

基于灰色理论的忻州市适宜退耕还林面积预测

赵鹏宇¹, 徐学选², 张 丽³, 吴攀升¹, 郑庆荣¹, 崔 婧¹

(1. 忻州师范学院 地理系, 山西 忻州 034000; 2. 中国科学院 水利部

水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 忻州市统计局, 山西 忻州 034000)

摘 要:退耕还林工程是忻州市最大的生态工程, 全市退耕比例高达 23.08%。根据 2000—2010 年忻州市统计年鉴资料, 分析了退耕还林还草对当地粮食产量和粮食需求量关系的影响。运用灰色理论的 GM(1,1) 预测模型, 分别建立了粮食总产、人口、粮食单产和人均粮食消费的预测模型, 并利用模型预测得到 2012—2016 年忻州市适宜退耕还林面积分别为 15 450, 14 056, 12 052, 13 856, 10 429 hm², 结果表明: 忻州市可以继续推行退耕还林草工程。但研究中所取得的未来 5 a 适宜退耕面积只是理论值, 仅是为忻州市实施退耕还林草工程提供参考。

关键词:忻州市; 退耕还林; 灰色模型

中图分类号: S721

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)02-0299-03

Prediction of the Suitable Area of the Grain for Forest and Grass Project in Xinzhou City Based on Grey Theory

ZHAO Peng-yu¹, XU Xue-xuan², ZHANG Li³, WU Pan-sheng¹, ZHENG Qing-rong¹, CUI Qiang¹

(1. Department of Geography, Xinzhou Teachers University, Xinzhou, Shanxi 034000, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water

Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Statistics Bureau of Xinzhou City, Xinzhou, Shanxi 034000, China)

Abstract: Grain for forest and grass (GFG) project is the largest ecological engineering in Xinzhou and the percentage of the GFG area is up to as much as 23.08%. How the GFG influenced the relationship between local grain output and demand was analyzed. Based on local statistical yearbooks (2000—2010), with the help of grey predicting method GM (1, 1), predicting models about total output, population, unit area output, grain consumption per capita was established. It predicted that the GFG area in Xinzhou from 2012 to 2016 would be 15 450, 14 056, 12 052, 13 856 hm² and 10 429 hm², respectively. It shows that the GFG can be carried on in Xinzhou continually while five predicting data were only the theoretical values of the suitable area of the GFG, which are just a reference for the GFG in Xinzhou City.

Key words: Xinzhou City; grain for forest and grass; grey mode

忻州市位于山西省中北部, 属中温带大陆性季风气候。总面积为 2.55 万 km², 占全省土地总面积的 16%, 居山西省各市之首。土地面积构成中山地占 53.33%, 丘陵占 36.08%, 平原占 10.59%。忻州市土地资源丰富, 2000 年有耕地 71.07 万 hm², 林业用地 130 万 hm², 森林覆盖率为 14.3%, 草地面积 104 万 hm²^[1]。退耕区多属于自然环境恶劣、交通不便的山区或半山区, 平川谷地很少, 这种自然环境面临的最大问题是水土流失。2009 年忻州市水土流失面积 1 939.44 hm², 水土流失使退耕区的耕地变得更加贫

瘠, 平均粮食产量只有 1 125 kg/hm² 左右。

忻州市生态环境脆弱, 植被覆盖率低, 水土流失和风沙危害严重, 退耕还林前全市森林覆盖率仅为 7.21%, 是国家生态建设的重点区域。全市从 2000 年开始实行退耕还林还草, 2002—2003 年进入实施高峰期, 实施 11 a 来, 共有 86 267 hm² 的坡耕地和严重沙化耕地进行了造林; 全市共实施退耕还林 260 533 hm² (其中退耕地还林 86 267 hm², 宜林荒山荒地造林 196 267 hm², 封山育林 8 000 hm²)。工程涉及全市 14 个县(市、区)的 168 个乡镇、2 607 个行

收稿日期: 2012-08-08

修回日期: 2012-10-10

资助项目: 2012 年忻州师范学院专题研究项目(ZT201214); 2012 年山西省高等学校哲学社会科学研究项目(20122212)

作者简介: 赵鹏宇(1981—), 男, 山西保德人, 硕士研究生, 助教, 主要从事植物土壤与水土保持方面的研究。E-mail: 497154516@qq.com

通信作者: 徐学选(1966—), 男, 陕西大荔人, 博导, 研究员, 主要从事水土保持方面的研究。E-mail: xuxuexuan@nwsuaf.edu.cn

政村、17.5 万农户、62.7 万农村人口。退耕还林可使忻州市森林覆盖率增加 10% 左右,减少水土流失面积 243 867 hm²,减少沙化危害面积 16 667 hm²,沙尘天气较往年明显减少,沙尘暴发生危害程度相应减少。2006 年以后耕地面积基本没有变化。坡地退耕还林(草),在很大程度上改善了忻州市的生态环境^[2]。但是,耕地面积的大幅减少,必然会导致粮食产量的下降,影响到人民的正常生活,如何在保证当地群众正常的口粮需求下,解决适宜的退耕还林草面积的确定问题,是退耕还林草项目能否顺利实施的关键内容之一^[3]。因此,从长期看,在满足粮食基本需求的前提下,处理好退耕还林草与粮食生产的关系,解决好怎样退、退多少的问题是非常重要的。

退耕还林草面积的底线是,剩余耕地生产的粮食刚好能满足人们的日常需求,根据粮食总量安全系数的一般认识,将 1.45 界定为粮食安全经验转折点或粮食的经济安全点^[4]。当总量安全系数接近或低于 1.45 时,价格机制与经济系统可能发生紊乱,社会将出现恐慌。所以,粮食产量应该大于基本需求量的 1.45 倍。设人均粮食消费量为 M ,人口数量为 R ,则粮食的最低需求量 S 为:

$$S=R \times M \times 1.45 \quad (1)$$

将根据公式(1)得到的年最低粮食需求量与忻州市粮食产量(2000—2010)进行对比,结果见图 1。

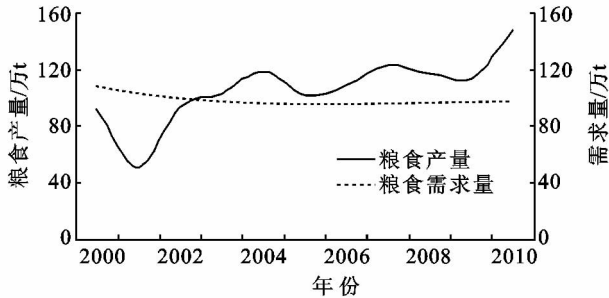


图 1 忻州市 2000—2010 年粮食产量和需求量对比

由从图 1 可以看出,从实行退耕还林(草)开始到 2001 年粮食产量有所下降,2000—2001 年的粮食产量并没有达到需求量;2002 年以后,粮食产量曲线在波动中逐渐增加,从 2002 年开始粮食产量能够满足需求量。随着基本农田建设及农业技术的广泛应用,粮食产量每年都在增长,同时,退耕还林(草)产生的生态效益也逐渐显现出来。这对于未来继续实行退耕还林(草)是一个积极的信号。忻州市共有 25° 以上坡耕地 206 700 hm²,这些耕地条件差,产量低而且不稳定,截至 2010 年坡耕地退还面积为 86 267 hm²,还有 120 433 hm² 的坡耕地有待继续退耕。为了科学地开展未来的退耕还林(草)工作,使退耕还林(草)

能够有序地进行下去,本研究通过灰色理论模型进行适宜退耕还林(草)面积的确定^[5-8]。

1 模型原理和指标选取

1.1 灰色理论预测模型

社会经济统计数据中很难找到统计规律,因为随机过程中典型分布是十分有限的,普通的分析方法往往难以处理这类数据。灰色预测通过对原始数据的挖掘、整理来寻求其变化规律,通过灰色序列的生成,弱化其随机性,显示其规律性。灰色预测基于累加生成的数列的 GM(1,1) 模型^[9]。建立 GM(1,1) 模型的基本步骤:

第 1 步:对数据序列 $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(N)\}$,作一次累加生成,得到 $X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(N)\}$,其中 $x^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t x^{(0)}(k)$

第 2 步:构造累加矩阵 B 与常数项向量 Y_N ,即

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(N-1) + x^{(1)}(N)] & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_N = [x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(N)]^T$$

第 3 步:用最小二乘法解灰参数 \hat{a} :

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N \quad (2)$$

第 4 步:将灰参数代入时间函数:

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = [x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-at} + \frac{u}{a} \quad (3)$$

第 5 步:对 $\hat{x}^{(1)}$ 求导还原得到:

$$\hat{x}^{(0)}(t+1) = -a[x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-at}$$

$$\hat{x}^{(0)}(t+1) = \hat{x}^{(1)}(t+1) - \hat{x}^{(1)}(t) \quad (4)$$

第 6 步:计算 $x^{(0)}(t)$ 与 $\hat{x}^{(0)}(t)$ 之差 $\epsilon^{(0)}(t)$ 及相对误差 $e(t)$:

$$\begin{aligned} \epsilon^{(0)}(t) &= x^{(0)}(t) - \hat{x}^{(0)}(t) \\ e(t) &= \epsilon^{(0)}(t) / x^{(0)}(t) \end{aligned} \quad (5)$$

第 7 步:模型诊断及应用模型进行预报,预测精度对于预测模型是十分重要的,该预测公式是否能达到精度要求,需要进行检验。分别计算方差比 $c = s_1/s_2$ 和小误差概率,参照表 1 进行标准检验,其中 s_1 为观察数据的标准差, s_2 为残差值的标准差。

$$p = \{ |\epsilon^{(0)}(t) - \epsilon^{-(0)}| < 0.6745s_1 \} \quad (6)$$

上述 7 步为整个建模、预测的分析过程。当所建立的模型残差较大、精度不够理想时,为提高精度,一

般可以对其残差过行残差 CM(1,1)模型建模分析,以修正预报模型。

表 1 灰色预测精度检验等级标准

精度等级	小误差概率 p	方差比 c
好	>0.95	<0.35
合格	>0.80	<0.5
勉强	>0.70	<0.65
不合格	≤ 0.70	≥ 0.65

1.2 指标的选取

退耕还林(草)的目的是改善生态环境,同时也要保证人民生活和社会经济的可持续发展,因此选取人口数量(人)、粮食产量(t)、粮食单产(kg/hm²)和人均粮食消费量(kg/人)4个指标建立 GM(1,1)预测模型,对未来进行预测,从而确定适宜的退耕还林(草)面积。

1.3 数据来源

人均最低粮食消费量数据来源于国家统计局年鉴山西省农村居民年人均粮食消费量^[10-11],人口数量、粮食产量和粮食单产数量来源于忻州市统计年鉴。由图 1 看出,耕地面积在 2000—2001 年大量减少,2001 年之后的耕地面积没有发生变化,由于耕地面积对粮食产量影响巨大,为了避免数据波动过大造成模型预测精度降低,本文中采用 2001 年以后的数据,其余 3 个指标年份为 2000—2010 年。

2 模型的建立

2.1 人均粮食消费量的预测模型

利用 2000—2010 年的人均粮食消费数据建立预测模型,通过计算得到 $a=0.009\ 216,u=235.221\ 250$,则得到人均粮食消费预测模型,见式(7)。

$$M^{(1)}(t+1)=-25270.03e^{-0.009216t}+25522.33 \quad (7)$$

精确度检验值为 $c=0.4386$ (合格), $p=1.0000$ (合格)。

2.2 人口预测模型

利用 2000—2010 年的人口数量数据建立预测模型,通过计算得到 $a=0.099\ 161,u=48\ 244.89$,得到人口预测模型,见式(8)。

$$R^{(1)}(t+1)=-456291.19e^{-0.099161t}+486528.45 \quad (8)$$

精度检验值 $c=0.2532$ (好), $p=1.0000$ (合格)。

2.3 粮食产量预测模型

根据 2002—2010 年粮食产量统计资料,计算 $a=0.039\ 624,u=931\ 175.21$,得到的粮食产量预测模型见式(9)。

$$L^{(1)}(t+1)=24005592e^{0.039624t}+23500053.11 \quad (9)$$

精度检验值 $c=0.3829$ (合格), $p=1.0000$ (合格)。

2.4 粮食单产预测模型

根据 2000—2010 年统计资料,计算得到 $a=0.037960,u=504.818466$,得到的粮食单产预测模型见式(10)。

$$D^{(1)}(t+1)=-12887.715984e^{-0.037960t}+132980.6 \quad (10)$$

精度检验值 $c=0.4156$ (合格), $p=0.7778$ (勉强)。

3 理论适宜退耕面积的确定

随着生产力和农业技术水平的不断提高,粮食单产会逐渐提高,在认为粮食产量满足粮食安全系数的要求下,认为该地区的粮食完全用来满足人们的日常需要,不考虑粮食存储等其它用途,认为影响因素不变,则多余的粮食是可以退掉的。设退耕还林草年限为 n 年($n=n-2010+1$),设第 t 年的粮食产量为 L_t ,第 t 年的人口为 R_t ,第 t 年的粮食单产为 M_t ,那么,第 t 年的粮食富裕量= $L_t \times 1000 - R_t \times M_t \times 1.45$,单位为 kg。则第 t 年的退耕面积为:

$$S_{t+1}=\frac{L_t \times 1000 - R_t \times M_t \times 1.45}{D_1 \times n} \quad (11)$$

通过公式(11),可以简单地确定 2012—2016 年的退耕还林(草)的面积(表 2)。

表 2 忻州市 2012—2016 年退耕还林(草)预测面积 hm²

年 份	2012	2013	2014	2015	2016
退耕面积	15450	14056	12052	13856	10429

4 结 论

在假设粮食完全用来满足该地区人们消费的情况下,现阶段忻州市的退耕还林(草)对当地的粮食基本需求不会产生太大的影响,在保证基本需求的条件下,认为可以适当的继续推行退耕还林草政策,由此根据灰色理论模型,预测了忻州市未来(2012—2016 年)的适宜退耕还林(草)面积。用灰色模型计算的适宜退耕还林(草)面积只是理论值,具有一定的参考价值。但灰色理论预测模型完全是从数据出发,分析某项数列段时间内的变化趋势并进行预测,因此利用灰色理论进行短时间内预测效果较好,精度较高,但是对于未来可能的政策和技术方面的变化很难有所响应。同时,黄土高原地区粮食产量的影响因素很多,本研究对未来粮食产量的预测是在现阶段各项条件不变的基础上进行的,反映了现阶段的变化趋势,并没有包括未来可能的政策或技术所带来的影响。所以,此预测结果在短时间内可以起到一定的指导作用,长时间段内的预测效果还需要修正。

- 用模式研究[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(6): 74-76.
- [34] 贾生海, 程建萍. 无纺布覆盖水平沟对土壤温湿度的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 91-94.
- [35] Sojka R E, Bjorneberg D L, Entry J A. Polyacrylamide in agriculture and environmental land management[J]. *Advances in Agronomy*, 2007, 92(4): 75-162.
- [36] Akhter J, Mahmood K, Malik K A. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea Plant [J]. *Soil and Environment*, 2004, 50(10): 463-469.
- [37] Silberbush M, Sorek S, Yakirevich A. K⁺ uptake by root systems grown in soil under salinity: I. A Mathematical model[J]. *Transport in Porous Media*, 1993, 11(2): 101-116.
- [38] Busscher W J, Novak J M, Caesar-tonthat T C. Organic matter and polyacrylamide amendment of Norfolk loamy sand [J]. *Soil and Tillage Research*, 2007, 93(1): 171-178.
- [39] Mikkelsen R L, Behel A D, Williams H M. Addition of gelforming hydrophilic polymers to nitrogen fertilizer[J]. *Fertilizer Research*, 1993, 36(1): 55-61.
- [40] 吴淑芳, 吴普特, 冯浩, 等. 高分子聚合物防治坡地土壤侵蚀模拟试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 19-22.
- [41] 冯浩. 高分子聚合物对土壤物理及坡面产流产沙特征的影响[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(1): 15-19.
- [42] 杨永辉, 武继承, 吴普特, 等. 秸秆覆盖与保水剂对土壤结构、蒸发及入渗过程的作用机制[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(5): 70-75.
- [43] 黄庆禄, 李明德, 常锋, 等. 土壤生态改良增效剂对土壤改良效果及对辣椒产质的影响[J]. 湖南农业科学, 2006(5): 64-66.
- [44] 张鹰, 郭跃刚, 芮宜群, 等. 一种土壤生物反应剂改良土壤和石英砂的效果[J]. 土壤, 2009, 41(5): 853-855.
- [45] 王珍, 冯浩, 吴普特, 等. 土壤扩蓄增容肥对春玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 114-119.
- [46] 牛花朋, 李胜荣, 申俊峰, 等. 粉煤灰与若干有机固体废弃物配施改良土壤的研究进展[J]. 地球与环境, 2006, 34(2): 27-34.
- [47] 邵玉翠, 任顺荣, 廉晓娟, 等. 有机-无机土壤改良剂对滨海盐渍土降盐防碱的效果[J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1527-1532.

(上接第 301 页)

参考文献:

- [1] 忻州市统计局. 忻州统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [2] 贺金红, 廖允成, 胡兵辉, 等. 黄土高原坡耕地退耕还林草还草的生态经济效应研究[J]. 农业现代化研究, 2006, 27(2): 110-114.
- [3] 郑纪勇. 退耕还林(草)过程中陕北粮食问题初探[J]. 生态经济: 专家论坛, 2004(9): 46-50.
- [4] 冬梅. 退耕还林草对我国宏观粮食安全影响的实证分析[J]. 中国软科学, 2006(4): 46-54.
- [5] 封志明, 张蓬涛, 宋玉. 西北地区退耕对粮食生产的可能影响[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 299-306
- [6] 高雪松, 邓良基, 凌静. 基于系统平衡的四川省耕地面积预测研究[J]. 四川农业大学学报, 2007, 25(4): 436-446.
- [7] 姚慧敏, 张锡金, 朱振林. 济南市粮食安全与耕地数量变化的相关分析[J]. 山东农业科学, 2008(1): 87-89.
- [8] 石丽丽, 谷建才, 何淑娟. 河北省退耕还林对粮食生产的影响[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(3): 104-107.
- [9] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [10] 张圣勤. MATLAB 7.0 实用教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [11] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.