

草地退化系统预测与畜种结构调整分析^{*}

——以西藏聂荣县为例

方一平 刘淑珍 周 麟 张建平

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

提 要 利用灰色关联方法对聂荣县草地发展的相关因子进行了系统关联分析, 得出由牧业人口和载畜量为主的人为因素是影响该县草地退化、沙化的最强因子; 利用灰色系统预测方法对草地退化与强关联因素进行 10 年期的中期预测, 并对牧业人口与牲畜结构进行了方案优化与比较。

关键词 草地—畜牧业系统 草地退化 关联分析 灰色预测 畜种结构调整
分类号 《中国法》K901 **文献标识码** A

聂荣县地处西藏北部, 唐古拉山南麓, 隶属那曲地区, 南与那曲县相邻, 西按安多县, 北与青海省接壤, 东联比如和巴青两县。平均海拔 4 700 m, 冬长无夏, 年降水量 400 mm, 全县总人口 2.58 万, 面积 14 540 km², 其中可利用草场 120×10⁴ ha, 牧草地在已利用土地的结构中占 86%, 牧业产值占农业总产值的 97% 以上^[1], 是西藏自治区 14 个纯牧业县之一。由于自然条件恶劣, 草地超载过牧, 加之其它人为因素的影响, 其草地退化面积的比重达 45.89^[1], 在那曲地区十县中列首位, 为此, 对该县草地退化的动态变化与畜种结构分析与研究显得十分迫切和需要。

1 分析方法与框架

为便于分析, 在现有可利用数据资源的条件下, 将影响草地畜牧业发展的主要因子归结为: 自然因子: 降水量、气温; 社会因素: 人口、劳动力; 经济总量因子: 牧业产值、牧业投入、牧业收入、牲畜存栏数、牲畜出栏数、畜产品产量; 效率因子: 单位牲畜占有草地面积; 人均占有草地面积; 牲畜出栏率、单位劳力牧业产值、人均畜产品产量、人均牧业收入, 由于投入产出变量数据难以获取, 因此, 技术进步因素的量化未引入该项分析。根据该县 1983~1995 年各指标的历史数据^[2]进行灰色关联分析。

依据灰色关联度, 优选影响草地退化的强因子, 建立有 n 个变量组成的草地退化灰色系统预测模型^[3], 即 GM(1, n) 模型, 其一阶微分方程: $(dx_1/dt) + ax_1 = b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n$, 式中 a 反映主要因素和各因素之间协调程度, b_i 反映系统各因素与主因素之间的动态关联程度, x_1 为草地退化的因变量, x_2, x_3, x_n 为影响 x_1 的自变量, 写成矩阵形式: $Y = XB$, 运最小二乘法可导出: $B = (X^TX)^{-1}(X^TY)$, 其中 B 为参数 a, b_2, b_3, \dots, b_n ; X 为自变量 x_2, \dots, x_n 矩阵, Y 为因变量矩阵, X^T 为 X 的转置矩阵。则草地退化微分方程通解

$$x_1^{(1)}(t+1) = [x_0^{(0)}(1) - \frac{1}{a} \sum_{i=2}^n b_i x_i^{(1)}(t+1)e^{-at}] + \frac{1}{a} \sum_{i=2}^n b_i x_i^{(1)}(t+1)$$

^{*} 本文资料得到西藏自治区计委、气象局、牧管局和那曲地区畜牧局的通力支持, 在此特表感谢。

1) 数据来源于 1996 年实地调查和卫星遥感资料; 2) 聂荣县统计局内部资料。

收稿日期: 1998—09—22; 改稿日期: 1998—11—01。

式中 t 为时间变量(以年为运算单位), 作后验差检验:

后验差比值 $C = Se / S_x$ (Se^2 为残差方差, S_x 为数据方差);

小误差频率 $P = P[|e^{(0)}(t) - \bar{e}| < 0.6744 S_x]$

由 $GM(1, n)$ 模型, 进行草地退化的系统预测, 并以此为依据进行畜种结构相应调整和方案比较。

2 草地退化预测模型

2.1 以 1983 年为数据列起始年限建立的预测模型(上限模型)

根据各因素与草地退化之间的关联程度分析, 草地退化(y) 主要与区域牧业人口, 从事畜牧业劳动力, 年末单位草地面积牛存栏数和单位草地面积马存栏数有较高的相关性, 以此建立 $GM(1, 5)$ 模型, 以 x_3 代表牧业人口(人), x_4 代表劳动力(人), x_5 代表单位草地面积牛存栏(头), x_7 代表单位草地面积马存栏数(匹), 则草地退化的微分方程为

$$dy/dt + 1.231934y = 17.53125x_3 - 11.8125x_4 - 1.589844x_5 + 51.625x_7$$

时间响应函数为

$$y(t+1) = (24.944 - 14.23068x_3 + 9.588585x_4 + 1.290527x_5 - 41.90567x_7)e^{-1.231934t} + 14.23068x_3 - 9.588585x_4 - 1.290527x_5 + 41.90567x_7$$

根据该模型草地退化的原始值(历史数据)进行模拟, 经检验, 相对误差较低, 最大误差值 3.519%, $C = 0.143$, $P = 1$, 根据 $P > 0.95$ 和 $C < 0.35$ 的标准, 本模型精度高, 可靠性强。

2.2 数据列向前平滑一年后建立的预测模型(中限模型)

根据相关程度分析表, 草地退化(y) 与牧业人口(x_3), 从事畜牧业劳动力(x_4), 年末单位草地面积牛存栏数(x_5)和年末单位草地面积马存栏数(x_7) 关联程度最高, 以此建立 $GM(1, 5)$ 模型, 则草地退化的微分方程为

$$dy/dt + 1.268555y = 10x_3 + 3x_4 - 0.2421875x_5 + 27.25x_7$$

时间响应函数

$$y(t+1) = (27.126 - 7.88298x_3 - 2.364896x_4 + 0.1909161x_5 - 21.48114x_7)e^{-1.268555t} + 7.882987x_3 + 2.364896x_4 - 0.1909161x_5 + 21.48114x_7$$

对建立的该草地退化预测模型进行精度检验, 相对误差值小, 最大的误差 2.85%, $C = 0.131$, $P = 1$, 本预测模型精度等级可评判为一级。

2.3 原始数据列向前平滑二年后建立的预测模型(下限模型)

同理依据因素间的关联程度, 数据平滑后, 草地退化(y) 与区域牧业人口(x_3) 劳动力(x_4) 和年末单位草地面积牛存栏数(x_5) 关联程度高, 为建立 $GM(1, 4)$, 其微分方程为

$$dy/dt + 1.387817y = 1.669922x_3 + 19.875x_4 - 1.381836x_5$$

时间响应函数

$$y(t+1) = (29.499 - 1.203272x_3 - 14.32105x_4 + 0.9956901x_5)e^{-1.387817t} + 1.203272x_3 + 14.32105x_4 - 0.996901x_5$$

同理可以判断, 该模型精度等级为一级。

3 草地退化的系统预测

对于一个系统来说, 各组成要素之间存在着各种形式的联系, 孤立地对上某个变量进行预测是没有意

义的, 正确的办法是建立一系列的微分方程组, 每方程组可以用 $GM(1, n)$ 模型表示。这样做就可以把各变量之间的关系定量地加以描述, 反映系统的整体性、有机性。另一方面, 运用预测模型预测的时间越近, 精度越高; 相反, 精度也愈低, 为此根据聂荣县历史数据实际条件, 我们只能对草地退化作中短期预测, 即以 1996~2005 年作为预测的时间段, 并把这一段时间的预测称为中期预测。

表 1 中期预测结果表 Table 1 The results of mid-term system forecast based on model 1. 2. 3

预测模型	预测指标	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
草地退化上限模型	草地退化面积(万公顷)	40.51	41.52	42.55	43.60	44.69	45.80	46.93	48.10	49.29	50.51
	牧业人口(万人)	2.64	2.71	2.77	2.83	2.90	2.97	3.04	3.11	3.18	3.26
	从事牧业劳动力(万人)	0.99	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04
	年末牛存栏数(万头)	19.47	19.59	19.71	19.83	19.95	20.07	20.19	20.32	20.44	20.57
	年末马存栏数(万匹)	0.827	0.825	0.822	0.820	0.817	0.815	0.812	0.810	0.807	0.805
草地退化中限模型	草地退化面积(万公顷)	39.82	40.63	41.46	42.30	43.16	44.04	44.94	45.585	46.79	47.74
	牧业人口(万人)	2.65	2.71	2.77	2.84	2.90	2.97	3.04	3.12	3.19	3.26
	从事牧业劳动力(万人)	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
	年末牛存栏数(万头)	19.33	19.41	19.49	19.58	19.69	19.75	19.84	19.93	20.01	20.10
	年末马存栏数(万匹)	0.814	0.808	0.803	0.798	0.792	0.787	0.782	0.777	0.772	0.766
草地退化下限模型	草地退化面积(万公顷)	39.19	39.81	40.46	41.12	41.78	42.45	43.13	43.83	44.53	45.25
	牧业人口(万人)	2.65	2.71	2.77	2.84	2.90	2.97	3.04	3.12	3.19	3.26
	从事牧业劳动力(万人)	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01
	年末牛存栏数(万头)	19.238	19.413	19.499	19.585	19.672	19.759	19.846	19.934	20.022	20.111
草地退化综合预测值(平均值)	草地退化面积	39.84	40.16	41.49	42.34	43.21	44.10	45.00	45.93	46.87	47.83
	牧业人口(万人)	2.65	2.71	2.77	2.84	2.91	2.97	3.04	3.11	3.19	3.26
	牧业劳动力(万人)	0.98	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02
	年末牛存栏数(万头)	19.37	19.47	19.57	19.66	19.76	19.86	19.96	20.06	20.16	20.26
	年末马存栏数(万匹)	0.821	0.817	0.813	0.809	0.805	0.801	0.797	0.794	0.790	0.786

据表 1, 以上限模型为依据的草地退化预测结果为: 草地退化面积, 1995~2000 年 5 年间退化面积增长 17%, 1995~2005 年退化面积增长 32%, 十年间平均每年退化面积增长速度为 2.8%; 牛的存栏数呈下降趋势, 这是由聂荣县自然条件和人们对畜产品尤其是对酥油需要所决定的, 该区以高寒草甸和高山灌丛草甸为主、气候寒冷湿润, 适宜发展牦牛和绵羊, 马作为役用其作用已降低, 故而表现牛数量上升特别是牦牛饲养量的增加和马饲养量的压低^[3], 当然为提高饲养报酬和效益, 提高综合抗灾能力, 羊的发展应保持适当比例。牛的存栏数 1996 年为 19.468 万头, 2000 年预测结果为 19.949 万头, 2005 年达到 20.658 万头, 平均每年增长 0.6%, 年末马存栏量平均每年减少 0.3%(1996~2005 年)。

以中限模型预测的草地退化面积, 1995~2000 年退化面积增长 13%, 1995~2005 年, 草地退化面积增长 25%, 十年间平均增长速度为 2.2%, 牛的存栏数由 1996 年的 19.305 万头上升 2005 年的 20.1 万头, 平均每年增长 0.4%, 年末马存栏数由 1996 年的 0.814 万匹减少至 2005 年的 0.766 万匹, 平均每年减少 0.67%。

以下限模型进行的草地退化预测结果是: 2000 年草地退化面积是 1995 年的 1.09 倍, 1995~2005 年草地退化面积增长 18%, 十年间平均每年增长速度为 1.7%, 年末牛存栏数由 1996 年 19.328 万头增长到 2000 年的 19.672 万头, 至 2005 年的 20.111 万头, 平均每年增长 0.44%。

年末羊的存栏数呈下降趋势, 由 1996 年的 35.28 万只减少至 2005 年的 32.63 万只, 平均每年下降 0.86%, 但出栏率呈明显的增长趋势, 由 1996 年的 17.41% 增长到 2005 年 19.28%, 牛的出栏率也由 1996 年的 8.39% 增长到 2005 年的 8.67%, 畜牧业产值, 劳动生产率和畜产品产量都呈明显较快的速度增长, 其他相关指标也作相应的预测, 不过, 气温和降水量预测的具体数据准确性与否并无很大实际意义, 但一点是肯定的, 那就是随着环境退化的日益严重, 年降水量将逐年减少, 年均气温将逐年升高^[4]。

4 草地退化控制与畜种结构调整方案

由前面草地退化的预测分析可以看出,在 2000 年草地退化面积将达到 43.2 万 ha 到 2005 年将达到 47.85 万 ha,虽然影响草地退化的因素很多,自然因素难以控制,但是从影响草地退化关联性看,东部地主要还是人为因素占主导地位,人为因素可以适度调控,尤其是人口及牲畜存栏因子都具有一定弹性,因此这部分因素完全可以进行调整和优化使草地退化速度降低最低限度,基于此,我们只考虑牧业人口、牛存栏数、马存栏数和羊存栏数四要素,并将这些因素与草地退化面积建立线性关系,利用 1983 年至 1995 年 13 年聂荣县的历史数据,通过计算机运行,获得草地退化面积(y)与牧业人口(x₁),年末牛存栏数(x₂),年末羊存栏数(x₃),年末马存栏数(x₄)之间的线性回归方程

$$y = 14.087x_1 - 0.383x_2 - 0.738x_3 + 44.132x_4$$
$$4x_2 + x_3 + 6x_4 \leq 52.19 \text{ 万绵羊单位(牛、羊、马全部折算为成畜予以考虑)(载畜量约束)}$$
$$x_1 \geq 2.58 \quad (\text{人口约束})$$
$$x_i \geq 0 \quad i = 2, 3, 4$$

要使草地退化面积保持在目前的水平(40 万公顷左右),则可获得以下三个方案(表 2)。

方案 I 表明:要使草地退化面积控制在 39.80 万 ha,则人口必须控制在 2.6 万人以内,牛存栏只能保持 44 万绵羊单位,羊存栏数只保持在 8 万个绵羊单位,马存栏在 1.8 万个绵羊单位。方案 II 表明,要使草地退化面积控制在 41.14 万 ha,则人口必须控制在 2.6 万人以内,牛存栏数、着存栏数、马存栏数只能控制在 40 万、12.2 万和 2.4 万个绵羊单位范围。

同样方案 III 表明:若使草地退化面积保持在 42.80 万 ha,则人口必须控制在 2.6 万范围内,牛羊、马存栏数分别控制在 36 万、16.5 万和 3 万绵羊单位。

表 2 畜种结构调整方案
Table 2 Three schemes in optimum structure according to linear programme function

项目	牧业人口 (万人)	牛存栏 (万绵羊单位)	马存栏 (万绵羊单位)	羊存栏 (万绵羊单位)	退化面积 (万公顷)
方案 I	2.6	44	1.8	8	39.80
方案 II	2.6	40	2.4	12.2	41.14
方案 III	2.6	36	3.0	16.5	42.80

因此从畜种的结构优化方案看,目前实际载畜量远远高于理论值,若使目前牲畜存栏要达到优化理论值非常困难,目前年末牛存栏数为 18.8 万头,平均按 1.4 折算已达到 75.2 万绵羊单位,同样,目前年末羊的存栏数已达 35.5 万只,平均按 1:0.8 折算,已达 28.4 万绵羊单位,年末马存栏也是如此,平均按 1:5 折算已达 4 万绵羊单位。按优化值,各类牲畜存栏数近要降低一半,其难度是显而易见的,因此,为了让草地退化面积尽量保持在现有水平,一方面要控制牲畜存栏,提高牲畜出栏率,加快出栏速度,提高商品率,另一方面要适度控制牧区人口的增长^[5~6],该区生态环境脆弱,土地承载能力有限,与此同时,需要科学开发、开展人工种草,草地补播,科学利用草地资源,科学规划、合理安排轮牧制度^[7],增加资金投入,并积极推动畜牧业向多元化产业化方向发展,为劳动力有效转移提供基础,只有多途径、多渠道的有机结合,才能有效防治草地退化,才能使畜牧业走上良性循环的道路。

参 考 文 献

[1] 西藏自治区统计局. 西藏统计年鉴. 北京, 中国统计出版社, 1995

[2] 严智渊, 戴玉生编. 灰色系统预测与应用. 南京, 江苏科学技术出版, 1989

[3] 苏大学, 薛世明主编. 西藏自治区草地资源. 北京, 科学出版社, 1994, 376

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

- [4] 刘淑珍, 周麟等著. 西藏自治区那曲地区草地退化沙化研究. 拉萨, 西藏人民出版社, 1999, 120
- [5] Su Daxue, Methods of raising of raising the production level of grassland in the (ICIMOD) Sep, 1990 Kathmandu, Nepal high-frigid pastoral areas, International Center for Integrated Mountain Development
- [6] 苏大学, 薛世明主编. 西藏自治区草地资源. 北京, 科学出版社, 1994, 405.
- [7] 西藏那曲地区农牧局, 西藏那曲地区土地资源. 北京, 中国农业科技出版社, 1991, 252 ~ 253

第一作者简介 见《山地学报》(原《山地研究》), 1999, 17 (2)。

ON SYSTEM FORECAST OF GRASSLAND DETERIORATION AND LIVESTOCK STRUCTURAL ADJUSTMENT IN NIE RONG COUNTY OF TIBET AUTONOMOUS REGION

FANG Yi-ping LIU Shu-zhen ZHOU Lin ZHANG Jian-ping

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences,
& Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041*)

Abstract This paper analyses related factors which influence on grassland development in the light of grey related methods, it draws out the conclusion that population and livestock total contribute mainly to grassland deterioration in Nie Rong County, at the same time, the paper sets about the mid-term (1996 ~ 2000) forecast of grassland deterioration and related factors by grey system forecast approaches: (1) The forecast conclusion based on upper limited model: the deterioration areas of grassland will increase by 17 percent from 1995 to 2000, the areas of deterioration will go up by 13 percent compared to 25 percent from 1995 to 2005, the average growth rate of grassland deterioration is 2.2 percent a year in decade, the total of cattle will raise by 0.4 percent while the total of horse decrease by 0.67 percent a year; (3) the forecast results based on lower limited model: the areas of grassland deterioration will raise 18 percent from 1995 to 2005, the average growth rate is 1.7 percent. At last, the schemes of adjustment in livestock structure are put forth, which cover three schemes: schemes I, the total of livestock is 0.538 million sheep units if the area of grassland deterioration is not beyond 0.398 million hectares, in schemes II and schemes III the total of livestock are 0.546 and 0.555 million sheep units while the area of grassland deterioration are not beyond 0.411 million hectares and 0.428 million hectares. On the other hand, the author thinks that the key to reduce the area of grassland deterioration is to prevent population and the total of livestock from increasing and overdeveloping in grassland resource.

Key words Grassland animal husbandry system, grassland deterioration, related degree analysis, grey forecast, livestock structural adjustment.