

# 土地利用动态变化研究方法探讨

王秀兰 包玉海

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘 要** 本文从全球变化的研究热点——“土地利用/土地覆盖变化”的涵义及研究内容出发, 概括分析了土地利用变化研究的方法—土地利用变化模型的建立, 阐述了各类模型的涵义及在土地利用变化研究中的意义, 并重点介绍了定量研究土地利用动态变化的几种模型—(1) 土地资源数量变化模型; (2) 土地资源生态背景质量变化模型; (3) 土地利用程度变化模型; (4) 土地利用变化区域差异模型; (5) 土地利用空间变化模型; (6) 土地需求量预测模型。

**关键词** 土地利用 土地利用动态变化 模型

## 1 引言

面对当前日益加剧的人口—资源—环境问题, 全球变化研究成为近年来国际上最为活跃的研究领域之一。而在众多的全球变化问题中, 土地利用/土地覆盖变化研究显得尤为重要, 其原因有二: 首先, 土地利用/土地覆盖变化是引起其它全球变化问题的主要原因, 因而在全球环境变化和可持续发展研究中占有重要地位; 其次, 地球系统科学、全球环境变化以及可持续发展涉及到自然和人文多方面的问题, 而在全球环境变化问题中, 土地利用/土地覆盖变化可以说是自然与人文过程交叉最为密切的问题, 因而隶属于“国际科学联合会 (ICSU)”的 IGBP 和隶属于“国际社会科学联合会 (ISSC)”的 HPP, 希望以此为突破口, 推动全球问题的综合研究。建立土地利用/土地覆盖变化 (简称 LUCC) 模型是深入了解土地利用/土地覆盖变化成因、过程, 预测未来发展变化趋势的重要手段, 也是土地利用/土地覆盖变化及全球变化研究的主要方法。长期以来, 在许多研究领域, 人们从不同的角度出发, 构建了大量的模型, 对土地利用/土地覆盖变化的研究起到了积极的作用。本文从全球变化的研究热点——“土地利用/土地覆盖变化”的涵义及研究内容出发, 阐述了研究土地利用/土地覆盖变化的几类模型, 并重点介绍了定量研究土地利用动态变化的几种模型: (1) 土地资源数量变化模型; (2) 土地资源生态背景质量变化模型; (3) 土地利用程度变化模型; (4) 土地利用变化区域差异模型; (5) 土地利用空间变化模型; (6) 土地需求量预测模型。

## 2 土地利用变化的研究内容及研究方法

### 2.1 土地利用变化的概念及研究内容

土地覆盖是指地球表层的自然属性和生物物理属性, 而土地利用则指土地的使用状况

或土地的社会、经济属性; 土地覆盖和土地利用构成了土地的两重属性(双重属性)。因此, 土地覆盖变化包括生物多样性、现实和潜在的生产力、土壤质量以及径流和沉积速度中的种种变化。由于当代的土地覆盖变化主要是人类对土地的利用造成的, 所以认识土地利用变化是了解土地覆盖变化的首要条件。土地利用既包括土地生物物理特点的利用方式, 也包括隐藏在控制土地生物物理特点之下的意图, 即利用土地的目的。

土地利用/土地覆盖变化(LUCC)研究是当前国际全球变化研究计划中的重要组成部分。自1990年起, 隶属于“国际科学联合会(ICSU)”的IGBP和隶属于“国际社会科学联合会(ISSC)”的HDP积极筹划全球性综合研究计划, 于1995年共同拟定并发表了《土地利用/土地覆盖变化科学研究计划》, 将其列为核心研究计划, 并于1996年1月28日至2月2日在荷兰举行了有关土地利用/土地覆盖变化的国际会议。在这次会议上提出了五个关于土地利用/土地覆盖的框架问题及三个焦点<sup>[1]</sup>。五个框架问题为:

- (1) 过去的300年中人类的活动是如何改变土地覆盖的?
- (2) 在不同历史阶段、不同地理单元, 土地利用变化的主要人文因素是什么?
- (3) 在今后50年~100年中土地利用变化将如何影响土地覆盖?
- (4) 直接的人文和生物物理过程是如何影响特定土地利用类型的承载力的?
- (5) 气候和全球生物地球化学作用怎样影响土地利用和土地覆盖? 反之又如何?

三个焦点分别为:

焦点1: 土地利用动态变化——典型对比分析研究;

焦点2: 土地覆盖动态变化——直接观察和诊断模型;

焦点3: 区域的与全球的模式——综合评价的框架。

综合以上五个框架问题以及三个研究焦点, 土地利用变化的人文驱动力、土地利用动态变化过程、发展趋势及环境影响评价的研究占有重要的地位, 也构成了土地利用变化研究的主要内容。

## 2.2 土地利用变化的研究方法——建立土地利用变化模型

从土地利用/土地覆盖变化的涵义及研究内容出发, 构建土地利用变化模型是深入了解土地利用变化成因、过程, 预测未来发展变化趋势及环境影响的重要途径, 也是土地利用变化研究的主要方法。土地利用变化研究中的模型可概括为以下三种类型:

### (1) 系统诊断模型

系统诊断模型是深入了解土地利用变化机制的主要手段, 可分位两种类型的模型:

基于经验的概念化逻辑诊断模型, 如土地利用变化驱动力概念诊断模型。概念化诊断模型是一种基于经验的定性分析模型, 它是建立定量分析模型的基础。

基于经验的统计诊断模型, 如土地利用变化机制统计诊断模型。由于土地资源是一个自然—人文综合体, 土地利用/土地覆盖变化不仅受自然因素的影响, 而且受社会、人文因素的综合影响, 仅仅通过直接测量无法充分分析土地利用变化的驱动力, 因此需要将一系列时空尺度下的观测结果同经验模型相联系, 用一组观察变量(如地貌、气候、土壤、地表质地、地势等自然因素), 结合一组辅助性变量(如统计数据)进行统计分析, 这样既能提供一个综合的方法来认识土地利用变化, 同时也为政策的制定提供了依据。统计诊断模型的建立为地理相关性预测及土地利用环境影响评价提供了依据。

### (2) 土地利用动态变化模型

土地利用动态变化包括土地资源的数量、质量随时间的变化, 也包括土地利用的空间变化及土地利用类型组合方式的变化, 同时也包括未来土地资源需求量的变化。因此, 土地利用动态变化模型包括土地资源数量变化模型、土地资源生态背景质量变化模型、土地利用空间变化模型、土地利用变化区域差异模型、土地利用程度变化模型、土地需求量预测模型, 此外还包括土地利用变化驱动力模型。建立土地利用动态变化模型是研究土地利用变化过程、土地利用变化程度及未来发展变化趋势的主要手段。

### (3) 土地利用变化综合评价模型

气候和生物地球化学变化会影响土地利用/土地覆盖变化, 而土地覆盖/土地利用变化反过来又会影响到生物地球化学作用, 从而影响地区农业持续发展。因此, 建立土地利用变化综合评价模型有极其重要的意义。这类模型包括: 土地利用变化对环境影响评价模型、如温室效应综合评估模型、对区域持续发展影响评价模型、对区域水循环影响模型等。建立土地利用变化综合评价模型是综合评价土地利用变化环境效应的主要手段。

下面重点介绍土地利用动态变化的研究方法——土地利用动态变化模型的建立。

## 3 土地利用动态变化模型的建立

土地覆盖主要表达的是土地表层以植被为主要覆盖物的自然类型和状态; 土地利用则是人类对土地的利用方式和使用状况。因此, 前者在空间变化上往往呈现渐变状态, 时间变化上季相特征明显; 后者在空间变化上多呈边界清晰的类型变化状态, 时间变化上完全依赖于人类对土地的利用方式转变的速率, 与季节没有对应的相关性。因此, 土地利用变化主要体现在土地利用类型变化、土地利用类型数量变化、土地资源生态背景质量变化、土地利用程度变化及土地利用变化的区域差异等方面。

### 3.1 土地资源数量变化模型

土地资源数量变化可以用土地利用动态度来表示。

#### (1) 单一土地利用类型动态度

单一土地利用类型动态度表达的是某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况, 其表达式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中  $K$  为研究时段内某一土地利用类型动态度;  $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量;  $T$  为研究时段长, 当  $T$  的时段设定为年时,  $K$  的值就是该研究区某种土地利用类型年变化率。

#### (2) 综合土地利用动态度

某一研究样区的综合土地利用动态度<sup>[2]</sup>可表示为:

$$LC = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中  $LU_i$  为监测起始时间第  $i$  类土地利用类型面积;  $\Delta LU_{i-j}$  为监测时段内第  $i$  类土地利用类型转为非  $i$  类土地利用类型面积的绝对值;  $T$  为监测时段长度。当  $T$  的时段设定为年时,

$L_C$  的值就是该研究区土地利用年变化率。

土地利用动态定量地描述了土地利用的变化速度,对预测未来土地利用变化趋势有积极的作用。

### 3.2 土地资源生态背景质量变化模型

土地资源生态环境背景是由土地资源所处的地貌、气候、干湿度、土壤质地、地势等条件决定的,因此,土地资源生态环境质量评价要在综合考虑地貌、气候、干湿度、土壤质地、地势等条件下进行。基于土地资源生态环境背景参数,计算各行政单元的生态环境背景质量指数<sup>[3]</sup>,在此基础上建立土地资源生态环境背景质量变化模型。

#### (1) 土地资源生态背景质量指数模型

土地资源生态背景质量的好坏可以用土地资源生态背景质量指数来表示,某行政单元某类土地资源生态背景质量指数表达式为:

$$Q_j = 100 * \sum_{i=1}^n (D_i * (A_i / S_j))$$

式中  $Q_j$  为第  $j$  个行政单元某类土地资源生态背景质量指数;  $D_i$  为第  $i$  级土地资源生态背景质量等级值;  $A_i$  为第  $j$  个行政单元第  $i$  级土地资源面积;  $N$  为土地资源等级数;  $S_j$  为第  $j$  个行政单元某类土地资源总面积。

#### (2) 土地资源生态背景质量变化模型

土地资源生态背景质量变化情况可以用生态背景质量变化率来表达,其表达式为:

$$R_j = \frac{S_{tj} * Q_{tj} - S_{(t-1)j} * Q_{(t-1)j}}{S_{(t-1)j} * Q_{(t-1)j}}$$

式中  $S_{(t-1)j}$  为第  $j$  行政单元研究期初某类土地资源面积;  $S_{tj}$  为第  $j$  行政单元研究期末某类土地资源面积;  $Q_{(t-1)j}$  为第  $j$  行政单元研究期初某类土地资源生态背景质量指数;  $Q_{tj}$  为第  $j$  行政单元研究期末某类土地资源生态环境背景质量指数;  $R_j$  为第  $j$  行政单元某类土地资源在  $t$  时段内生态背景质量变化率,当  $t$  的时段设定为年时,  $R_j$  的值就是该研究区某类土地资源生态背景质量年变化率。

### 3.3 土地利用程度变化模型

土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度,它不仅反映了土地利用中土地本身的自然属性,同时也反映了人类因素与自然因素的综合效应。根据刘纪远先生等提出的土地利用程度的综合分析方法<sup>[4]</sup>,将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为若干级,并赋予分级指数,从而给出了土地利用程度综合指数及土地利用程度变化模型的定量化表达式。

#### (1) 土地利用程度综合指数模型

某研究区土地利用程度综合指数可表达为:

$$L_j = 100 * \sum_{i=1}^n A_i * C_i$$

式中  $D_j$  为某研究区域土地利用程度综合指数;  $A_i$  为研究区域内第  $i$  级土地利用程度分级指数;  $C_i$  为研究区域内第  $i$  级土地利用程度分级面积百分比;  $n$  为土地利用程度分级数。

#### (2) 土地利用程度变化模型

一个特定范围内土地利用程度的变化是多种土地利用类型变化的结果,土地利用程度及其变化量和变化率可定量地揭示该范围土地利用的综合水平和变化趋势。土地利用程度

变化量<sup>[2]</sup>和土地利用程度变化率可表达为:

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 100 \times \left[ \sum_{i=1}^n A_i \times C_{ib} - \sum_{i=1}^n A_i \times C_{ia} \right]$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})}$$

式中  $L_b$  和  $L_a$  分别为  $b$  时间和  $a$  时间的区域土地利用程度综合指数;  $A_i$  为第  $i$  级的土地利用程度分级指数;  $C_{ib}$  和  $C_{ia}$  分别为某区域  $b$  时间和  $a$  时间第  $i$  级土地利用程度面积百分比。如  $\Delta L_{b-a} > 0$ , 或  $R > 1$ , 则该区域土地利用处于发展时期, 否则处于调整期或衰退期。

### 3.4 土地利用变化区域差异模型

土地利用变化存在着显著的地区差异, 我们可以用各区域某种土地利用类型相对变化率及各区域土地利用动态度(单一土地利用动态度, 综合土地利用动态度)的不同来反映土地利用变化的区域差异。关于土地利用动态度, 前面已作了详细说明, 下面主要介绍土地利用相对变化率的计算方法: 某研究区某一特定土地利用类型相对变化率可表示为:

$$R = \frac{K_b}{K_a} \times \frac{C_b}{C_a}$$

式中  $K_a$ 、 $K_b$  分别代表某区域某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积;  $C_a$ 、 $C_b$  分别代表全研究区某一特定土地利用类型研究期初及研究期末的面积。

如果某区域某种土地利用类型的相对变化率  $R > 1$ , 则表示该区域这种土地利用类型变化较全区域大。相对变化率是一种反映土地利用变化区域差异的很好的方法。

此外, 我们还可以用各区域单一土地利用动态度的不同来说明某种土地利用类型变化的区域差异, 也可以用各区域综合土地利用动态度的不同来分析综合土地利用变化的区域差异。

### 3.5 土地利用空间变化模型

土地利用的空间变化, 可以用土地资源分布重心变化情况来反映。土地资源分布重心是根据人口地理学中常见的人口分布重心原理<sup>[5]</sup>求得的, 其方法为: 把一个大区域分为若干小区, 在大比例尺地图上根据居民点的分布及地形特点确定每个小区几何中心或旗县所在地的地理坐标, 然后再乘以该小区该项土地资源的面积, 最后把乘积累加后除以全区域该项土地资源总面积。重心坐标一般以地图经纬度表示。

第  $t$  年某种土地资源分布重心坐标(经纬度)计算方法为:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ti}}$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ti}}$$

式中  $X_t$ 、 $Y_t$  分别表示第  $t$  年某种土地资源分布重心的经纬度坐标;  $C_{ti}$  表示第  $i$  个小区该种土地资源的面积;  $X_i$ 、 $Y_i$  分别表示第  $i$  个小区的几何中心(或旗县所在地)的经纬度坐标。

通过比较研究期初和研究期末各种土地资源的分布重心, 就可以得到研究时段内土地利用的空间变化规律。

### 3.6 土地需求量预测模型

土地需求量预测即在全面考虑生产和生活需求,分析社会、经济条件优势的情况下,根据本区的自然条件、生态特点、土地利用现状、土地利用变化规律、土地生产力及人口变化等方面的因素来预测未来某年土地需求量,其目的是掌握未来土地利用变化趋势,为农业资源优化配置提供决策依据。

土地需求量预测方法多种多样,预测方法的不同,对同一预测对象,其预测结果也有差异。每一种预测方法有其各自的适用范围和局限性,因此,我们可以根据研究对象和研究目的的不同,采用不同的方法进行多条件、多途经模拟与预测。利用不同的预测方法所得预测结果相互验证、补充,可以提高预测效果。常用的土地需求量预测方法有:

#### (1) 灰色预测模型 GM (1, 1)

对原始数据序列  $x^{(0)}(1)$ 、 $x^{(0)}(2)$ 、...、 $x^{(0)}(t)$  作累加,生成新数据序列  $x^{(1)}(1)$ 、 $x^{(1)}(2)$ 、...、 $x^{(1)}(t)$ , 然后利用以下模型进行预测:

$$x^{(1)}(t+1) = x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \times e^{-at} + \frac{u}{a}$$

#### (2) 马尔可夫预测方法

原理: 利用事物发生、发展的状态之间的转移概率矩阵,预测事物发生的状态及其发展趋势。这种方法要求有足够多的数据,才能保证预测的精度。

#### (3) 系统动力学预测法

原理: 根据系统论的原理,分析土地资源系统的结构和系统内各组成成分之间的反馈关系,建立反映系统基本结构的模型,然后通过调控影响土地利用变化的因素,从而达到预测未来土地需求量的目的。

#### (4) 规划预测法

原理: 规划预测模型是在分析土地资源特点、土地利用现状、土地利用变化规律、行业用地发展速度、土地供需矛盾、人民生活需求及其它影响土地利用变化的因素的基础上,根据预测对象之间的相互关系,建立回归模型进行预测的一种方法。具体方法有: 线性规划模型、多目标规划模型等。而规划预测的基础是土地利用变化影响因素的预测,如人口发展预测、消费结构预测、土地生产力水平预测等。

## 4 总结

以上针对土地利用变化的涵义及研究内容,探讨了几种有关土地利用变化研究模型的建立方法。由于这些模型的出发点和所要解决的问题各不相同,难以完全满足对全球变化中土地利用变化问题研究的需要,但各种模型都对土地利用变化研究有积极的作用。系统诊断模型是深入了解土地利用变化成因的主要手段,为地理相关性预测及土地利用/土地覆盖变化综合评价模型的建立提供了依据;建立土地利用动态变化模型是研究土地利用变化过程、土地利用变化程度及未来发展变化趋势的主要手段,合理利用这些模型,将对土地利用/土地覆盖变化研究起到积极作用。

## 参 考 文 献

- 1 Land use and land cover change science/research plan IGBP Report No. 35 HDP Report No. 7 page 8, page 60- 63
- 2 陈述彭等主编 遥感信息机理研究 科学出版社, 1998
- 3 刘纪远主编 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究 中国科学技术出版社, 1996
- 4 樊玉山, 刘纪远主编 西藏自治区土地利用 北京 科学出版社, 1994
- 5 祝卓 人口地理学 中国人民大学出版社, 1991. 79~ 80
- 6 徐冠华等主编 遥感在中国 见 刘纪远 应用空间遥感技术开展国家资源环境宏观调查与动态分析 北京 测绘出版社, 1996
- 7 徐建华著 现代地理学中的数学方法 北京 高等教育出版社, 1994
- 8 Riebsame W E, Meyer W B, Turner B L. Modeling land use and cover as an part of global environmental change Climatic Change, 1994a, (28).
- 9 摆万奇, 赵士顿 土地利用和土地覆盖变化研究模型综述 自然资源学报, 1997(2).

## STUDY ON THE METHODS OF LAND USE DYNAMIC CHANGE RESEARCH

Wang Xiulan      Bao Yuhai

*(Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)*

### Abstract

From the respect of the meaning and the researching contents of land use and cover change, the methods for land use change were analyzed. Further, the methods of establishing land use dynamic change model were mainly introduced. These models include land resources quantity change model, land resources environmental quality change model, land use degree change model, land use change regional diversity model, land use spatial change model and land requirement forecasting model.

**Key words**      Land use, land use dynamic change, model

### 作 者 简 介

王秀兰, 女, 1968 年出生, 1994 年于内蒙古师范大学地理系取得区域地理专业硕士学位, 后留校从事土地资源开发、管理方面的教学和科研工作, 现为中国科学院遥感应用研究所博士生, 主要从事土地利用/土地覆盖变化与区域持续发展方面的研究工作。