

哈尼梯田土地利用空间格局及其变化的信息图谱研究

胡文英^{1,2}, 角媛梅², 范 弢²

(1. 昆明理工大学环境科学与工程学院, 云南 昆明 650093)

2. 云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650092)

摘要: 以云南省元阳县为例, 建立土地利用空间格局及变化信息图谱, 对其图谱特征进行分析。结果表明: 土地利用时空演变征兆图谱更直观形象的揭示区域土地利用变化的基本模式, 提供时空复合的表达方式; 土地利用斑块形态与空间扩展图谱的建立应用空间格局研究中的相关概念和方法, 将微观、宏观层次图形信息与变化过程结合; 土地利用变化景观特征图谱建立以度量空间格局变化为目标的景观指数体系。

关 键 词: 信息图谱; 土地利用空间格局; 景观变化特征

中图分类号: TP311.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2008)03-0419-06

信息图谱是用数字化、系列化的图形图像揭示客观事物和现象空间结构特征与时空变化规律的一种方法与手段^[1,2], 它能够将复杂问题的本质属性简洁、直观地可视化表达, 而且具有图形多维化、时空动态化等特点^[3~5]。传统的土地利用空间格局及变化研究大多局限于对土地利用类型的转化和土地质量变化的统计分析以及对空间格局的静态解释^[6~9]; 构建土地利用变化信息图谱, 通过数字化图形抽象概括出不同空间尺度上土地利用变化的最小图谱单元, 将土地利用变化过程谱系化、动态化, 发挥信息图谱数据挖掘、知识发现的特长, 进一步深化土地利用变化内在规律的挖掘与多维表达。本文以云南省元阳县作为研究区, 以遥感影像、统计资料为基础数据, 在 GIS 技术支持下, 将土地利用与景观和地学图谱相结合, 建立土地利用变化信息图谱, 为探索研究区土地利用变化成因、过程, 预测未来趋势及环境影响提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

元阳县地处云南南部, 102°27'~103°13'E, 22°49'~23°19'N 之间。北回归线以南, 气候属亚热带

季风气候类型, 湿润多雨, 年降水量 1 403 mm, 年均温度 16.4℃, 年均日照 1 770.2 h, 年无霜日 363 d, 干湿季分明, 立体气候显著, 素有“一山有四季, 隔里不同天”之称。最低海拔为 144 m, 最高海拔为 2 939.6 m, 光、热、水、土等自然资源十分丰富。全县总面积 2 207.86 km²。水稻土和森林分布广泛。境内受红河水系和藤条江水系的切断, 无一平川。山峦叠嶂, 沟壑纵横, 梯田密布, 为山高谷深的切割中山地貌。

该县城南沙距省会昆明 334 km, 距州府蒙自 146 km。境内现设 2 镇 13 乡, 132 个村委会, 4 个社区居民委员会, 970 个自然村, 世居哈尼、彝、傣、苗、瑶、壮、汉 7 个民族。全县总人口 37.15 万人, 其中, 哈尼族占 53.3%。另外, 元阳梯田规模巨大, 最高级数达 50 00 级, 坡度最大达 75°, 在中外梯田景观中罕见, 而梯田、云海、蘑菇房、聚落景观浑然一体的美景已使之成为名扬海内外的观光胜地和摄影场所(图 1)。

1.2 数据来源与数据处理

本研究应用数据主要包括: 1973 年空间分辨率为 80 m 的 MSS 数据; 1992 年和 2000 年空间分辨率为 30 m 的 TM 数据。以此为主要数据源, 经

收稿日期: 2007-04-12 修订日期: 2007-08-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(40401022)、云南省自然科学基金项目(2004D0016Q)、云南省教育厅科学研究基金项目(06Y086A)资助。

作者简介: 胡文英(1971-), 女, 重庆合川人, 讲师, 在职博士, 主要从事遥感与地理信息系统的教学和科研工作。E-mail: huwy539@sohu.com



图 1 研究区位置图
Fig 1 Location of the study area

过图像校正、增强和裁剪等处理后,结合 1992年土地利用现状图、社会经济统计数据以及专题地图解译,得到云南省元阳县的各期土地利用分类图。在 ARC/NFO中对土地利用矢量图进行信息提取、空间叠加分析、自动制图输出,在 EXCEL中完成各类指标的统计运算,得到土地利用变化信息图谱。参照国家通用的土地利用现状分类体系,本文将研究区土地利用类型合并为有林地、灌木林、水田、荒草地、旱地、园地、未利用地七大地类。

1.3 土地利用空间格局及变化信息图谱

地学信息图谱借助遥感和 GIS 技术,提供了能够从多尺度对土地利用变化外部特征进行图形运算的途径和表示方法,使土地利用变化这一复杂的地理过程可以转化成严谨的数字化时空动态模型加以记录、分析和研究^[10],这也是地学信息图谱 GIS 技术在解决时间维的表达问题中的一个重要研究方向。

土地利用空间格局及变化研究包括影像部分和分析部分。影像部分构成区域土地利用变化的图形信息库,由多期遥感影像、矢量图件组成,它提供了研究期土地利用变化过程的直接信息和间接信息,即土地利用变化过程的起始、终止状态,同一时期不同土地利用类型之间和同一类型不同时期之间的空间形态差异;分析部分则是以影像为基础进行信息提取,建立土地利用时空演变基本模式、空间扩展过程、景观特征信息图谱研究体系。

2 土地利用空间格局及变化信息图谱的构建

2.1 土地利用时空演变基本模式

土地利用的一个重要特征是其具有空间区位

的固定性与独特性^[11],图谱是土地利用时空变化可视化、抽象化的一种手段。土地利用时空演变征兆图谱把时间轴上特定时刻空间单元上的土地利用类型作为描述空间过程一体化研究的图谱单元状态变量,利用 ARC/INFO 的空间数据管理和分析功能,提取图谱单元状态变化的信息,主要包括土地利用类型数量变化情况(可见同期土地利用面积转移矩阵)和土地利用类型空间变化的基本模式。各种土地利用类型之间相互转化情况由不同时期矢量图层叠加分析得到,单一利用类型变化情况可根据属性提取变化状态。本文以有林地、水田、园地的变化为例(图 2)。

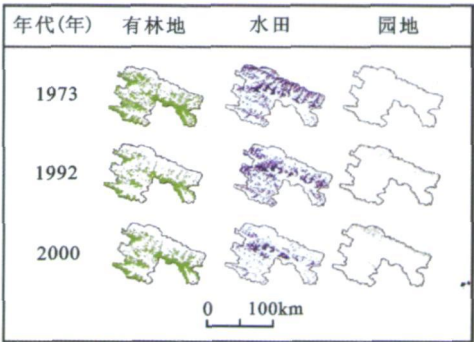


图 2 1973~2000年元阳县土地利用变化信息图谱
Fig 2 Change of land-use information in Yuanyang County from 1973 to 2000

由图谱及统计数据可知,1973~2000年的二十几年间,7种地类的面积均发生变化。1973~1992年间,面积净变化量以有林地最大,其次为荒草地、灌木林、园地和水田。在减少的地类中,有林地、未利用地和水田面积有所减少,有林地减少 178.37 hm^2 ,占 1973 年有林地总面积的 25.70%。其次为未利用地和水田,分别减少了 10.98% 和 9.9%。在增加的地类中,荒草地增加的面积最大, 106.33 hm^2 。其次为灌木林和园地。园地从无到有,增加比例 100%。1992~2000 年土地利用类型的转型仍然持续上一时期的趋势,即水田和未利用地持续减少,灌木林、荒草地和园地曾上升态势,只是有林地在这一时段由原来减少态势变为增加,旱地由原来的增加态势变为减少。在持续减少的地类中,水田减少面积最大,减少 95.38 hm^2 ,占 1992 年水田总面积的 24.24%,其次为旱地和未利用地,分别减少 86.16 hm^2 和 39.73 hm^2 ,分别占 1992 年旱地和水田总面积的 24.77% 和 35.22%。在增

加的地类中,以园地增长速度最快,为 87.93%,其次为荒草地、灌木林和有林地。

分析 1973、1992、2000 年 3 期数据得出如下结论:研究期内,有林地、水田、旱地和未利用地呈现减少趋势;灌木林、荒草地和园地呈增长趋势。1973~2000 年这 27 年间不同土地利用类型的相互转化比较复杂,主要发生在有林地、灌木林和荒草地及水田和旱地之间,最显著演变过程有旱地-水田、旱地-荒草地、灌木林-有林地、有林地-灌

木林、灌木林-园地、灌木林-未利用地。

2.2 土地利用变化空间扩展过程分析

土地利用方式的变化是复杂、多向性的,且土地利用变化在一定的空间尺度上可能表现出集聚、扩散趋势。土地利用斑块形态与空间扩展图谱(图 3)能提供土地利用动态变化的宏观与微观图谱信息,将土地利用空间扩展过程可视化、抽象化、模型化,了解空间变化内在机制,预测未来土地利用方式的变化。

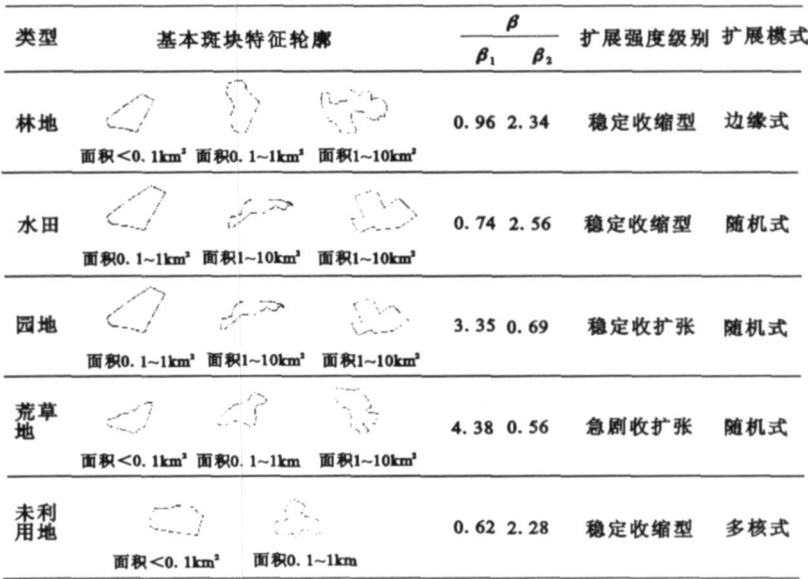


图 3 土地利用斑块形态与空间扩展图谱

Fig 3 Shape and spatial expandability Tupu of land-use patches

土地利用类型斑块是土地利用空间图形信息的基本组成单元,斑块类型、数量、形状、空间分布及空间组合决定区域土地利用空间格局^[12~18]。由图谱可以发现,水田和园地的斑块通常表现为规则的直角多边形,这是人类活动作用的最显著标志;林地斑块面积小于 0.1 km² 时多表现为较规则的近矩形,而当面积在 0.1~1 km² 时形状趋于复杂,在 1~10 km² 时多表现为边缘更为复杂的簇状多边形;荒草地斑块小于 0.1 km² 呈边缘较平滑的多边形,当面积增大时,边缘更为曲折;其它土地利用类型的斑块也多为不规则图形,边缘较为曲折。

图谱中,β代表土地利用类型年均空间扩展强度,包括土地利用类型空间扩张强度(β₁)和空间收缩强度(β₂)两个指标,表达式如下:

$$\beta_1 = [(KLA_{i,t+n} - ULA_{i,t}) / n] / TLA_t \times 100\% \quad (1)$$

$$\beta_2 = [(WLA_{i,t+n} - ULA_{i,t}) / n] / TLA_t \times 100\% \quad (2)$$

$NLA_{i,t+n} = KLA_{i,t+n} + ULA_{i,t} - WLA_{i,t+n} \quad (3)$

式中,β₁为某土地利用类型年均扩张强度;β₂为年均收缩强度;KLA_{i,t+n}表示该土地利用类型 t+n 年扩张面积;WLA_{i,t+n}表示该土地利用类型 t+n 年收缩面积;ULA_{i,t}表示该土地利用类型 t 年的面积;NLA_{i,t+n}表示该土地利用类型 t+n 年的总面积;TLA_t为 t 年的土地总面积。根据 β₁、β₂ 的数值将扩展强度进行分级(表 1)。

由图谱(图 3)可知,园地为稳定扩张型,即该类型面积增加的态势比较稳定,在短期内基本保持扩张的趋势;林地、水田、未利用地均属于稳定收缩型,面积持续减少;荒草地属于急剧扩张型,变化程度比较剧烈,荒草地扩张的趋势将延续。土地利用空间扩展强度分级从一定程度上反映区域内土地利用类型的总体变化趋势,为制定合理有效的土地管理政策提供科学依据。

表 1 土地利用变化空间扩展强度分级

Table 1 Classification of spatial expandability intensity of land use change

相对稳定型	急剧收缩型	稳定收缩型	稳定扩张型	急剧扩张型
$\beta_1 + \beta_2 < 3$	$\beta_1 + \beta_2 > 3$	$\beta_1 + \beta_2 > 3$	$\beta_1 + \beta_2 > 3$	$\beta_1 + \beta_2 > 3$
$ \beta_1 - \beta_2 < 1$	$\beta_1 - \beta_2 < -3$	$-3 < \beta_1 - \beta_2 < -1$	$1 < \beta_1 - \beta_2 < 3$	$\beta_1 - \beta_2 > 3$

土地利用变化空间扩展模式借鉴基于景观异质性理论土地转换镶嵌系列模式^[19](图 4), 采用网格法计算单元空间属性值, 并将不同时期土地利用图进行叠加, 如果某种转换模式占该土地利用类

型斑块变化面积 75% 以上, 则以这种转换模式作为该土地利用类型的空间扩展模式, 最后得出区域内各种土地利用类型的空间扩展模式(图 3), 其中边缘式是生态上比较理想的土地转换模式。



图 4 土地利用转换模式
Fig 4 Land use conversion patterns

2.3 土地利用景观格局图谱分析

土地利用空间格局是由异质性的斑块镶嵌而成的, 从错综复杂的斑块镶嵌中发现其空间分布规律是土地利用空间格局研究的关键。应用景观生态学的方法进行景观格局与动态分析, 建立土地利用变化空间格局与过程之间的相互联系, 借助遥感、GIS 等技术将图表描述与景观指数量化描述途径结合。

每一土地利用类型图斑特征都可以用几个图形参数来刻画, 图形参数随面积变化而变化的曲线可以有效地揭示和区分不同的土地利用类型特征。本研究选取分维数作为描述图形特征的指标, 其指标的具体计算采用了目前国内外通用的公式^[20-21]。一般情况下, 分维数反映了斑块边缘的复杂程度, 其理论范围值在 1.0~2.0, 1.0 代表形状最简单的正方形, 2.0 代表同等面积下周长最

复杂的图形。分维数在一定程度上反映了人类活动对斑块的影响程度, 人类活动影响程度越大, 斑块分维数越小。

通常不同土地利用类型的斑块, 其关系曲线变化趋势有所不同。以有林地、水田、园地为例, 依据土地利用图形信息库提供的斑块属性数据进行指数计算, 绘制出土地利用斑块面积与景观指数分维数关系图谱, 图 4 中横轴是选取各类型斑块分布集中的面积为 0.1~1 km² 的斑块进行分析。根据各土地利用类型斑块的图形参数的差异, 可从大量斑块中提取出代表该土地利用类型的特征斑块。各类型斑块景观指数年际变化情况可由不同时间序列面积与指数关系得出(图 5)。

由图谱可直观看见: 不同土地利用类型的分维数其随时间变化而变化的曲线。面积较小的水田, 其平均分维数也较小, 水田次之, 有林地的平均

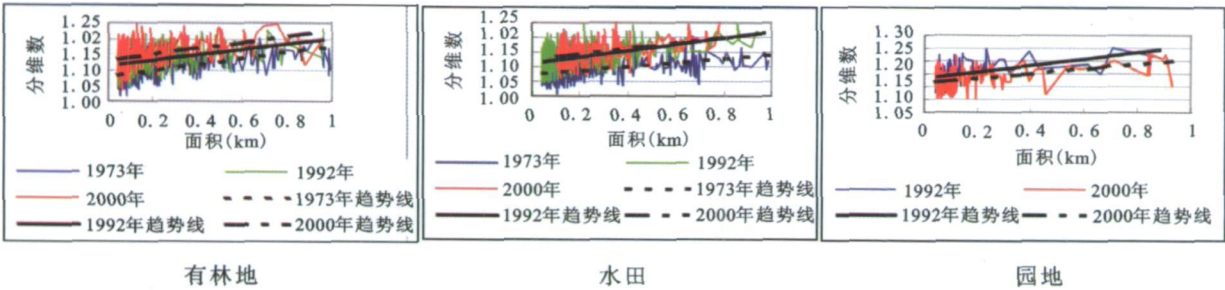


图 5 土地利用类型分维数变化曲线

Fig 5 Fractal dimension curves of different land uses from 1973 to 2000

分维数最大。这是由于有林地面积总数较大, 在土地利用图上表现为其它土地利用斑块镶嵌其中的基质, 与各种土地利用斑块有较多的公共边界, 斑块边缘形状比较复杂。且其分维数随斑块面积的变大有明显的增加趋势, 即面积愈大边缘愈复杂。三种土地利用类型的分维数都有随斑块面积增大而增加的趋势。

比较各土地利用类型 1973、1992 和 2000 年的分维数可知, 有林地的变化范围依次在 1.08~1.18、1.12~1.19、1.14~1.21 之间, 水田的变化范围依次在 1.08~1.14、1.12~1.20、1.13~1.21 之间, 园地的变化范围依次在 1.24~1.29、1.14~1.24 之间。其中, 水田在 1973~1992 年间分维数变化最多, 由原来的 1.1 增长为 1.15, 表明在此期间, 随着水田面积的不断减少, 斑块边缘趋于复杂; 在 1992~2000 年期间, 水田的平均分维数虽有增大的趋势, 但其变化比例不大, 小范围斑块的增减对总体影响稍弱, 两期数值变化较小; 有林地的分维数 2000 年比 1992 年有所增大, 1992 年比 1973 年又有所增大, 且在两个研究时段内, 分维数的增长速度大致相同, 这与有林地类型转移变化频繁、程度剧烈有关。同时随着垦殖程度的加强, 原来大面积分布的有林地不断被吞噬, 斑块边缘趋于复杂; 而园地的分维数 2000 年比 1992 年则有所减小, 表明园地受人类活动影响 2000 年比 1992 年明显、斑块形状趋于简单, 边缘比较规则且数值最小。

3 结 语

本文将图谱方法引入土地利用空间格局及变化研究, 实现图谱与数学模型的结合, 主要针对土地利用变化图谱信息的数据挖掘及多维图解的表达方法进行探索研究, 得出结论:

1) 1974~2000 年 27 年间, 元阳县土地利用结构总体来说, 有林地、水田、旱地和未利用地呈现减少趋势; 灌木林、荒草地和园地呈增长趋势。不同土地利用类型的相互转化比较复杂, 主要发生在有林地、灌木林和荒草地及水田和旱地之间。所建立的土地利用时空演变征兆图谱更直观形象的揭示研究区域土地利用变化的基本模式, 提供时空复合的表达方式。

2) 元阳县土地利用类型中, 水田和园地斑块通常表现为规则的直角多边形; 林地斑块面积小于 0.1 km^2 时多表现为较规则的近矩形, 当面积大于

0.1 km^2 时形状趋于复杂; 荒草地斑块小于 0.1 km^2 呈边缘较平滑的多边形, 面积增大时, 边缘更为曲折; 其它土地利用类型斑块也多为不规则图形。从土地利用扩展强度看, 林地、水田、未利用地均属于稳定收缩型, 园地为稳定扩张型, 荒草地为急剧扩张型, 从土地利用的扩展模式看, 水田、园地和荒草地呈随机式, 林地呈边缘式, 未利用地呈多核式。土地利用斑块形态与空间扩展图谱能够提供土地利用动态变化的宏观与微观信息, 通过建立数学模型分析各种土地利用类型的扩展强度和扩展模式, 将土地利用空间扩展过程可视化、抽象化、模型化, 有一定理论研究价值。

3) 林地、水田和园地这三种土地利用类型分维数都与其斑块面积呈正相关。通过横向(斑块面积与景观指数关系)、纵向(景观指数年际变化)指数量化描述, 土地利用变化景观特征图谱建立以度量空间格局变化为目标的景观指数体系, 分析研究区内作为景观类型的各种土地利用方式变化趋势及其与人类活动关系, 为区域内土地可持续利用政策制定提供依据。

参考文献:

[1] 刘殿伟, 宋开山, 王丹丹, 等. 近 50 年来松嫩平原西部土地利用变化及驱动力分析 [J]. 地理科学, 2006, 26(3): 277~283.
[2] 陈述彭, 岳天祥, 励惠国. 地学信息图谱研究及其应用 [J]. 地理研究, 2000, 19(4): 337~343.
[3] 陈 燕, 齐清文, 杨桂山. 地学信息图谱的基础理论探讨 [J]. 地理科学, 2006, 26(3): 306~310.
[4] 周成虎, 李宝林. 地球空间信息图谱初步探讨 [J]. 地理研究, 1998 (增刊): 10~16.
[5] 陈述彭. 地学信息图谱刍议 [J]. 地理研究, 1998, (增刊): 5~9.
[6] 范月娇. 基于遥感和 GIS 一体化技术的三峡库区土地利用变化研究 [J]. 地理科学, 2002, 22(5): 593~597.
[7] 肖捷颖, 葛京凤, 沈彦俊, 等. 基于 TM 和 EIM + 遥感分析的石家庄市土地利用 覆被变化研究 [J]. 地理科学, 2005, 25(4): 495~500.
[8] 朱晓华, 蔡运龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制 [J]. 地理科学, 2005, 25(6): 671~677.
[9] 刘湘南, 许红梅. 土地利用空间格局的图形信息表达初步研究 [J]. 地理科学, 2001, 21(1): 79~84.
[10] 李月臣, 刘春霞. 北方 13 省土地利用 覆盖动态变化分析 [J]. 地理科学, 2007, 27(1): 45~52.
[11] 刘湘南, 许红梅, 黄 方. 土地利用空间格局及其变化的图形信息特征分析 [J]. 地理科学, 2002, 22(1): 79~84.
[12] Forman R T T. Land Mosaics: the Ecology of landscapes and Regions [M]. New York: Cambridge University Press, 1995.

[13] 李忠武, 蔡强国, 曾光明. 黄土丘陵沟壑区土地利用类型与土地生产力关系模拟研究——以王家沟小流域为例[J]. 地理科学, 2007, 27(1): 53~ 57.

[14] 朱晓华, 李加林, 杨秀春, 等. 土地空间分形结构的尺度转换特征[J]. 地理科学, 2007, 27(1): 58~ 62

[15] 朱永恒, 濮励杰, 赵春雨. 景观生态质量评价研究——以吴江市为例[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 182~ 187.

[16] 王秀春, 黄秋昊, 蔡运龙, 等. 贵州省猫跳河流域耕地空间分布格局模拟[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 188~ 192

[17] 岳文泽, 徐丽华. 城市土地利用类型及格局的热环境效应研究——以上海市中心城区为例[J]. 地理科学, 2007, 27(2): 243~ 248

[18] 吴文斌, 杨 鹏, 柴崎亮介, 等. 基于 Agent的土地利用/土地覆盖变化模型的研究进展[J]. 地理科学, 2007, 27(4): 573~ 578

[19] 肖笃宁, 布仁仓, 李秀珍. 生态空间理论与景观异质性[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 453~ 461.

[20] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001

[21] 唐立娜, 陈 春, 王庆礼, 等. 基于遥感的东北农牧交错区景观格局与变化研究——以吉林省长岭县为例[J]. 地理科学, 2005, 25(1): 81~ 86

Research on Information Tupu of Land Use Spatial Pattern
and Its Change in Hani Terraced Fields

HU Wen-Ying^{1, 2}, JIAO Yuanmei², Fan Tao²

(1 School of Environmental Science and Engineering, Kunming Science and Technology University, Kunming, Yunnan 650093; 2 School of Tourism and Geography, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650092)

Abstract Taking Yuanyang County in Yunnan Province as an example, based on remote sensing, GIS spatial analysis and statistical analysis model, this paper establishes the information Tupu of land use spatial pattern and its change from the following three aspects: land use spatio-temporal change mode, the expansion process of space, and landscape characteristics. Then it analyzes the characteristics of these Tupu. The results show that: (1) The established land use spatio-temporal change premonition Tupu can reveal the basic modes of land use change in the study regions more visually, including the quantitative and structural changes of various land use types. Unlike the previous study, it provides the digital and vector graphics information for the further study of its spatio-temporal changes, and can real-time update, edit process, and use the time as the axis to describe and explain the process of land use change, and provides a spatio-temporal expression way. (2) The land use patch shapes and spatial expansion Tupu can provide the macroscopic and microscopic information of land use dynamic change. Through establishing mathematical models to analyze the expansion intensity and expansion patterns of various land use types, the land use spatial expansion process can be visualized, abstracted, and modeled, which has a certain theoretical research value for understanding the internal mechanism of spatial changes and then predicting the future land use changes. (3) The fractal dimensions of three land use types of forest, paddy field and garden are all positively correlated with the patch areas. Through the horizontal (the relation between patch area and landscape index) and vertical (the interannual variation of landscape index) quantitative description of indexes, the land use change and landscape characteristic Tupu has established the landscape index system for measuring the changes of spatial patterns to analyze the change trend of various land use types (i.e. the landscape types) in the study regions, and their relations with human activities, so as to provide the basis for the formulation of sustainable land use policies in the study regions.

Key words Information Tupu method, spatial pattern of land use, landscape characteristics