	2004	1.9208
1981	1.5413	1989	1.7215	1997	1.8178	2005	1.9330
1982	1.5645	1990	1.7230	1998	1.8365	2006	1.9438
1983	1.5908	1991	1.7290	1999	1.8650	2007	1.9560
1984	1.6215	1992	1.7390	2000	1.8945	2008	1.9663
1985	1.6565	1993	1.7538	2001	1.8880	2009	1.9706

2.2 灰色预测模型

根据表 1 计算结果,利用 DPS 7.05 软件得到了河南省耕地复种指数的 GM(1,1) 模型为

$$\begin{cases} \hat{X}^{(1)}(k+1) = 182.98e^{0.0085k} - 181.448 \\ \hat{X}^{(0)}(k) = \hat{X}^{(1)}(k) - \hat{X}^{(1)}(k-1) \\ (k = 1, 2, \dots, 32) \end{cases} \tag{6}$$

利用灰色 GM(1,1) 模型进行残差检验,并对河南省 1978–2009 年耕地复种指数拟合,结果如表 2。由表 2 中可以看出,预测值和实际值基本接近,相对误差范围在[3.6219%, -2.831%]之间,因此可以用来分析复种指数变化趋势。该模型后验比  $C = 0.15 < 0.35$ ,小误差概率  $P = 1 > 0.95$ ,模型精度检验达到 1 级等级精度,说明该模型有较好的预测精度和实用价值。

用所建立的 GM(1,1) 模型对 2009 年后 10 年河南省复种指数进行预测,预测结果见表 3。由表 3 可知,今后 10 a 河南省的耕地复种指数继续呈增长趋势,增长速度为 1.78%,增速略高于前 30 年的增速,

说明今后提高复种指数依然是河南省农业发展的重要措施之一。河南省耕地资源有限, 今后要发展农业, 提高粮食产量, 必须在一定程度上提高复种指数。同时也说明河南省耕地后备资源的缺乏, 也导致了河南省土地利用强度的增加, 提高了河南省土地资源退化的风险。

表 2 GM( 1, 1) 模型预测值与实际值比较

年份	实际值	拟合值	误差值	相对误差/%
1979	1.529	1.5546	0.0256	1.6743
1980	1.513	1.5678	0.0548	3.6219
1981	1.547	1.5811	0.0341	2.2043
1982	1.558	1.5946	0.0366	2.3492
1983	1.595	1.6081	0.0131	0.8213
1984	1.615	1.6218	0.0068	0.4211
1985	1.661	1.6356	- 0.0254	- 1.5292
1986	1.689	1.6495	- 0.0395	- 2.3387
1987	1.663	1.6635	0.0005	0.0301
1988	1.715	1.6776	- 0.0374	- 2.1808
1989	1.728	1.6919	- 0.0361	- 2.0891
1990	1.715	1.7062	- 0.0088	- 0.5131
1991	1.734	1.7207	- 0.0133	- 0.7670
1992	1.733	1.7353	0.0023	0.1327
1993	1.756	1.7501	- 0.0059	- 0.3360
1994	1.770	1.7650	- 0.005	- 0.2825
1995	1.783	1.7800	- 0.003	- 0.1683
1996	1.806	1.7951	- 0.0109	- 0.6035
1997	1.813	1.8103	- 0.0027	- 0.1489
1998	1.839	1.8257	- 0.0133	- 0.7232
1999	1.855	1.8412	- 0.0138	- 0.7439
2000	1.911	1.8569	- 0.0541	- 2.8310
2001	1.901	1.8726	- 0.0284	- 1.4940
2002	1.839	1.8886	0.0496	2.6971
2003	1.904	1.9046	0.0006	0.0315
2004	1.923	1.9208	- 0.0022	- 0.1144
2005	1.933	1.9371	0.0041	0.2121
2006	1.943	1.9536	0.0106	0.5455
2007	1.956	1.9702	0.0142	0.7260
2008	1.969	1.9869	0.0178	0.9040
2009	1.971	2.0038	0.0327	1.6590

表 3 2010- 2019 年河南省耕地复种指数预测值

年份	2010	2011	2012	2013	2014
预测值	2.0208	2.0380	2.0553	2.0727	2.0904
年份	2015	2016	2017	2018	2019
预测值	2.1081	2.1260	2.1441	2.1623	2.1807

3 结 语

河南省是个土地资源缺乏的农业大省。复种对河南省粮食生产和农业发展意义较大。通过分析 1978- 2009 年河南省耕地复种指数变化, 发现近 30 年来河南省耕地复种指数变化总体呈增长趋势, 只有

在 1980 年、1990 年、2001 年和 2002 年出现了较上一年减少的情况, 大体上每 10 a 出现一次。1985 年后河南省耕地复种指数上升趋势明显, 无突变。在对 1978- 2009 年河南省复种指数数据进行滑动平均处理的基础上, 建立了河南省耕地复种指数灰色预测模型, 预测了 2010- 2019 年的河南省耕地复种指数, 表明今后 10 a 内河南省耕地复种指数依然呈增长趋势, 且略有增速。由于河南省土地资源有限, 复种指数的持续增长, 表明河南省土地的利用强度逐渐增加, 河南省土地退化的风险增大, 需要引起有关部门的注意。

参考文献:

[ 1] 耿玉环, 张建军, 田明中. 论我国耕地保护与粮食安全 [J]. 资源开发与市场, 2007, 23( 10) : 906-909.

[ 2] 王宏广. 中国耕作制度 70 年 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.

[ 3] 左丽君, 董婷婷, 汪潇, 等. 基于 MODIS/ EVI 的中国北方耕地复种指数提取 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(8) : 141-146.

[ 4] 黄国勤. 论提高我国南方耕地复种指数 [J]. 自然资源, 1995( 1) : 30-37.

[ 5] 梁书民. 我国各地区复种发展潜力与复种行为研究 [J]. 农业经济问题, 2007( 5) : 85-90.

[ 6] 史俊通, 刘孟君, 李军. 论复种与我国粮食生产的可持续发展 [J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16( 1) : 51-57.

[ 7] 闫慧敏, 刘纪远, 曹明奎. 近 20 年中国耕地复种指数的时空变化 [J]. 地理学报, 2005, 60(4) : 559-566.

[ 8] 朱孝林, 李强, 沈妙根, 等. 基于多时相 NDVI 数据的复种指数提取方法研究 [J]. 自然资源学报, 2008, 23(3) : 534-544.

[ 9] 彭代亮, 黄敬峰, 金辉民. 基于 MODIS-NDVI 的浙江省耕地复种指数监测 [J]. 中国农业科学, 2006, 39( 7) : 1352-1357.

[ 10] 闫慧敏, 曹明奎, 刘纪远, 等. 基于多时相遥感信息的中国农业种植制度空间格局研究 [J]. 农业工程学报, 2005, 21( 4) : 85-90.

[ 11] 范锦龙, 吴炳方. 基于 GIS 的复种指数潜力研究 [J]. 遥感学报, 2004, 8( 6) : 637-644.

[ 12] 俞海, 黄季, Scott Rozelle, 等. 土壤肥力变化的社会经济影响因素分析 [J]. 资源科学, 2003, 25( 2) : 63-72.

[ 13] 孔祥斌, 张凤荣, 齐伟, 等. 集约化农区土地利用变化对水资源的影响: 以河北省曲周县为例 [J]. 自然资源学报, 2004, 19(6) : 747-753.

[ 14] 刘方, 罗海波, 刘元生, 等. 喀斯特石漠化区农业土地利用对浅层地下水质量的影响 [J]. 中国农业科学, 2007, 40( 6) : 1214-1221.

[ 15] 梁书民. 我国各地区复种发展潜力与复种行为研究 [J]. 农业经济问题, 2007( 5) : 85-90.

( 下转第 253 页)

[ 37 ] Tokunaga S, Hakuta T. Acid washing and stabilization of an artificial arsenic-contaminated soil[ J ]. Chemosphere, 2002, 46( 1 ): 31-38.

[ 38 ] Alam M G M, Tokunaga S, Maekawa T. Extraction of arsenic in a synthetic arsenic-contaminated soil using phosphate[ J ]. Chemosphere, 2001, 43( 8 ): 1035-1041.

[ 39 ] 杨居荣. 蚯蚓对土壤重金属的吸收与富集[ J ]. 农业环境保护, 1984( 3 ): 4-8.

[ 40 ] 常学秀, 张汉波, 袁嘉丽. 环境污染微生物[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2006.

[ 41 ] 李素玉. 环境微生物分类与检测技术[ M ]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

[ 42 ] 格鲁德夫. 重金属和砷污染土壤的微生物净化[ J ]. 国外金属矿选矿, 1999( 10 ): 40-42.

[ 43 ] Ma L Q, Komar K M, Tu C, et al. A fern that hyperaccumulates arsenic: a hardy, versatile, fast-growing plant helps to remove arsenic contaminated soil[ J ]. Nature, 2001, 409: 579.

[ 44 ] Chen T B, Wei C Y, Huang Z C, et al. Arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. and its arsenic accumulation[ J ]. Chinese Science Bulletin, 2002, 47( 11 ): 902-905.

[ 45 ] 廖晓勇, 陈同斌, 谢华, 等. 磷肥对砷污染土壤的植物修复效率的影响: 田间实例研究[ J ]. 环境科学学报, 2004, 24( 3 ): 455-462.

[ 46 ] Tu C, Ma L Q. Effects of arsenic concentrations and forms on arsenic uptake by the hyperaccumulator ladder brake[ J ]. Journal of Environmental Quality, 2002, 31( 2 ): 641-647.

[ 47 ] Tu C, Ma L Q, Zhang W, et al. Arsenic species and leachability in the fronds of the hyperaccumulator Chinese brake ( *Pteris vittata* L. )[ J ]. Environmental Pollution, 2003, 124( 2 ): 223-230.

[ 48 ] Francesconi K, Visoottiviset P, Skidokchan W, et al. Arsenic species in an arsenic hyperaccumulating fern, *Pityrogramma calomelanos*: a potential phytoremediator of arsenic-contaminated soils[ J ]. The Science of the Total Environment, 2002, 284: 27-35.

[ 49 ] Ampiah Bonney R J, Tyson J F, Lanza G R. Phytoextraction of arsenic from soil by *Leersia Oryzoides*[ J ]. International Journal of Phytoremediation, 2007, 9( 1 ): 31-40.

[ 50 ] Kertulis-Tartar G M, Ma L Q, Tu C, et al. Phytoremediation of an arsenic-contaminated site using *Pteris vittata* L.: a two-years study[ J ]. International Journal of Phytoremediation, 2006, 8( 4 ): 311-322.

[ 51 ] 蔡保松. 蜈蚣草富集能力的基因型差异及其对环境因子的反应[ D ]. 杭州: 浙江大学, 2004.

[ 52 ] Leung H M, Ye Z H, Wong M H. Interactions of mycorrhizal fungi with *Pteris vittata* ( As hyperaccumulator ) in As-contaminated soils[ J ]. Environmental Pollution, 2006, 139( 1 ): 1-8.

[ 53 ] Liu Y, Zhu Y G, Chen B D, et al. Influence of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on uptake of arsenate by the As hyperaccumulator fern *Pteris vittata* L. [ J ]. Mycorrhiza, 2005, 15: 187-192.

[ 54 ] Bagga D K, Peterson S. Phytoremediation of arsenic-contaminated soil as affected by the chelating agent CD-TA and different levels of soil pH [ J ]. Remediation, 2001, 12( 1 ): 77-85.

[ 55 ] Pickering I J, Prince R C, George M J, et al. Reduction and coordination of arsenic in Indian mustard[ J ]. Plant Physiology, 2000, 122( 4 ): 1117-1177.

( 上接第 243 页 )

[ 16 ] 张厚轩. 中国种植制度对全球气候变化响应的有关问题: iv. 气候变化对我国种植制度的影响[ J ]. 中国农业气象, 2000, 21( 1 ): 9-13.

[ 17 ] 张厚轩. 中国种植制度对全球气候变化响应的有关问题: ⑤. 我国种植制度对气候变化响应的主要问题[ J ]. 中国农业气象, 2000, 21( 2 ): 10-13.

[ 18 ] 沈学年, 刘翼浩. 多熟种植[ M ]. 北京: 农业出版社, 1983.

[ 19 ] 杜涛, 叶琰, 李洪伟, 等. 基于灰色系统理论的几种需水量预测方法分析[ J ]. 长江科学院院报, 2010, 27( 7 ): 12-16.

[ 20 ] 张沁文, 王学萌, 聂宏声, 等. 农村经济灰色系统分析、模型、方法、应用[ M ]. 北京: 学术期刊出版社, 1981.

( 上接第 247 页 )

[ 7 ] 闵婕. 基于 GIS 技术与 AHP 研究生态环境敏感度分区[ J ]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2006, 23( 4 ): 76-80.

[ 8 ] 赵晓慧, 严力蛟. 生态敏感性的灰色关联投影评价模型及其应用[ J ]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2006, 32( 3 ): 341-345.

[ 9 ] Zhang Mingwu, Jin Haijiang, Cai Desuo, et al. The comparative study on the ecological sensitivity analysis in Huixian karst wetland, China[ J ]. Procedia Environmental Sciences, 2010, 2: 386-398.

[ 10 ] 韩贵锋, 赵珂, 袁兴中, 等. 基于空间分析的山地生态敏感性评价: 以四川省万源市为例[ J ]. 山地学报, 2008, 26( 5 ): 531-537.

[ 11 ] 尹海伟, 徐建刚, 陈昌勇, 等. 基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析[ J ]. 地理科学, 2006, 26( 1 ): 64-68.