

文章编号: 1000-5013(2008)01-0124-05

闽清县农业用地变化驱动力的尺度效应分析

邱炳文¹, 高建阳², 陈崇成¹, 随银波¹, 崔红生¹

(1. 福州大学 空间数据挖掘与信息共享教育部重点实验室, 福建 福州 350002;

2. 福建省地质遥感中心, 福建 福州 350002)

摘要: 以闽中地区闽清县为例, 采用统计方法与地理信息系统(GIS)技术, 分析其主要的农业用地变化驱动力的尺度效应. 选取 18 个候选驱动因子进行多尺度分析, 通过分别构建不同空间尺度上的耕地改园地和林地改园地的变化驱动模型, 探讨其驱动因子的尺度效应. 研究表明, 不仅模型的解释能力会随研究尺度发生变化, 驱动因子本身及其影响系数均随研究尺度发生不同程度的变化, 呈现出显著的尺度依赖性规律. 其中, 模型的解释能力和主要驱动因子的制约作用, 均随研究尺度增大而呈逐渐增强的趋势.

关键词: 农业用地; 尺度效应; 驱动因子; 福建省闽清县

中图分类号: S 11+4; TP 79; F 301.24(257)

文献标识码: A

近年来, 众多学者从县域、省域乃至全国尺度上, 对我国历年来土地利用变化及其驱动机制开展了大量的研究工作^[1-4], 其中, 以工业化、城镇化导致的土地利用变化最为引入关注. 对耕地数量与质量在时空格局上的变化研究居多, 而对农业用地内部变化的研究较少^[5]. 福建省是我国人均土地与人均耕地资源最为紧缺的省份之一, 由于山丘多、平地少, 可开垦的后备耕地资源极其有限, 很有必要加强农地数量与时空分布格局变化的监测及内部驱动机制的分析研究. 土地利用变化驱动力分析应优先考虑驱动力因子识别, 以及其作用效应的尺度依赖性的研究^[6]. 有两种量化土地利用及其驱动因子关系的多尺度方法. 一种方法是将数据人为地处理为多种分辨率, 在每种分辨率水平下, 通过土地利用和驱动因子的关系分别统计得出^[7-10]; 另一种方法是采用多层次统计分析方法^[11]. 国内外也进行了相关研究^[6-7, 12-15]. 多层次统计分析方法是一种可以集成不同空间尺度与管理层次, 以及它们之间的相互作用的统计模型, 适合于具有明显的层次结构复杂多变的系统分析^[11, 16]. 本文选取位于闽中多山地区闽清县作为研究区域, 采取多尺度统计分析方法, 分析农业用地变化驱动因子的尺度依赖性规律.

1 研究区概况与数据来源

闽清县位于福建省中部偏北, 北纬 $26^{\circ}38' \sim 27^{\circ}21'$, 东经 $117^{\circ}58' \sim 118^{\circ}57'$, 面积 $4\,214.0\text{ km}^2$. 该县地处闽东大山带的戴云山脉和鹫峰山脉的交接处, 境内地形复杂多样, 山地、丘陵占 91.7%. 属亚热带海洋性季风气候, 山区气候明显, 年平均气温 $18.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, 降雨量 $600 \sim 1\,800\text{ mm}$. 2005 年总人口 51.88 万. 闽清县为福建省商品粮基地, 重点林区县, 境内主要的地类为林地, 其次为耕地、园地, 而其他地类所占比例极小.

文中分析主要的数据来源包括: (1) 闽清县 2003 年和 2005 年 1:1 万土地利用详查数据(福建省地质遥感中心提供); (2) 闽清县 2003 年和 2005 年社会经济统计年鉴; (3) 闽清县 1:5 万数字高程模型(DEM)数据. 从闽清县 2003—2005 年土地利用变化情况可知, 近年来闽清县农用地变化主要表现为耕地的减少, 以及园地和林地的扩展. 本文以耕地变为园地、林地变为园地为例, 作进一步地分析研究.

收稿日期: 2007-11-10

作者简介: 邱炳文(1973-), 女, 助理研究员, 博士, 主要从事 GIS 应用的研究. E-mail: qubingwen@fzu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(D0710011); 福建省科技计划重点项目(2006Y0019, 200710016,

20051011); 国际科技合作项目(2007DFA21600)

2 研究方法

2.1 驱动因子的选取

土地利用变化是社会经济与自然环境交互作用的结果. 本研究中选择驱动因子的依据是, 在尽可能综合考虑各种自然环境与社会经济因子的基础上, 必须兼顾到数据的可获取性, 以及满足定量化、空间化的需求. 具体包括以下 4 个方面. (1) 地形因子. 包括海拔高程、坡度、坡向等变量. (2) 水资源因子. 包括距最近河流的距离. (3) 可达性方面因子. 包括与最近公路的距离、与最近农村道路的距离、与最近铁路的距离、与最近居民点或中心城镇的距离等. (4) 社会经济因子. 包括以村为统计单元的总人口、村财政收入、农民人均纯收入. 为了保证聚合过程中信息的无损性, 尽可能用其值在栅格单元中的百分比表示. 本文所选取的闽清县土地利用候选驱动因子, 如表 1 所示.

表 1 闽清县土地利用变化候选驱动因子
Tab. 1 Candidate land use driving forces in Minqing County

候选驱动因子	单位	候选驱动因子	单位
边坡小于 5° 的土壤所占的百分数	%	距最近铁路的距离	m
边坡为 5~ 15° 的土壤所占的百分数	%	距最近河流的距离	m
边坡为 15~ 25° 的土壤所占的百分数	%	距最近高等级公路的距离	m
边坡大于 25° 的土壤所占的百分数	%	距最近农村道路的距离	m
北坡所占的百分数	%	距最近城乡居民点的距离	m
东坡所占的百分数	%	南坡所占的百分数	%
海拔高程	m	总人口密度	人 · km ⁻²
村财政收入	元	农民人均纯收入	元
距最近城镇的距离	m	西坡所占的百分数	%

2.2 数据预处理

为了分析与处理的方便, 空间数据采用栅格格式. 首先, 生成土地利用及相应的研究区域内所有驱动因子的栅格数据图层, 并在此基础上形成基于基本研究单元的序列规模数据图层. 土地利用类型数据用它在该栅格中所占的百分比表示, 而不是传统方法中用在该栅格中占主导地位的土地利用类型来表示, 其优点是可以很好地保持数据的一致性. 驱动因子由于涉及各方面的因素, 数据来源与格式均不相同, 其处理方式也有差别. 其中, 地形方面驱动因子数据都从数字高程模型(DEM) 中获取, 可达性方面的因子如与最近居民点的距离等, 可通过 ESRI ARCGIS 8.3 系列软件结合其 1: 1 万空间分布图获得.

选取基本研究单元时, 采用尽可能高的空间分辨率, 同时考虑计算能力的限制. 最终选择闽清县基本研究单元为 100 m × 100 m, 总共有 149 410 个基本研究单元. 为了最大限度地保证信息的无损性, 在驱动因子的数据预处理中, 首先生成 10 m × 10 m 土地利用与驱动因子栅格数据图层, 然后通过平均值法聚合^[7-8], 分别生成 1 × 1(100 m × 100 m) 基本研究单元, 以及 2 × 2(200 m × 200 m) , 3 × 3(300 m × 300 m) , 乃至 20 × 20(2 km × 2 km) 聚合规模(空间尺度) 序列数据图层.

2.3 多元统计分析方法

采用逐步回归分析, 确定对土地利用空间分布贡献比较显著的自然与社会经济驱动因子(以 0. 05 的显著性水平作选择标准) . 用这些与土地利用空间分布关系密切的驱动因子, 建立土地利用空间分布多元回归线性回归模型, 即^[17].

$$C_{x,y,t,c} = \beta_0 + \beta_1 \cdot F_{x,y,t,1} + \beta_2 \cdot F_{x,y,t,2} + \dots \beta_n \cdot F_{x,y,t,n}.$$

其中 $C_{x,y,t,c}$ 为 t 年中栅格 x, y 中土地利用方式 c 所占的百分比, $F_{x,y,t,n}$ 为驱动因子 n 在 t 年时栅格 x, y 中的值, β_n 为驱动因子 n 的标准回归系数.

考虑到回归模型的简便性, 只选取在逐步回归分析中贡献最大的前 7 个驱动因子, 因为增加更多的驱动因子后, 模型的解释能力变化不大. 修正的回归系数(R_A) 表示回归方程中自变量对因变量(土地利用类型) 的解释水平, 标准化回归系数(R_{sb}) 可以用来衡量在该回归方程中各因变量的相对重要性大小. 在不同研究尺度水平上, 重复进行土地利用与驱动因子的逐步回归分析得到多尺度分析结果.

2.4 以乡为研究单元的驱动力分析

大多数县域社会经济因子统计值是以“乡”为单元. 因而, 为了更全面地研究各种社会经济因素对农用地变化的影响, 将表 1 自然条件因子汇总到每个乡建立农用地内部变化的驱动力回归模型, 开展以乡为研究单元的土地利用变化驱动力研究.

3 结果分析

闽清县 2003– 2005 年两种主要农用地变化线性回归模型, 以及在 1~ 20(100 m × 100 m 至 2 km × 2 km) 不同聚合规模上的修正回归系数(R^2) 值, 如图 1 所示. 图 1 表明, 所有的模型均达到 0.001 显著性水平. 模型的修正回归系数值总体上随研究尺度的增大而升高, 耕地变为园地的回归模型解释能力略强.

3.1 耕地变为园地的驱动力尺度效应分析

影响闽清县耕地变园地主要驱动因子的贡献程度随尺度变化规律, 如图 2(a) 所示. 图 2(a) 中, 线条 1~ 8 分别为海拔高程, 距最近城乡居民点的距离, 边坡为 5~ 15° 的土壤所占的百分数, 南坡所占的百分数, 农民人均纯收入, 距最近农村道路的距离, 边坡为 15~ 25° 的土壤所占的百分数, 距最近城镇的距离. 由图 2 可以看出, 海拔高程是最为重要的驱动因子, 并且其贡献程度随研究尺度增大呈增强趋势; 其次, 是与居民点的距离、农民人均纯收入、坡度、与农村道路的距离等, 其中南坡因子的影响仅仅体现在部分研究尺度上. 所有驱动因子的贡献程度也随研究尺度增大呈增强趋势. 可见, 耕地变园地一般发生在海拔较低、坡度处在 5~ 25° 之间、临近居民点但远离农村道路, 并且农民人均纯收入较低的区域. 究其原因, 基于耕作成本和园地本身的特点的考虑, 临近居民点的低海拔山坡地区比较适合园地发展, 而农民人均纯收入与耕地改园地的负相关关系. 这一定程度上反映了农民收入的主体部分并非来自农业, 而是第二、三产业. 这与实际调研的情况相吻合.

3.2 林地变为园地的驱动力尺度效应分析

影响闽清县林地变园地主要驱动因子的贡献程度随尺度变化规律图, 如图 2(b) 所示. 图 2(b) 中, 线条 1~ 7 分别为海拔高程, 距最近高等级公路的距离, 距最近农村道路的距离, 总人口密度, 农民人均纯收入, 距最近城乡居民点的距离, 边坡为 5~ 15° 的土壤所占的百分数. 从图 2(b) 中可以看出, 海拔高程是最为重要的驱动因子, 并且其贡献程度随研究尺度增大呈增强趋势; 其次, 为坡度、与农村道路的距离、农民人均纯收入、总人口密度、与居民点的距离、与公路的距离等. 其前 3 个因子的贡献程度均随研究尺度增大呈一定的增强趋势. 可见, 林地变园地一般发生在海拔较低、坡度处在 15~ 25° 间、临近居民点和公路且农民人均纯收入和总人口密度均较低的区域. 究其原因与耕地变园地的情况类似, 它与总人口密度的负相关关系表明, 林地改园地并非受到人口压力所致, 它只可能是农业结构调整的结果.

3.3 以乡为研究单元驱动力分析结果

以乡为研究单元, 耕地到园地面积变化的驱动因子分析可知, 除海拔高程、坡度、与河流的距离及坡向因子外, 劳动力占农业人口比例、农业生产总值变化、农业人口密度变化、林业生产总值、牧业生产总值变化等为耕地转变为园地的主导驱动因子, 其次为与高等级公路的距离、农业人均收入、农业从业人口占农村人口比例及总人口密度等. 研究表明海拔较低、坡度在 5~ 15° 之间的土壤所占的比例较大, 劳动力占农业人口比例较小, 与河流的平均距离较近、农业生产总值增加较快、东坡分布较广、农业人口密度变化, 以及农牧业生产总值等的变化均较小的乡镇更有利于耕地转变为园地. 除自然因素的制约外, 耕地到园地的转变与劳动力占农业人口比例、农业生产总值最为密切相关, 将耕地改为园地带来农业生产总值的增加, 体现为农业结构调整的结果. 劳动力人口占农业人口比例小的乡镇, 以老人或小孩居多. 据调研的结果, 闽清县从事农业的人口很大部分为 60 岁以上的老人, 青壮年多在本地从事第二、三

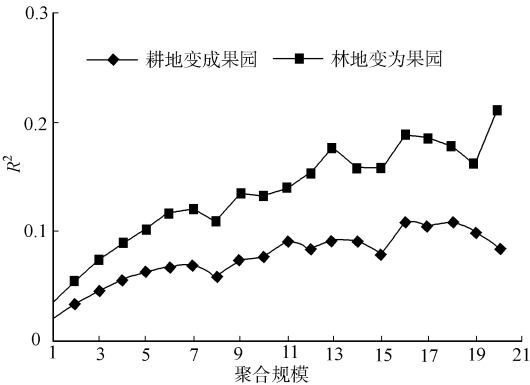


图 1 2 种主要的农用地变化的修正回归系数值
Fig. 1 R_A of multiple regression models for 2 main agricultural land use changes

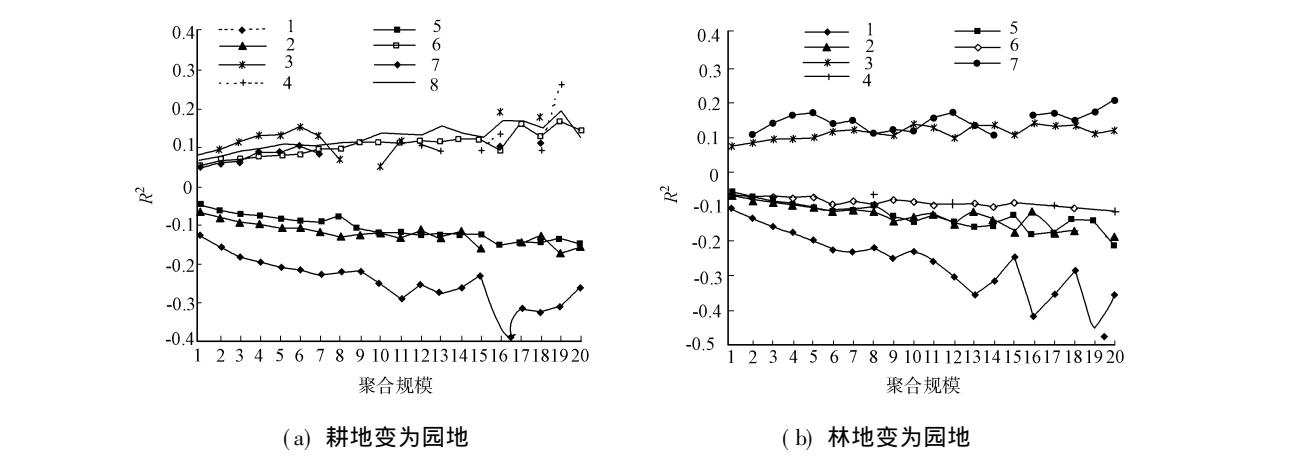


图 2 驱动因子在不同聚合规模上的标准回归系数

Fig. 2 Standard beta of primary driving forces

产业或外出打工, 与分析结果是相吻合的。

以乡为研究单元, 林地到园地面积变化的驱动因子分析可知, 林地变为园地的情况与耕地变为园地的情况比较类似。其主要的驱动力因子依次为: 劳动力人口占农村人口比例、坡度、与河流的距离、海拔高程、农业生产总值变化、农业人口密度变化、东坡所占的百分比、农业收入, 等等。其中, 最为密切相关的驱动力因子为劳动力人口占农村人口比例、农业总产值的变化。劳动力人口占农村人口比例越大, 越不利于林地向园地的转变。分析其原因与耕地改为园地的情况类似。

将多尺度分析与以乡为研究单元的研究结果对比分析发现, 后者的研究中, 农用地内部的变化更多解释为社会经济因素导致的结果, 而对应的自然条件因素基本一致, 如海拔高程与坡度。但也有例外, 如与河流的距离, 在 $100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 至 $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ 农用地变化驱动力多尺度分析结果中并非主要的驱动因子, 而在以乡为研究单元的分析结果中却成为最主要的驱动因子之一。

以乡为研究单元的研究结果从更大的粒度上, 反映了导致农用地内部变化的驱动力状况, 特别是与劳动力占农业人口比例、农业生产总值与收入等社会经济因素的关系, 以便更好地从宏观上了解导致农用地内部变化的原因。由于闽清县多山的地形特点, 随着闽清县经济结构由以农业为主逐渐转向以工业为主, 劳动力的进一步转移, 传统大田农业将越来越不受到重视。通过实地调研表明, 闽清县只能靠引进新品种、推广新技术实施产供销一体化, 形成有一定规模的特色农业经济才能确保农业的有效发展。

4 结束语

通过构建福建省闽清县农用地变化的驱动力多尺度模型, 分析探讨了农用地变化驱动力的尺度效应。研究结果表明, 模型的解释能力、驱动因子变量及其影响系数均会随研究尺度发生不同程度的变化, 回归模型的解释能力总体上随研究尺度增大呈增强趋势, 这与 Veldkamp 等^[6]、De Koning 等^[7]的研究结果相一致。所不同的是, 本文的研究同时表明, 农用地变化驱动因子的制约作用也随研究尺度增大呈增强趋势, 而文[6-7]的研究由于所采用的尺度规模序列比较小, 因而并未得出驱动力因子随尺度变化的一般规律。

参考文献:

[1] 李晓文. 近 10 年来长江下游地区耕地动态变化特征[J]. 自然资源学报, 2003, 18(5): 562-567.

[2] 刘彦随, 彭留英, 王大伟. 东南沿海地区土地利用转换态势与机制分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(3): 333-339.

[3] 刘纪远, 张增详, 庄大方, 等. 中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1-613.

[4] 李 平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 129-138.

[5] 刘成武, 李秀彬. 1980 年以来中国农地利用变化的区域差异[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 139-145.

[6] 邵景安, 李阳兵, 魏朝富, 等. 区域土地利用变化驱动力研究前景展望[J]. 地球科学进展, 2007, 22(8): 798-809.

[7] VELDKAMP A, FRESCO L O. Reconstructing land use drivers and their spatial scale dependence for Costa Rica [J]. Agricultural Systems, 1997, 55: 19-43.

[8] VERBURG P H , CHEN Y Q . Multi-scale characterization of land-use patterns in China [J] . Ecosystems, 2000, (3): 369-385.

[9] KOK K , VELDKAMP A . Evaluating impact of spatial scales on land use pattern analysis in Central America [J] . Ecosystems and Environment, 2001, 85: 205-221.

[10] DE KONING G H J , VELDKAMP A , FRESCOL L O . Land use in Ecuador: A statistical analysis at different aggregation levels [J] . Ecosystems and Environment, 1998, 70: 231-47.

[11] GOLDSTEIN H . Multilevel statistical models [M] . London: Edward Arnold, 1995

[12] WALSH S J , CRAWFORD T W , WELSH W F , et al . A multiscale analysis of LULC and NDVI variation in Nang Rong district, northeast Thailand [J] . Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001, 85: 47-64.

[13] 陈佑启 . 中国土地利用/ 土地覆盖的多尺度空间分布特征分析[J] . 地理科学, 2000, 20(3): 197~ 202

[14] 邓祥征, 战金艳 . 中国北方农牧交错带土地利用变化驱动力的尺度效应分析 [J] . 地理与地理信息科学, 2004, 20 (3): 64-68 .

[15] 邱炳文 . 福建省龙海市土地利用空间分布驱动因子的尺度效应分析[J] . 自然资源学报, 2007, 22(1) : 70-78.

[16] OVERMARS K P , VERBURG P H . Multilevel modelling of land use from field to village level in the Philippines [J] . Agricultural Systems, 2006, (2-3) : 435-456.

[17] VERBURG P H , DE KONING G H J , KOK K , et al . A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use [J] . Ecological Modelling, 1999, 116: 45-61.

Scale Effect Analysis of Driving Forces of Agricultural
Land Use Change in Minqin County

QIU Bing-wen¹, GAO Jian-yang², CHEN Chong-chen¹,
SUI Yin-bo¹, CUI Hong-sheng¹

(1. Key Laboratory of Data Mining & Information Sharing of Ministry of Education, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China;
2. Geological Remote Sensing Centre of Fujian Province, Fuzhou 350002, China)

Abstract: The main purpose of this paper was to perform a multi-scale analysis of agricultural land use changes of Minqing County in Fujian Province by means of statistical analysis based on bio-geophysical, socio-economic and infrastructural conditions. 18 variables were selected as the candidate land use drivers and 2 main agricultural land use change were considered. The independent of 2 main agricultural land use changes, plantation to garden plot, woodland to garden plot, were constructed at multiple scales respectively. 20 socio-economic variables on the basis of countryside areas and 15 bio-geophysical variables with mean value were used to construct another agricultural land use changes model. The multi-scale analysis results showed that 2 main agricultural land use change models varied with aggregation level and independent variables explained more of the variance for the explanation of land use type at higher aggregation levels. The analysis results on the base of countryside showed that both agricultural land use changes of plantation to garden plot and woodland to garden plot were mainly influenced by the percentage of labor to agricultural population and agricultural gross domestic product including several bio-geophysical variables.

Keywords: agricultural land use; scale effect; driving force; Minqing County in Fujian Province

(责任编辑: 黄仲一)