

# 运用模糊数学理论进行土地生产力分析

李长智 赵明 严鹏 袁磊业

(青海省水土保持局 西宁市 810001)

**摘要** 本文运用模糊数学理论建立模糊回归动态模型,对青海省东部农业区土地生产潜力进行预测,并找出限制土地生产力的主要因素及采取的相应对策。

**关键词** 土地生产力 模型 预测 适宜度

## Analysis of land productive by useing the fuzzy Theory

*Li Changzhi Zhao Ming Yan Peng Yuan Leiye*

*(Bareau of Soil and Water Conservation in Qinghai Province Xining City 810001)*

**Abstract** By useing the fuzzy theory ,the dynamic model of the fuzzy regression was made,the potential of land productive was forecasted and the main factoers and the appropriate counter measures of limiting land productive were found out in agricultural region in east of Qinghai province in this paper.

**Key words** land productive model forecast appropate degree

粮食供给和人口增长之间的矛盾是人类最突出的问题。因此通过各种方法改善土地资源的利用情况,不断提高土地生产力,是解决这一矛盾的根本途径。影响土地生产力的因素很多,存在着不确定因素,尤其是无法取得量化指标,造成对土地生产力量化分析的局限性。为了系统考虑影响土地生产力的各种因素,并能进行量化分析,本文动用模糊数学理论建立适当的模型,对土地生产力进行分析、预测,找出限制土地生产力的主要因素,及提高土地生产力应采取的相应对策,为发展农业生产提供科学依据。

## 1 土地生产进程分析

为了提高土地生产力,就必须对土地生产过程及土地生产力有一个比较全面的了解,才能找出影响土地生产力的诸因素,对土地生产力进行分析、预测。土地生产力过程是一个错综复杂的自然、经济运动过程,它是由生态、技术、经济诸系统组成的复合体系在土地这一空间位置上所经历的时间上的延续。

土地(作物)生产力,是指在土地因素、人类活动与投入的综合作用下,作物的产量,及能提高到

什么程度(即耕地生产潜力有多大)。土地是由土壤、气候、地貌、水文等因素组成的自然、历史综合性。它是自然的产物,但又包括人类过去和现在生产劳动结果。构成土地生产力的两个条件,一方面由于因素组合的差别,产生了对作物的不同适宜性和限制性;另一方面是社会生产力对土地限制条件的克服和改造情况。这两种条件的共同作用,构成了土地生产过程,不同的结果即土地生产力水平的差异。

### 1.1 土地生产过程因素分析

影响土地生产过程的一个重要方面是各种因素的种类及组合方式。影响耕地生产力主要是自然、经济、技术、管理四大要素,而各大要素又由诸多的因子构成。把四大要素及诸因子相应关系整理成图(图1),从图看出,四大要素与诸因子构成了3个层次,第1层次因素是可以定量化表示,其它两个层次则不可以直接以数值反映。

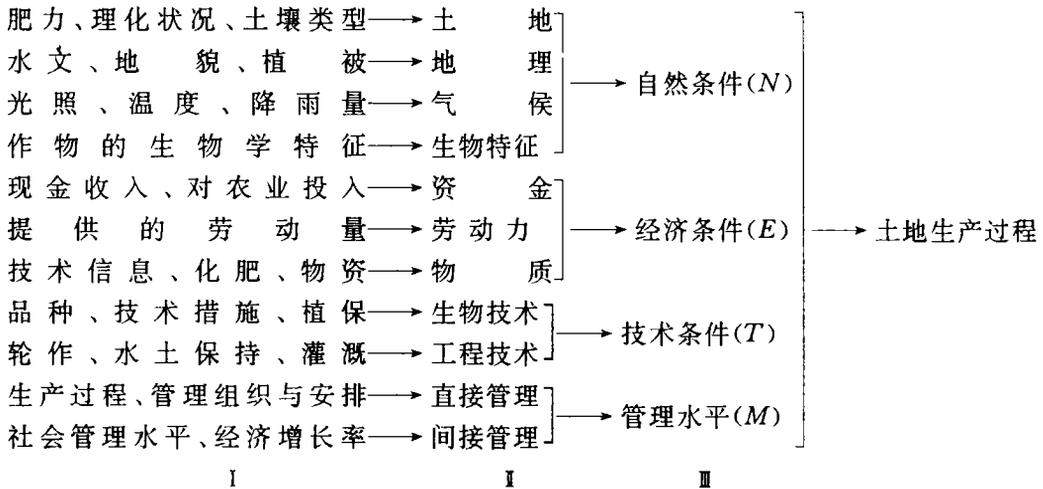


图1 土地生产过程因素框图

### 1.2 土地生产过程的特征

1.2.1 土地生产力的变化性 由于自然条件和人为因素都随时间而发生变化,因此土地生产力是动态变化和不断提高的。

1.2.2 最小因素制约性 土地生产过程中,各因素是以相互联系相互制约的统一体发生作用。由于生物生产的特殊规律性,土地生产力受最小因素的制约。

1.2.3 具有连续性 土地生产过程从生物生长期看,是一个稳定和连续的生物生长过程。

1.2.4 报酬递增性 人类活动和自然因素的结合,在生产中的投入会在一定技术水平下对土地生产力产生连续增长作用,但在一定时间内具有一定的最高限度。

## 2 土地生产力模型的设计方法

从以上分析看出,土地各因素的相互作用、相互配合及其对土地生产力的影响是一个十分复杂的问题,其中又存在很多不确定因素。为此,本文采用模糊论在生态系统中应用的研究成果,对土地生产力进行分析。

### 2.1 土地生产力过程表示方法

我们把土地系统对生物生产系统的适宜度及时间变化定义为土地生产力过程,作为对土地生产过程的量度指标和评价标准。定义它是一个值域在 $[0, 1]$ 上的模糊集合,用 $S_Y(t)$ 表法。取 $S_N(t)$ 、

$S_E(t), S_T(t), S_M(t)$  分别代表土地生产过程中自然、经济、技术、管理对土地生产力的适宜过程, 它们是  $S_Y(t)$  的子集。即:

$$S_Y(t) = \{S_N(t), S_E(t), S_T(t), S_M(t)\}$$

从前面分析中知道, 影响土地生产过程的因素, 分为3个层次。因此, 第3层次是第2层次因素构成, 而第2层次又由第1层因素的模糊集合(量化数值)构成。

如在自然条件因素中, 用  $S_{N1}(t), S_{N2}(t), S_{N3}(t), S_{N4}(t)$  分别代表土壤、地理环境、气候和生物特性四个次级因素的适宜度过程, 由自然因素的适宜度过程可表示为:

$$S_N(t) = \{S_{N1}(t), S_{N2}(t), S_{N3}(t), S_{N4}(t)\}$$

即因素作用构成的第2层次。

同理, 气候适宜度过程又可看作是气温( $T^\circ\text{C}$ ), 相对湿度( $R\%$ ), 和日照( $IH/t$ )共同作用的结果则气候适宜度过程表示为:

$$S_{N3}(t) = \{S_T(t), S_R(t), S_I(t)\}$$

上式是由基本的因素构成的第1层次。这些因素的数值是可以取得的。因此它们的适宜度, 我们可以用作物的产量对因素的适宜程度计算成值域为  $[0, 1]$  的模糊子集。只有在这一级水平上, 方能用实际资料计算各因素的适宜度过程, 然后逐级上推。

## 2.2 土地生产力模型计算方法

### 2.2.1 资源模型

$$S_{Y1}(t) = 1/4 \{S_{1N}(t) + S_{1E}(t) + S_{1T}(t) + S_{1M}(t)\}$$

这是一个动态模型, 它是四大要素的组合对作物生长提供的最大综合土地生产潜力适宜度。建模框图如下(图2)

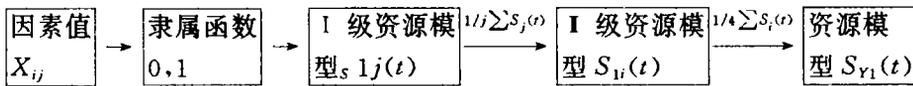


图2 资源模型建立框图

### 2.2.2 能效模型

$$S_{Y2}(t) = S_{2N}(t) \wedge S_{2E}(t) \wedge S_{2T}(t) \wedge S_{2M}(t)$$

这一模型(见图3)是四大条件因素的匹配程度对土地生产力的影响受最小法则制约, 反映的是现实土地生产力。

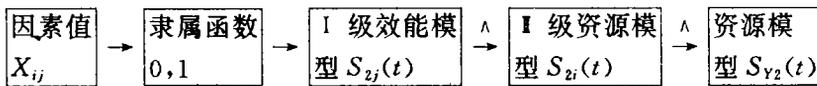


图3 能效模型建立框图

图中,  $X_{ij}$  表示各类因素的实际数值;  $j$  表示第1层次因素;  $i$  表示4大条件。

### 2.2.3 土地生产力指数

#### A. 资源指数

$$C_r = \int_0^t S_{Y1}(t) dt$$

$C_r$  代表土地的潜在生产力, 反映了土地生产力的潜在能力。  $C_r$  值越大, 潜力越大。

#### B. 能效指数

$$C_e = \int_0^t S_{Y2}(t) dt$$

$C_e$  反映的是各因素对土地的匹配水平, 它直接反映了土地在现实条件下的生产力。;  $C_e$  值越

大,生产力水平越高。

### C. 利用系数

$$K = C_r / C_r \times 100\%$$

它随时间发生变化(反映的是在现实条件下的利用率)。K 代表土地生产潜力利用率。

#### 2.2.4 土地生产力建模程序

用粮食作物的实际土地生产力单产,对模型加以控制、调整,选择最有效的模型来作为应用基础。程序框图(图4)如下:

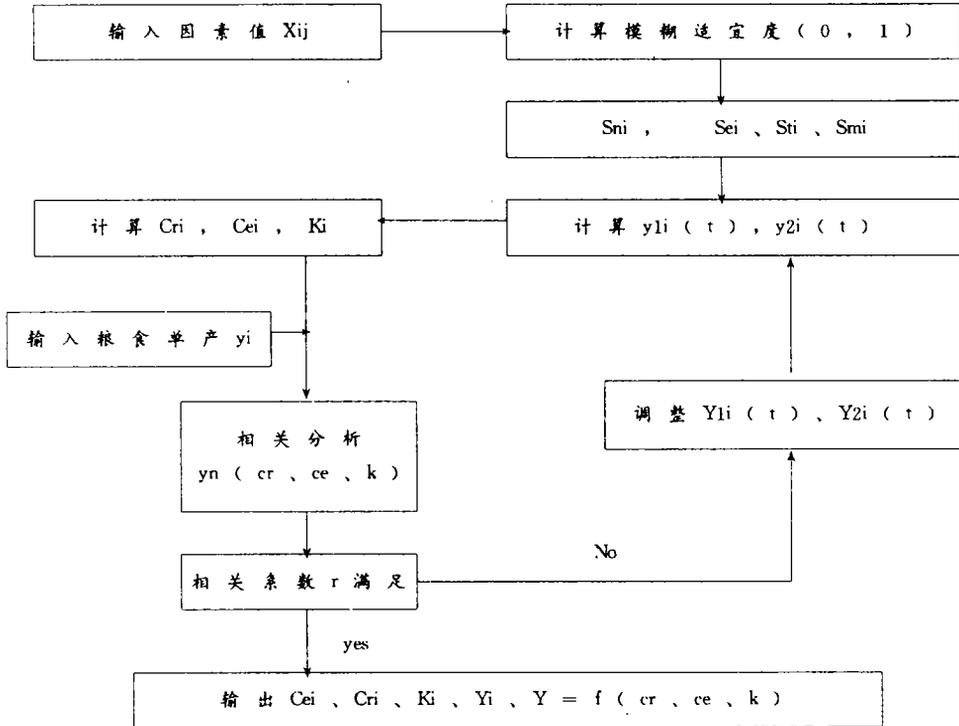


图4 程序框图

## 3 土地生产力模型

### 3.1 影响地力因素选取

根据影响土地生产过程的4大条件,结合青海省东部农业区旱作农业生产的主要特点,选定4大条件为自然条件、经济条件、技术条件、管理水平。考虑能够反映本区特点和取值的准确性、方便性、可行性,共选用25个一级因素,其中自然条件9个,经济条件5处,技术条件6个,管理水平5个。

3.1.1 自然条件 包括有机质,小于15°坡级,降雨量,大于10℃积温,年均温、干燥度、无霜期,日照、辐射量。

3.1.2 经济条件 包括每亩耕地产出效益,工副业收入,劳动力,单产及林地面积。

3.1.3 技术条件 有播种率,梯田占农地的比值,植被率、水土流失率、土地利用及乡(镇)与经济区的距离。

3.1.4 管理水平 粮食及经济增长率,投入产出比,人均耕地、人口密度。

### 3.2 青海东部区土地生产力模型建立

通过对东部农业区42个乡的资料选取(每个乡取25个数值),共取得1 050个基本数据,进行作物与因素模糊适宜度计算。应用前述建模方法,计算出126个共42组  $C_r$ 、 $C_e$ 、 $K$  值,上计算机作与单产的多元线回归运算,得出本地区土地生产力模糊回归动态模型:

$$Y = 0.284 - 0.176C_r - 0.91C_e + 305.87K \quad R = 0.846$$

式中, $Y$ ——土地生产力,kg/亩; $C_r$ ——资源指数; $C_e$ ——效能指数; $K$ ——利用系数。

复相关系数检验:由数理统计复相关系数检验表查得,在  $P=0.999$  的可靠性下,  $R=0.846 > r$  ( $f=40 \quad \alpha=0.001$ ) = 0.489 6,即复相关系数极显著。说明该回归方程预测精度较高。式中, $f$ ——样本指数; $R$ ——复相关系数。

把计算得出本区的  $C_r=0.831$ ,  $C_e=0.49$ ,  $K=0.589 7$  代入预测方程,得出土地生产力 181kg/亩,本区实际粮食作物平均单产187.25kg/亩,与预测值相近。

### 3.3 东部农业区土地生产力预测及分析

本区综合生产潜力适宜度达到0.831,而土地的现实生产力适宜度仅为0.49,资源利用率为58.97%,土地现实生产力尚属中等水平,土地生产潜力与土地现实生产力还有0.341的差值,尚有41.03%的土地生产潜力未得到开发利用。在此基础上,通过流域综合治理与科学种田,增加农业投入,调整种植业结构等措施,本区  $C_r$ 、 $C_e$ 、 $K$  将提高到0.947、0.85、0.897 6,土地生产力可达到275.44kg/亩,土地生产利用率达到87.76%。

### 3.4 东部区主要限制土地生产力因素分析

本区各因素的适宜度,见表1。从表中看出,自然条件整体上得到较合理的利用,同时自然条件不是人为能够改变的,能改变个别因素,即提高施肥量和增加对降水量的拦蓄能力。经济条件因素平均适宜度(0.731)较低,说明对农业生产的投入明显不足,因此应调整产业结构,发展工副业,增加现金收入。

技术条件因素间差值较大,水平不均。水土流失严重,基本农田数量低,播种率不高,种植业布局不合理。因此要加快农田基本建设和小流域综合治理,调整作物布局,提高复种率,科技兴农。管理水平因素由于地理位置和地貌的差异,形成管理水平的不同,要有针对性的精耕细作,发展技术培训,推广、普及农业科技成果。

表1 东部农业区因素适宜度表

条 件	有机质 含量(%)	坡 度 ( $\leq 25^\circ$ )	降雨量 (mm)	积 温 ( $\geq 10^\circ$ )	平均温度 ( $^\circ\text{C}$ )	干燥度	无霜期 (d)	日照 (h)	辐射量 ( $\text{kJ}/\text{cm}_2$ )
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
自然条件 N	0.729	0.839	0.877	0.894	0.781	0.947	0.916	0.993	4.06
经济条件 E	亩收入 (元)	副业收入 (元)	劳动力 (人/ $\text{km}^2$ )	单产 (kg/亩)	林地 (亩)				
	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$				
	0.755	9.674	0.677	0.846	0.701				
技术条件 T	粮播面积 (%)	梯田 (%)	植被度 (%)	水土流失 率(%)	土地利用 率(%)	距 离 (km)			
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$			
	0.914	0.578	0.879	0.759	0.914	0.905			
管理水平 M	粮增率 (%)	净增率 (%)	产出比	人口密度 (人/ $\text{km}^2$ )	人均耕地 (亩)				
	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$				
	0.82	0.909	0.94	0.929	0.822				

### 3.5 现实及潜在生产力分析

将四大条件的资源指数和效能指数列表(表2),从表可知,自然、经济、技术、管理水平的资源指数( $C_r$ )及效能指数( $C_e$ )大小顺序是:管理>自然>技术>经济条件,即技术条件和经济条件因素是限制东部农业区土地生产力的主要因素。因此采取相应对策,能使土地生产力在较短期内有较大提高。

表2 资源指数和效能指数表

自然条件		经济条件		技术条件		管理水平	
$C_r$	$C_e$	$C_r$	$C_e$	$C_r$	$C_e$	$C_r$	$C_e$
0.883	0.6	0.731	0.49	0.825	0.52	0.884	0.67

#### 参考文献

- 1 李发荣. 土地生产力系统分析的方法与应用. 农村生态环境, 1987年第4期
- 2 汪培庄. 模糊集合论及其应用. 上海科技出版社, 1983年
- 3 袁嘉祖. 模糊数学及其在林业中的应用. 西北林学院, 1986

(上接第84页)

## 5 结语

水土流失造成了生态环境的破坏,从而使小流域经济的可持续发展受到了严重威胁。水土流失区的生态脆弱,生态灾害表现各异,其生态经济系统处于封闭、落后的状态。要改变这一形势,只有以小流域的综合治理对其恶化的系统进行调控,即以控制水土流失为基点,建立良好的生态环境,在此基础上,进行小流域内的经济开发。只有以经济效益为中心,系统的优化调控才有动力,通过小流域综合治理改善了生态环境,治理成果才能得以巩固。而小流域的生态经济系统的优化调控应以发展立体大农业为主。

#### 参考文献

- 1 李怀甫. 小流域治理理论与方法. 水利电力出版社, 1989
- 2 孙立达等. 小流域综合治理理论与实践. 中国科学技术出版社, 1992
- 3 吴长文. 小流域综合治理评价指标体系探讨. 水土保持科学发展论文集, 中国林业出版社, 1993
- 4 卢宗凡等. 水土保持型生态农业发展阶段的探讨, 黄土沟壑区水土保持型生态农业研究(上), 天则出版社, 1990
- 5 李中魁. 小流域治理的哲学思考. 水土保持通报, 1994. 1