

# 基于时空分析的贫困丘陵山区耕地变化机理研究

何国松<sup>1</sup> 祝国瑞<sup>1</sup>

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘 要:** 在地理信息系统技术的支持下, 利用耕地面积变化时间序列模型、耕地动态度模型、耕地重心变化模型等, 对湖北省咸宁市耕地的时间变化和空间变化特征进行了定量的研究, 并应用主成分分析法, 选择 23 个因素对其驱动因子进行了相关分析。结果表明, 耕地变化主要受经济因子、人口、房地产政策及耕地开发强度的影响。

**关键词:** 耕地; 动态度; 驱动力; 耕地重心

**中图法分类号:** P271; P208

耕地利用的变化及驱动力研究是土地利用/土地覆被(LUCC)研究的重要组成部分, 国内外对此进行了大量的研究<sup>[1~8]</sup>。我国对 LUCC 的研究多集中在下列两类地区: 一类是“热点地区”, 即人文和自然驱动力极为活跃的地区<sup>[3,9]</sup>; 另一类是“生态脆弱区”<sup>[7]</sup>, 对中部贫困丘陵山区研究较少。本研究在地理信息系统技术的支持下, 通过数学建模, 对湖北省咸宁市耕地的时空变化特征进行了定量的研究, 并对其驱动因子进行了相关分析。

咸宁市位于湖北省东南部(简称鄂南), 北纬  $29^{\circ}32' \sim 30^{\circ}17'$ , 东经  $113^{\circ}32' \sim 115^{\circ}30'$ 。现辖赤壁市和嘉鱼、通城、通山、崇阳四县以及咸安区, 共 63 个乡镇和四个乡镇级办事处。全境地形以低山丘陵为主, 兼有沿江冲积平原、盆地、湖泊、岗地、高山。本区属于亚热带季风气候, 年均气温  $16.7^{\circ}\text{C}$ , 年降水量  $1\,747\text{mm}$ 。全市国土面积  $9\,861\text{km}^2$ , 总人口 277.21 万人, 国内生产总值为 1 330 699 万元, 人均 4 800 元, 属于欠发达的贫困丘陵山区。

本文研究数据主要包括咸宁市行政边界图、1:5 万的地形图以及 1985~2000 年咸宁市的统计数据。数据主要来源于咸宁市统计资料以及实地调查的数据。采用空间分析和统计分析相结合的方法进行研究, 首先利用地理信息系统和数学建模(耕地变化的时间序列模型、耕地变化动态模

型、耕地重心变化模型等)对耕地的时空变化特征进行空间分析, 然后应用相关分析法、主成分分析法选择 23 个因素对其驱动因子进行了相关分析, 来寻找耕地变化的驱动力。

## 1 丘陵山区耕地时空变化

### 1.1 耕地变化的时间特征

根据咸宁市主要年份统计资料, 以耕地面积为纵坐标轴, 以时间为横坐标轴, 绘制 1985 年~2000 年的耕地面积随时间变化的时间序列图(如图 1)。从图 1 中可以看出, 从 1985 年到 2000 年咸宁市耕地面积总体上呈下降的趋势(1999 年略有回升), 其中以 1985 年到 1995 年减幅较快, 以后呈缓慢下降的趋势。到 2000 年末, 耕地面积为  $145\,940\text{ha}$ , 比 1985 年减少了  $5\,980\text{ha}$ , 减幅为  $5\%$ , 年均减幅  $0.033\%$ 。到 2000 年末人均耕地为  $0.052\,6\text{ha}$ , 略低于联合国提出的人均耕地  $0.053\text{ha}$  的耕地资源警戒线<sup>[9]</sup>。近年来由于国家出台了耕地保护条例, 耕地减少的势头得到遏制, 但仍在缓慢持续地减少。

### 1.2 耕地变化动态度模型

耕地数量变化的速率的区域差异可以用耕地动态度来表示:

$$S = dS / S_i \times 100 \times (1/t) \times 100\%$$

式中,  $S_i$  为监测开始时耕地面积;  $dS$  为监测时段

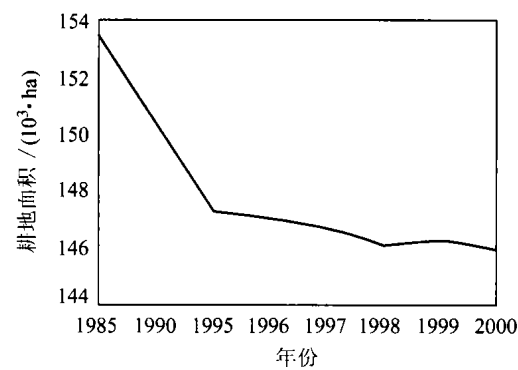


图 1 咸宁市 15 年耕地面积的变化

Fig. 1 Change of Cultivated Land from 1985 to 2000 in Xianning

内耕地面积减少的数量;  $t$  为监测的时间段;  $S$  为耕地动态度, 为研究方便, 将其扩大 100 倍。

利用动态度模型分析耕地的时空变化, 可以真实反映区域耕地变化的剧烈程度。以行政区域为单元, 利用统计数据对耕地动态度进行计算, 结果如图 2。



图 2 咸宁市耕地面积的动态度空间分布

Fig. 2 Dynamic Spatial Distribution of Cultivated Land in Xianning

按动态度的大小可以把本区域耕地的时空动态特征分为四类: ① 耕地急剧减少型(50 以上); ② 耕地快速减少型(30 ~ 50); ③ 耕地缓慢减少型(0 ~ 30); ④ 耕地增加型(−40 ~ 0)。属于耕地急剧减少型的是嘉鱼县, 本区域主要为平原、岗地(平原 43.7%, 岗地 49.4%, 丘陵 6.9%), 是本市著名的鱼米之乡。属于快速减少型的是咸安区、赤壁市和通城县, 主要以丘陵、岗地为主。而东南部的崇阳丘陵山区耕地动态度较小, 仅为 4.5; 通山耕地反而增加, 其动态度为−38。这两个地区主要以山地为主, 其中 崇阳山地占53.54%, 通山占 60.66%。

1. 3 耕地重心迁移模型

人流、物流和能量的分布无不在空间上展开, 各种物质和能量在空间上聚散和迁移, 便产生了某一时刻的重心问题, 重心的运动方向、速度和强度是表征某一物质在空间上变化的最好指标<sup>[10]</sup>。

通过研究耕地的分布重心的变化轨迹, 就可以得到研究时期内耕地空间格局变化规律。同时通过计算经济重心和人口重心的运动轨迹可以更加理解这种规律。其方法为把一个大面积分为若干个小区, 在大比例尺地图上根据居民点的分布以及地形的特点确定每个小区几何中心或县所在地的坐标, 然后再乘以该小区该项耕地面积, 最后把乘积累加后除以全区域该项耕地总面积。这里, 重心坐标以地图的经纬度表示。第  $t$  年耕地资源分布重心坐标计算方法为:

$$\varphi_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \times \varphi_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ti}}$$
$$\lambda_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \times \lambda_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ti}}$$

式中,  $\varphi_t$ 、 $\lambda_t$  分别表示第  $t$  年耕地资源分布重心的纬度和经度;  $C_{ti}$  表示第  $i$  个小区在  $t$  年的该耕地面积。

根据耕地重心模型, 以县城所在坐标为中心点坐标, 分别计算 1985、1990、1995、2000 年咸宁市耕地的重心坐标(如表 1)。为了便于分析, 用同样的方法计算出同期的经济重心和人口重心坐标(如表 2、表 3)。

表 1 耕地重心的变化				
Tab. 1 Change of Cultivated Land Center				
年份	1985	1990	1995	2000
北纬/(°)	29.694 26	29.694 69	29.693 48	29.690 37
东经/(°)	114.679	114.067 8	114.067 7	114.074 7
相邻距离/m		53.8	100.2	750.2
移动方向		东南	南略偏西	东南

表 2 经济重心的变化				
Tab. 2 Change of Economy Center				
年份	1985	1990	1995	2000
北纬/(°)	29.711 9	29.697 41	29.703 36	29.694 77
东经/(°)	114.078 2	114.070 7	114.05	114.049 2
相邻距离/m		967.8	2 104	1 765
移动方向		东北	东略偏南	东北

表 3 人口重心的变化				
Tab. 3 Change of Population Center				
年份	1985	1990	1995	2000
北纬/(°)	29.643 71	29.644 47	29.649 37	29.651 32
东经/(°)	114.099 6	114.100 4	114.106	114.106 1
相邻距离/m		128	761.7	251
移动方向		东北	东北	东北

利用 GIS 软件绘制出重心运动轨迹图, 见图 3(由于移动距离小, 把运动轨迹进行了扩大处理, 因此图 3 仅为示意图)。从图 3 中可以看出, 耕地重心全在赤壁市境内, 从 1985 年到 2000 年,



图3 耕地重心变化示意图

Fig. 3 Sketch Map of Cultivated Land Center

向东南移动了 822m, 同期经济重心、人口重心也全在赤壁市境内并向东北分别移动 3 392m 和 1 065m。这表明, 咸宁市北部地区经济、人口发展更快, 耕地减少更多。

2 耕地面积变动的驱动力因子分析

2.1 指标的选择和标准化

以耕地面积数量为因变量, 自变量(驱动力因子)主要选择社会经济、人文及技术因素。尽管自

然条件是土地覆盖与土地利用分布的基础条件, 在某种程度上具有一定的主导作用, 但自然环境对土地利用变化的影响较小<sup>[9]</sup>, 社会、经济、技术等人文要素对土地利用的时空变化具有决定作用<sup>[11]</sup>。社会经济因子主要分为以下几类: ① 土地利用数据包括土地类型(耕地、园地、林地等)和耕地的开发强度如粮食单产; ② 人口数据包括人口、劳动力数量、城市化水平、人口素质等; ③ 经济发展数据包括产值、人均收入、产业结构等; ④ 投入数据主要指农业投入包括农业机械、化肥等投入。产值一律按 1990 年不变价格计算, 耕地面积为 ha。然后对统计数据进行标准化处理, 标准化公式为:

$$X_i^* = \frac{X_i - \bar{X}}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$$

式中,  $X_i^*$  为指标标准化值;  $X_i$  为指标的初始值;  $\bar{X}$  为指标初始平均值;  $n$  为指标数。

2.2 耕地演变的驱动力分析

用 SPSS 软件对所选的 23 项驱动力因子进行相关分析, 得到耕地面积变化与驱动力因子的相关系数表如表 4。

表 4 1990 ~ 2000 年耕地面积与驱动力因子的相关系数

Tab.4 Correlation Coefficient Between Driving Forces Variables and Cultivated Land Change

驱动因子	相关系数	驱动因子	相关系数	驱动因子	相关系数
耕地面积	1.000	公路通车里程	-0.795	粮食总产量	-0.611
国内生产总值	-0.963 *	园地面积比重	-0.858 *	粮食单产	-0.211
人均纯收入	-0.958 **	农业总产值	-0.981 *	林业占农业比重	0.438
农民人均纯收入	-0.952 *	总人口	-0.993 *	农业投资	-0.840 *
第一产业比重	0.975 *	人口密度	-0.993 *	农民居住面积	-0.548
第二产业比重	-0.976 *	总劳动力	-0.476	农业机械总动力	-0.909 *
第三产业比重	-0.961 *	农业劳动力比例	0.901 *	固定资产投资	-0.921 *
水利投资	-0.169	渔业占农业比重	-0.937 *		

注: \*\*表示显著性水平在 0.01, \*表示显著性水平在 0.05。

从耕地面积变化与驱动因子相关系数表可以看出, 耕地面积的变化与国内生产总值、总人口、人口密度、农业劳动力比重、农业总产值、人均纯收入、农民人均纯收入、固定资产投资、渔业占农业的比例以及产业结构等因子强相关。这说明人口的增加、经济的发展和农业内部结构的调整对耕地的变动影响很大。人口的增加需要占用更多的资源, 必然需要大量新建住宅, 从而占用部分耕地。全市人口从 1985 年的 218.48 万人增加到 2000 年的 277.21 万人, 同期仅农民人均住宅面积就由 1985 年的 19.75m<sup>2</sup> 增加到 2000 年的 27.9 m<sup>2</sup>。经济的发展使城镇周围的农用地不断向非农用地转化, 仅通山县城区面积就比 1978 年扩大 5 倍。农业内部结构调整使耕地面积减少。

研究表明, 我国每 ha 土地的年产值, 耕地是 3 115.05 元, 林地为 260.05 元, 淡水养殖水面为 6 682.35 元<sup>[12]</sup>。因此, 农地更倾向于向渔业用地变动, 农民更愿意把耕地变为果园、鱼塘、牧副业用地。1985 年全市农业内部结构为: 农业 70%, 林业 7.36%, 牧业 18.48%, 渔业 4.15%; 到 2000 年其内部结构变为: 农业 59.31%, 林业 7.3%, 牧业 20.93%, 渔业 12.45%。显然农业、林业比重下降, 牧业、渔业相对上升, 特别是渔业上升速度很快, 用地面积也快速增长, 从 1985 年的 25 200ha<sup>2</sup> 增加到 2000 年的 35 960ha<sup>2</sup>。粮食的单产、水利的投资、总劳动力的增加等反映土地开发强度及投入的驱动因子对耕地的变动影响并不大。这说明, 农业技术的进步、化肥的施用等提高粮食单产的一些因

素, 并没有引起耕地的增加。这也从另一方面反映了耕地的比较利益相对较低, 粮食价格偏低, 农民的种粮积极性不高, 从而使部分耕地撂荒。

由于相关因子太多, 不利于更确切地反映耕地演变的驱动力。采用 SPSS 软件进行驱动因子分析, 得到因子的主成分特征值和贡献率。结果

表明, 前 4 个特征值大于 1 的主因子的解释方差已达到 95.104%, 对大多数数据已经给出了充分的概括。但这并不能对主成分进行命名, 因此, 使用 Varimax 方法进行旋转, 负荷系数明显两极分化。表 5 是部分主成分荷载绝对值较大的驱动因子。

表 5 主成分荷载矩阵  
Tab. 5 Factor Loading Matrix

第一主成分	荷载	第二主成分	荷载	第三主成分	荷载	第四主成分	荷载
国内生产总值	0.748	总劳动力	0.888	水利投资	0.670	粮食单产	0.552
第一产业比重	0.771	农业劳动力比重	0.961	农民建房面积	0.696		
公路里程	0.893	农业投入	0.503	房屋竣工面积	0.834		
农民人均收入	0.697	人口密度	0.744				
人均收入	0.967	总人口	0.744				
固定资产投资	0.855						
渔业占农业比重	0.922						
农业总产值	0.953						

从表 5 可以看出, 在第一主因子中, 国内生产总值、第一产业比重、渔业占农业比重、农业总产值、人均纯收入、农民人均纯收入、固定资产投资、公路里程等荷载的绝对值较大, 这几个因素主要表现为经济增长、产业结构以及收入等度量经济水平的指标, 因此可以概括为经济因子; 第二主成分中, 总劳动力、农业劳动力比重、农业投入、人口密度、总人口荷载的绝对值较大, 主要是反映人口状况的一些指标, 因此可以概括为人口因子; 第三主成分中, 农民建房面积、房屋竣工面积荷载较大, 它们主要反映了国家和个人对房地产投资情况, 因为它涉及到对土地及房地产开发的一系列政策, 可以概括为房地产政策因子; 第四主成分中, 粮食单产荷载较大, 它们反映了耕地的开发强度, 可以概括为耕地开发强度因子。因此, 对耕地演变的驱动因子主要概括为经济、人口、政策和耕地开发强度因子, 特别是经济、人口因子对耕地演变的作用特别大, 具体表现在城镇的扩展、农业内部的结构调整和部分耕地撂荒。

3 结 语

经济、人口因子是咸宁市耕地面积减少最主要的驱动力, 因此, 在相当一段时间里, 贫困丘陵山区对耕地资源的保护应控制人口、限制经济因素特别是城市化和农业内部结构的调整对耕地的占用, 同时应提高耕地的比较利益, 减少耕地的撂荒。

参 考 文 献

1 朱会义, 何书金. 环渤海地区土地利用变化的驱动力分析. 地理研究, 2001, 20(6): 669~678

2 张军岩, 贾绍凤, 高 婷. 石家庄城市化进程中的耕地变化. 地理学报, 2003(7): 620~628

3 杨桂山. 长江三角洲地区近 50 年耕地数量变化过程与驱动机制研究. 自然资源学报, 2001, 16(2): 121~127

4 濮励杰, 周 峰, 彭补拙. 长江三角洲地区县域耕地变化驱动要素研究. 南京大学学报·自然科学版, 2002(6): 779~785

5 史培军, 陈 晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. 地理学报, 2000, 55(2): 151~160

6 摆万奇. 深圳市土地利用动态分析. 自然资源学报, 2000, 15(2): 112~116

7 康慕谊, 江 源, 石瑞香. NECT 样带 1984~1996 土地利用变化分析. 地理科学, 2000, 20(2): 115~120

8 陈佑启, Peter H V. 中国土地利用/覆被多尺度空间分布特征分析. 地理科学, 2000, 20(3): 197~202

9 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书(土地卷). 北京: 中国环境科学出版社, 1996

10 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动态变化研究. 自然资源学报, 1998, 13(1): 92~96

11 唐华俊, 陈佑启, 范朗斯特·伊, 等. 中国土地资源可持续利用的理论与实践. 北京: 中国农业科技出版社, 2000

12 蔡运龙. 中国农村转型与耕地保护机制. 地理科学, 2001, 21(1): 1~6

第一作者简介: 何国松, 博士生. 研究方向为土地信息系统。  
E-mail: 1023hegsong@163.com

# Change of the Cultivated Land and Driving Forces in Poor Mound Region Based on Spatio-temporal Analysis

HE Guosong<sup>1</sup> ZHU Guorui<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** This paper analyzes the spatio-temporal change of cultivated land by using the dynamic degree of cultivated land and cultivated land center model. Then the driving forces are found by principal component analysis. The result indicates that the growth of population and economic development are dominical factors for the change of cultivated land.

**Key words:** cultivated land; dynamic degree; driving forces; cultivated land center of gravity

About the first author: HE Guosong, Ph. D candidate, majors in land information system  
E mail: 1023hegsong@163.com

(责任编辑: 涓涓)

(上接第 507 页)

# Cellular Automata Based on Geographic Feature and Urban Land Use Evolvment

LUO Ping<sup>1, 2</sup> DU Qingyun<sup>1</sup> LEI Yuanxin<sup>2</sup> WANG Tao<sup>1</sup>

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Department of Tourism and Geography, Foshan University, 18 Jiangwanyi Road, Foshan 528000, China)

**Abstract:** This paper attempts to bring the geographic feature concept including geometry and non-geometry attribute to the CA, and constructs the concept model of CA based on geographic feature, and makes a case study on land use evolvment of Shenzhen city. Two conclusions are drawn: ① CA based on geographic feature is feasible because it can more truly describe geographic information, local spatial relation and evolvment rule; ② the CA model of urban land use evolvment has great practical value in urban planning.

**Key words:** geographic feature; cellular automata; urban land use evolvment

About the first author: LUO Ping, Ph. D candidate. His research interests includes urban dynamic model and urban plan and GIS. He has published more then 20 papers.

E mail: fsluop@163.com

(责任编辑: 平子)