

基于博弈论的农户土地利用行为研究

——以陕西省米脂县孟岔村为例

高海东¹, 陈海^{1,2}, 郝静¹, 王涛¹

(1. 西北大学城市与资源学系, 陕西 西安 710069; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以米脂县孟岔村为研究对象, 通过设计农户问卷, 将研究区农户划分为种粮农户、打工农户、种果农户、种粮兼顾打工农户等四大类, 并利用 GIS、GPS 技术将土地利用的空间信息和农户微观主体的社会经济行为与特征联系起来。随后使用完全信息静态博弈, 建立了不同类型农户的两两博弈关系模型, 通过模型分析得出: (1) 农户以自身利益最大化为决策目标, 并考虑了其他农户的决策行为对其产生的影响, 孟岔村最终形成了“少数农户承包旱地经营果园, 部分农户承包水浇地, 部分农户完全脱离土地外出打工, 大部分农户农忙时种粮和农闲时打工”的土地利用和家庭经营模式; (2) 上述土地利用模式使研究区域土壤侵蚀量有了明显的降低并有效地增加了农户的收入。

关键词: 土地利用变化; 完全信息静态博弈; 农户; 孟岔村
中图分类号: F301 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0245-06

关于土地利用变化驱动力的研究, 概括而言主要有自然和社会经济驱动以及宏观和微观尺度之分^[1~4]。由于从国家或区域尺度分析土地利用变化的驱动力往往缺乏过程和人文行为的细致解析^[5,6], 因此, 近年来基于微观尺度的土地利用主体决策行为对土地利用变化的影响越来越受到重视^[7,8], 并逐渐成为土地利用/覆被变化(LUCC)研究者关注的焦点^[9,10]。

黄土高原当前的自然环境是长期历史演变的结果, 同时近几十年的人类活动加剧了该地区环境恶化的程度^[11,12]。本研究选择陕北典型黄土丘陵沟壑区米脂县孟岔村为研究对象, 基于地理学和经济学的研究视角, 从农户尺度研究该区域的土地利用变化, 分析土地利用变化的原因及其带来的生态、经济效应, 期望对于制定合理的土地利用政策能有参考意义。

1 研究区概况

米脂县孟岔村位于东经 110°6′00″~110°9′30″, 北纬 37°45′50″~37°47′30″之间, 距米脂县城约 5 km。地貌可分为东部无定河川道地带和西部黄土丘陵沟壑区两个单元。气候属中温带半干旱性气候区, 年平均气温 8.5℃, 无霜期 162 d, 平均降雨量 451.6 mm, 主要集中在夏季。主要的土壤类型为黄棉土, 受气候和人类活动影响, 植被覆盖度较低。该村土

地总面积 363 hm², 耕地 179 hm², 其中水浇地 40 hm², 旱地 139 hm²。水浇地主要分布在东部无定河川道地带, 旱地由梯旱地和坡旱地组成, 梯旱地为 64 hm², 坡旱地为 75 hm²; 较陡地带为牧草地, 面积为 132 hm²。截至 2007 年底, 全村总人口 824 人, 共 162 户, 其中劳动力人口约 350 人。

孟岔村自 1999 年实施退耕还林后, 该村农户积极参与, 出现了少数农户承包旱地, 规模化种植红枣的土地利用方式, 土地利用发生较大变化。并被评为退耕还林示范村, 选择该区域作为研究对象, 对于在实践中持续推进退耕还林工程, 合理利用土地资源具有重要的指导意义。

2 研究方法 with 数据

2.1 研究方法

博弈论是用于研究决策主体相互作用的强有力的工具^[13], 研究决策主体在给定信息结构下如何决策以最大化自己的效用, 以及不同决策主体之间决策的均衡问题。博弈论由 3 个基本要素组成: 决策主体、给定的信息结构和效用, 三者构成了一个基本的博弈。

依照决策主体的行动顺序和决策主体对有关其他参与人的特征、战略空间及支付函数的知识, 博弈论可分为完全信息静态博弈、完全信息动态博弈、不完全信息静态博弈和不完全信息动态博弈。本文使

收稿日期: 2009-02-20
基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973, G2000018607); 国家自然科学基金(40601005)
作者简介: 高海东(1983—), 男, 内蒙古鄂尔多斯人, 硕士研究生, 主要从事土地利用和遥感等方面的研究。E-mail: geoghd@msn.com。

用的是完全信息静态博弈模型,对于完全信息静态博弈而言,其解为纳什均衡。战略式博弈和纳什均衡表述如下所示^[14]:

有 n 个参与人的战略式表述博弈 $G = \{S_1, \dots, S_n; u_1, \dots, u_n\}$, 战略组合 $s^* = (s_1^*, \dots, s_i^*, \dots, s_n^*)$ 是一个纳什均衡,如果对于每一个 i, s_i^* 是给定其它参与人选择 $s_{-i}^* = (s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*)$ 的情况下第 i 个参与人的最优战略,即:

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*), \forall s_i \in S_i, \forall i \quad (1)$$

或 s_i^* 是公式(2) 最大化问题的解:

$$S_i^* \in \operatorname{argmax}_{s_i \in S_i} u_i(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i^*, s_{i+1}^*, \dots, s_n^*) \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

2.2 数据处理

本研究涉及两类数据,一类是农户社会经济特征数据及其拥有的地块特征数据,此类数据主要通过农户问卷调查获得。农户问卷调查分两次进行,时间分别为 2007 年 7 月和 2008 年 7 月。两次调查共获得问卷 115 份,有效问卷 109 份,问卷有效率为 94.78%。问卷调查主要包括农户家庭人口数、家庭收入与支出、拥有地块的投入与产出以及打工收入、打工时间等方面。

另一类数据是孟岔村 1996 年、2007 年土地利用现状图,其中 1996 年土地利用现状图从相关部门收集并使用 ArcMap 数字化;2007 年土地利用现状图使用 1:1 万地形图野外填图所绘。

3 农户土地利用博弈分析

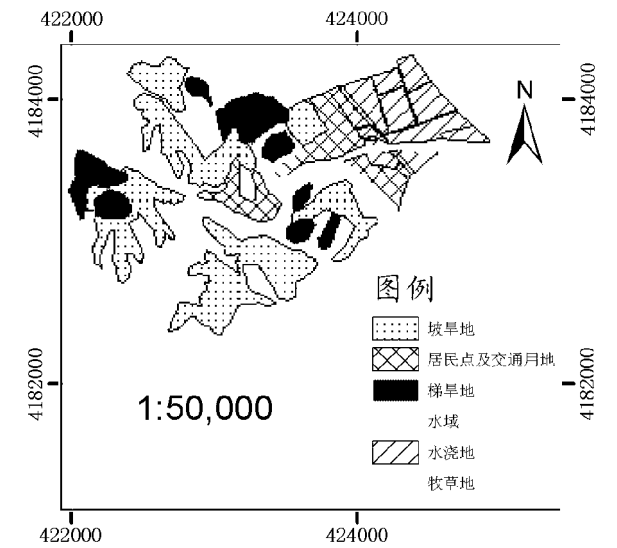
3.1 农户类型划分

建立农户土地利用博弈模型之前,首先要对农户类型划分。孟岔村目前有农户 162 户,其中 141 户参与分地,根据问卷调查分析,将孟岔村参与分地的农户分为种粮农户、打工农户、种果农户、种粮兼顾打工农户和无地农户等 5 类,其中,由于无地农户数量较少且没有土地利用行为,主要是依靠政府补

贴、儿女接济来生活的农户,因此本文只考虑种粮农户、打工农户、种果农户和种粮兼顾打工农户 4 个类型。

3.2 农户地块划分

根据孟岔村土地利用现状以及参考《米脂县土地资源》等资料,将孟岔村土地利用类型划分为水浇地、梯旱地、坡旱地、牧草地、农村居民点和交通用地以及水域等六类。依据孟岔村 1996 土地利用现状图,数字化后通过 ArcMap 计算得到各类型用地面积依次为 39.71、64.17、75.21、132.16、19.86、33.14 hm^2 。为了简化研究,本文将梯旱地和坡旱地统一作为旱地研究,共计 139.38 hm^2 ,见图 1。



旱坡地 Rain-fed slope land; 居民点及交通用地 Residences and roads;
梯旱地 Rain-fed terraced land; 水域 Water area;
水浇地 Irrigated land; 牧草地 Grassland. 下同. The same as below.

图 1 孟岔村 1996 年土地利用现状
Fig.1 Land use map of Mengcha in 1996

孟岔村 141 户共有 693 人参与了分地,可推算,其中每人分得水浇地 0.0573 hm^2 ,旱地 0.2011 hm^2 ,不同类型农户获得的水浇地总量和旱地总量如表 1 所示。

表 1 孟岔村不同类型农户土地数量
Table 1 The amount of different types of land for farm households

农户类别 Type of households	种粮农户 Planting crops	打工农户 For hired working	种果农户 Planting fruit trees	种粮兼顾打工农户 Planting crops + hired working
农户数量(户) Number of households	35	39	9	58
有效分地人数(人) Land-holding persons	188	182	38	261
总水浇地数量(hm^2) Total irrigated land	10.77	10.43	2.18	14.96
总旱地数量(hm^2) Total rain-fed land	37.81	36.60	7.64	52.49

3.3 不同类型农户之间土地流转关系

据调研可知,1996 年以来,孟岔村农户土地利用流转主要发生在水浇地和旱地之间,不同类型农户之间土地流转情况如图 2 所示。种粮农户承包打工农户的水浇地;打工农户完全脱离土地,将水浇地承包给种粮农户,旱地承包给种果农户;种果农户承包其他农户的旱地;种粮兼顾打工农户农忙时种植水浇地,农闲时外出打工。

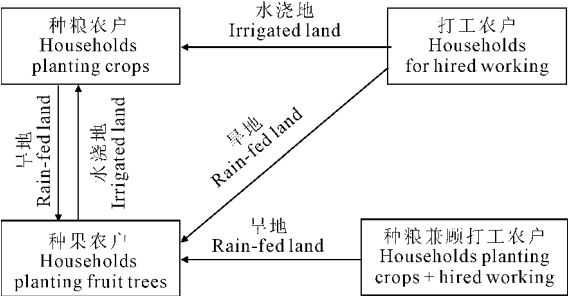


图 2 不同类型农户之间的土地流转情况

Fig. 2 Land circulation between different types of farm households

3.4 农户土地利用变化博弈模型

3.4.1 模型的前提假设

- 1) 博弈中的参与人,不同类型的农户是理性的,均以自己的净收益最大化为目标。
- 2) 农户出让的旱地为所有种果农户均分,农户出让的水浇地为所有的种粮农户均分,承包活动一次完成。若农户出让旱地,则全部出让,若农户出让水浇地,则全部出让。
- 3) 所有农户都了解对方的战略空间和收益函数,拥有完全信息。

根据上述假设可知,该博弈为完全信息静态博弈,且是有限博弈,故其解为纳什均衡。设未承包前旱地净收益为 V_{sq} [元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)],承包后旱地的净收益为 V_{sh} [元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)], $V_{sh} > V_{sq}$;水浇地净收益为 V_c [元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)], $V_{sh} > V_c > V_{sq}$;水浇地承包费用为 D_c [元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)],旱地承包费用为 D_s [元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)], $D_c > D_s$, $V_c > D_c$;打工收入为 W (元/a),通过分析农户问卷,采用平均值获得上述参数的值(见表 2)。其中打工收入为 43 600 元/a。

表 2 农户收益计算值

Table 2 Calculated values of farm household incomes

项目 Item	V_{sh}	V_{sq}	V_c	D_c	D_s
计算值[元/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)] Calculated values	31500	3000	18000	4500	2400

3.4.2 种粮农户与打工农户的博弈关系 打工农户外出打工,将水浇地承包给种粮农户,打工户的战略集为{外出打工,不外出打工},种粮农户的战略集为{承包水浇地,不承包水浇地}。设 m 为种粮农户水浇地数量, n 为打工农户水浇地数量。据表 1 以及模型的假设条件,计算得到 m 为 $0.31 \text{ hm}^2/\text{户}$, n 为 $0.27 \text{ hm}^2/\text{户}$ 。

表 3 中,公式代表各个农户的支付,同一表格中的第一个公式是打工农户的支付,第二个公式是种果农户的支付,括号内的数值是具体的计算值(下同)。根据纳什均衡的定义以及划线法,此博弈的纳什均衡为{外出打工,承包水浇地}。

表 3 打工农户和种粮农户博弈

Table 3 The game between households for hired working and planting crops

战略 Strategy	承包水浇地 Contracting irrigated land	不承包水浇地 Not contracting irrigated land
外出打工 For hired working	$W + n \times D_c (44800),$ $(m + n) \times V_c - n \times D_c (9120)$	$W (43600),$ $m \times V_c (5520)$
不外出打工 Not for hired working	$n \times D_c (1200),$ $(m + n) \times V_c - n \times D_c (9120)$	$n \times V_c (4800),$ $m \times V_c (5520)$

3.4.3 种粮农户与种果农户的博弈关系 种粮农户将旱地承包给种果农户,种果农户将水浇地承包给种粮农户,种果农户的战略集为{承包旱地,不承包旱地},种粮农户的战略集为{承包水浇地,不承包水浇地},设 p 为种果农户旱地数量, q 为种粮农户旱地数量; m 为种粮农户水浇地数量, n 为种果农户水浇地数量。则通过计算得出 p 为 $0.85 \text{ hm}^2/\text{户}$, q 为 $1.08 \text{ hm}^2/\text{户}$, m 为 $0.31 \text{ hm}^2/\text{户}$, n 为 $0.24 \text{ hm}^2/\text{户}$ 。表 4 所示的博弈的纳什均衡为{承包旱地,承包水浇地}。

表 4 种果农户和种粮农户博弈

Table 4 The game between households for planting fruit trees and planting crops

战略 Strategy	承包水浇地 Contracting irrigated land	不承包水浇地 Not contracting irrigated land
承包旱地 Contracting rain-fed land	$(p + q) \times V_{sh} - q \times D_s + n \times D_c (59598),$ $(m + n) \times V_c + q \times D_s - n \times D_c - q \times V_{sq} (8172)$	$(p + q) \times V_{sh} + n \times V_c - q \times D_s (62523),$ $m \times V_c + q \times D_s - q \times V_{sq} (4932)$
不承包旱地 Not contracting rain-fed land	$m \times D_c + p \times V_{sq} (3945),$ $(m + n) \times V_c - m \times D_c + q \times V_{sq} (11745)$	$n \times V_c + p \times V_{sq} (6870),$ $m \times V_c + q \times V_{sq} (8820)$

3.4.4 打工农户与种果农户的博弈关系 打工农户外出打工,将旱地承包给种果农户,打工户的战略集为{外出打工,不外出打工},种果农户的战略集为{承包旱地,不承包旱地}。种果农户旱地数量为 p ,打工农户旱地数量为 q 。 p 为 $0.85\text{ hm}^2/\text{户}$, q 为 $0.94\text{ hm}^2/\text{户}$, m 为种果农户水浇地数量。表 5 所示的博弈的纳什均衡是{外出打工,承包旱地}。

3.4.5 种果农户与种粮兼顾打工农户的博弈关系 复合型外出打工,将旱地承包给种果农户,种粮兼顾打工农户的战略集为{外出打工,不外出打工},种

果农户的战略集为:{承包旱地,不承包旱地}。 m 为种粮兼顾打工农户水浇地数量,种果农户旱地数量为 p ,种粮兼顾打工农户旱地数量为 q 。则 p 为 $0.85\text{ hm}^2/\text{户}$, q 为 $0.91\text{ hm}^2/\text{户}$, m 为 $0.26\text{ hm}^2/\text{户}$ 。表 6 所示博弈的纳什均衡为{外出打工,承包旱地}。种粮兼顾打工农户由于打工时间较打工农户少约 2 个月,打工农户的打工时间以 6 个月计,相应的种粮兼顾打工农户的打工收入减少约 1/3,其收入记为 W_f ,其值为 $2\,900\text{ 元/a}$ 。

表 5 打工农户和种果农户博弈
Table 5 The game between households for hired working and planting fruit trees

战略 Strategy	承包旱地,经营枣园 Contracting rain-fed land for orchards	不承包旱地 Not contracting rain-fed land
外出打工 For hired working	$W + q \times D_s(45856),$ $(p + q) \times V_{sh} - q \times D_s(54129)$	$W(43600),$ $m \times V_c + p \times V_{sq}(6870)$
不外出打工 Not for hired working	$q \times D_s(2256),$ $(p + q) \times V_{sh} - q \times D_s(54129)$	$p \times V_{sq}(2550),$ $q \times V_{sq}(2820)$

表 6 种果农户和种粮兼顾打工农户博弈
Table 6 The game between households planting fruit trees and planting crops + hired working

战略 Strategy	承包旱地,经营枣园 Contracting rain-fed land for orchards	不承包旱地 Not contracting rain-fed land
外出打工 For hired working	$W_f + m \times V_c + q \times D_s(35864),$ $(p + q) \times V_{sh} - q \times D_s(53256)$	$W_f + m \times V_c + q \times V_{sq}(36410),$ $q \times V_{sq}(2730)$
不外出打工 Not for hired working	$m \times V_c(4680),$ $(p + q) \times V_{sh}(55440)$	$m \times V_c + q \times V_{sq}(7410),$ $q \times V_{sq}(2730)$

4 结论与讨论

1) 农户土地利用决策对土地利用结构的影响。
根据上述博弈分析结果,种粮农户的最优选择是承包水浇地,出让旱地,种果农户的最优选择是承包旱地,出让水浇地,打工农户的最优选择是外出打工,将旱地承包给种果农户,水浇地承包给种粮农户,种粮兼顾打工农户的最优选择是将旱地承包给种果农户。种果农户承包旱地后,改变种植传统农作物的经营方式,转而种植枣树,土地利用方式发生了改变。因此,目前孟岔村形成了“少数农户承包旱地经营果园,部分农户承包水浇地,部分农户完全脱离土地外出打工,大部分农户农忙时种粮和农闲时打工”的土地利用和家庭经营模式。

计算表明,退耕还林政策实施以来,共有 75.21 hm^2 坡旱地和 64.17 hm^2 梯旱地转化为枣园(见图

3)。根据现场测绘的 2007 年孟岔村土地利用现状图(图 4)统计结果,孟岔村共有枣园 184 hm^2 、草地为 77 hm^2 ,这说明枣园的数量的实际的情况比模拟结果多出 45 hm^2 ,分析发现,这多出的 45 hm^2 枣园全部由草地转化而来,这说明,承包大户不仅承包其他农户的旱地,进一步开垦周围草地种植枣树。

2) 土地利用变化对土壤侵蚀以及农户收入的影响。

坡耕地的减少以及种果农户种植枣树改变了旱地地貌与土壤结构,有效地减少了水土流失量。根据安塞水土保持试验站近十年来的资料得出,陕北黄土丘陵区坡耕地的土壤侵蚀模数平均高达 $4\,000 \sim 7\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,而林地和草地的土壤侵蚀模数平均只有 $200\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ^[15]。以此计算,孟岔村每年减少的土壤侵蚀量约为 $5\,300 \sim 9\,500\text{ t}$ 。

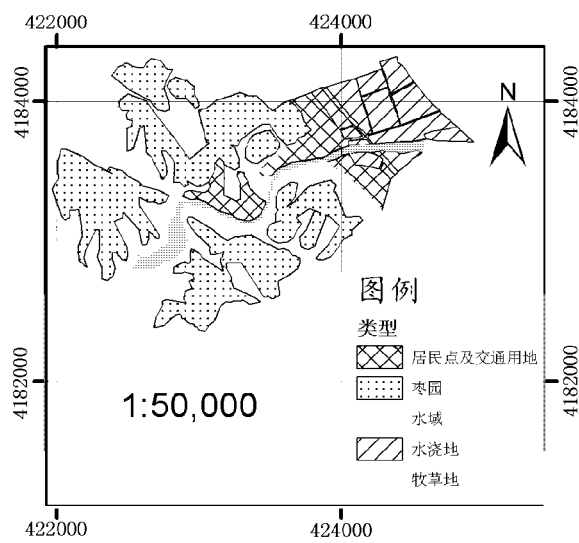


图 3 模拟结果
Fig.3 Simulated result

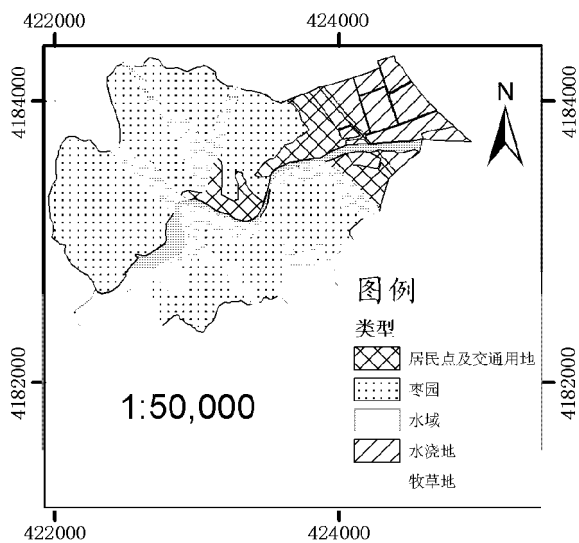


图 4 2007 年土地利用现状
Fig.4 Land use map of study area in 2007

调研得知,农户收入显著增加,承包前各类农户的年平均收益为8 000元/a,而承包后种粮农户年收入达到19 000元/a,种果农户45 000元/a,打工农户44 000元/a,种粮兼顾打工农户33 000元/a。实践证明,孟岔村为解决新形势下如何合理流转土地搞规模化经营,如何调整农业产业结构,以及实施退耕还林政策八年期满后如何提高农民收入等问题探索出了一条有效的发展模式,对于陕北黄土高原与其相似的地区提供了借鉴。

3) 博弈论是用于研究决策主体间关系的有力的工具,使用博弈论对土地利用决策主体之间的相互关系进行探索,可以有效地揭示土地利用变化的内部机制。本次研究主要使用完全信息静态博弈的相关方法对农户之间的相互关系进行了探讨,实际上,农户之间的关系存在着动态性、信息的不完全性以及决策过程的有限理性等复杂的特点,这些特点为进一步探讨农户之间的相互关系提供了思路,为深入研究指明了方向。

参考文献:

[1] 高志强,刘纪远,庄大方.我国耕地面积重心及耕地生态背景质量的动态变化[J].自然资源学报.1998,13(1):92-96.
[2] 何书金,李秀彬,朱会义,等.环渤海湾地区耕地变化及驱动力因子分析[J].自然资源学报,2002,17(2):345-352.
[3] 张军岩,贾绍凤,高婷.石家庄城市化过程中的耕地变化[J].地理学报,2003,58(4):620-628.

[4] 李景刚,何春阳,史培军,等.近 20 年中国北方 13 省的耕地变化与驱动力[J].地理学报,2004,59(2):274-282.
[5] Overmars K P, Verburg P H. Analysis of land use drivers at the watershed and household level: Linking two paradigms at the Philippine forest fringe[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2005, 19(2): 125-152.
[6] Lin Li, Yohei S, Haihong Zhu. Simulating spatial urban expansion based on a physical process [J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 64: 67-76.
[7] 钟太洋,黄贤金.农户层面土地利用变化研究综述[J].自然资源学报,2007,22(3):341-352.
[8] 王铮,吴静,杨念.多主体在地理学中应用的回顾与展望[J].复杂系统与复杂性科学,2005,2(3):52-60.
[9] 薛领,杨开忠,沈体燕.基于 Agent 的建模—地理计算的新发展[J].地球科学进展,2004,19(2):305-311.
[10] 古琳,程承旗.基于 GIS-Agent 模型的武汉市土地利用变化模拟研究[J].城市发展研究,2007,14(6):47-51.
[11] 刘斌,杨海波,朱强,等.基于 RS 和 GIS 的黄河河口地区土地利用及景观分析[J].水土保持研究,2007,14(4):423-429.
[12] 徐霞,刘海鹏,高琼.中国北方农牧交错带土地利用空间优化布局的动态模拟[J].地理科学进展,2008,27(3):80-85.
[13] Angelsen A. Playing games in the forest: state-local conflicts of land appropriation[J]. and Economics, 2001, 77(2): 285-299.
[14] 张维迎.博弈论与信息经济学[M].上海:上海三联书店,上海人民出版社,1996:43-73.
[15] 范兴科,蒋定生,黄国俊.黄土高原坡耕地水土保持措施效益评价试验研究(Ⅱ)坡耕地水土保持措施蓄水拦泥效益数学模型研究[J].水土保持学报,1990,4(3):1-6.

Land use change at farm household scale based on game theory

— A case study of Mengcha Village

GAO Hai-dong¹, CHEN Hai^{1,2}, XI Jing¹, WANG Tao¹

(1. Department of Urban and Resources Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A pattern of static games of complete information was set up to analyze land use change of Mengcha Village in Mizhi County of Shaanxi Province based on farm household questionnaires from geography and economics perspectives. Through ways of GIS and GPS, land use spatial information was connected with farm households' social and economical behaviors characteristics. With maximizing benefits as the goal, new land use and household business patterns formed in the village, in which the minority of the households contracted rain-fed land for orchard, some contracted irrigable land, some gave up land completely and went out for hired working, while the majority worked for farming in busy seasons and went out for hired working in slack seasons. The new land use patterns achieved double-win effects both economically and ecologically.

Keywords: land use change; static games of complete information; farm household; Mengcha Village

(上接第 239 页)

Land use landscape pattern changes based on information entropy and fractal theory

— A case study of the farming-pastoral region of northern Shaanxi

JIA Ke-li¹, ZHANG Jun-hua², CHANG Qing-rui³

(1. School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

2. The Applied Research and Development Center For New Technology, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

3. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The fractal theory and information entropy have provided a new approach for study of some geographical phenomena, such as instability and complex structure and orderlies, and it has a broad prospect for application in land use landscape pattern study. Guided by the fractal theory and information entropy and the techniques of remote sensing and technology support of GIS, the patch fractal dimension and stability index and Shannon entropy of landscape were calculated in the farming-pastoral region of northern Shaanxi, and based on calculation, change in fractal character and information entropy of the land use landscape structure in the region was analyzed. The results showed that: from 1986 to 2003, great changes of land use landscape took place in the region; the characters showed that woodland, construction land area increased intensively, but cultivated land, water body, unusable land and sandy land area decreased consistently. The fractal dimension D of each landscape type has a decreasing tendency, on the contrary, its stability index tends to be increasing, which show that the structure of land use landscape tends to be simple and the stable on space. The information entropy of landscape structure in the study area has been rising in general since 1986, indicating a decrease in orderliness of land use system.

Keywords: land use; landscape pattern; information entropy; fractal; farming-pastoral region of northern Shaanxi