

# 土地利用/土地覆盖变化研究重点之二： 土地覆盖变化机制的直接观测与诊断模型

张 明 译

## 1 导言

土地覆盖变化是全球变化的一个重要方面,然而我们对它的认识却很不足,原因有两个,一是对于土地覆盖变化的速率、地理范围和空间模式,我们尚缺乏精确的测量方法;二是在通过经验观察来进行模拟方面,我们的力量较薄弱。本焦点建立了一种实践方法,通过把经验性观察和诊断模型相结合来分析土地覆盖变化。

对土地覆盖变化的直接观察可以通过运用遥感手段来进行。在不同的时空尺度上,从大尺度的地区趋势的估测到地方尺度的复杂动态分析,遥感都是具体地进行这些测量的最有效工具。另外,一些补充信息可以从表格统计文件中获得。通过直接观测土地覆盖变化,我们有可能对其速率和空间模型进行详细的定量化。所获得的信息可以用来对土地覆盖的各个局部以及空间趋势和几何模型进行分析。直接性观察为变化速率提供了定量评价的基础,这可以被用作大量生物物理、社会、人口统计和经济模型的驱动功能。这些对空间趋势和速率的观察可以用来建立经验性的诊断模型以及短期的预测模型(Lambin 1994)。

观察与模拟的合成是本重点的核心。方法是将地区范围的观测、定点观测和专题研究相结合来建立模型。尽管这些模型不能提供机能的或机制水平的驱动力,但它们能提供可靠的短期预测及部分其它成果。而且,这些观测和模拟的结果将通过强调重要的时空发生率使我们对驱动的变化性有更深入的了解。

因此,模拟将提供总体规划的诊断能力,以此来根据一整套所选的重要土地覆盖确定将要发生的情况。这种诊断模拟对当前全球变化研究(如全球碳收支的不平衡性)的重要性是不可低估的。这些模型在某种程度上还可提供可靠的近期(5—10年)诊断模型,以此来认识土地覆盖变化的未来趋势。因此,在气候因子驱动下,它们又为将土地覆盖变化的瞬变值同地域生态系统模拟相结合奠定了基础。

本重点的行动将放在下述问题:

- 1)什么是土地覆盖变化的速率?它们是如何发展变化的?
- 2)目前土地覆盖变化发生在什么地方?将来又会发生在哪里?
- 3)哪些空间和环境属性对土地覆盖变化的解释最有利?

土地覆盖变化跨越众多分析层次。以巴西亚马孙地区的森林砍伐为例,现在已经表明,地区变化趋势除受大尺度的外部因素影响外,还受地方尺度条件所调节(Skole 等,1994)。因此,多标准、多学科的研究方法是必不可少的。本研究重点二从直接观测大地区土地覆盖变化的速率、位置、空间模式和时间特征入手,在分析的第二个层次,通过使用多时相、高分辨力的卫星

大范围的预言提供可信度。

译自 Chapter 3, IGBP Report No. 35/HDP Report No. 7 Land—Use and Land—Cover Change 1995

数据进行定点观测,从而获得对土地覆盖变化的地方尺度的动态的深入认识。地区分析为土地覆盖变化的总体趋势提供了信息,而在地区分析基础之上进行定点研究则加深了人们对土地覆盖过渡序列的微时空动态的认识。

本研究重点所建立的空间详细观测和经验模型很轻易同研究重点一和研究重点三的分析与模型联系了起来。从某种意义上说,本研究重点所进行的分析集中于土地覆盖变化,而研究重点一着重于土地覆盖和土地利用的关系。例如,本研究重点的定点研究提供了详细的模式记录,而研究重点一的专题研究强调的是导致这些被观测模式的潜在原因或机制。定点研究同研究重点一的行动相配合,结合测量研究以及从统计文件中所获得的数据,共同确定用以描述地方土地管理者的土地利用战略的参数,以及影响土地管理者的物理环境的变化将导致地方环境发生怎样的变化等。本研究重点的这项工作又通过加强了具有空间信息的聚积效应同研究重点三联系了起来。把土地覆盖变化的直接性观察同研究重点三中的模拟相结合的一个优点在于,产生了一个清晰的层次处理和累积问题。本研究重点还对更大的预测模型的结果提供了详细的论证。

研究重点二提供了以下结果:1)发生于近20年和未来10年的土地覆盖变化的诊断模型结果;2)为预测模型和详细观察相结合的方法提供论证基础;3)不同覆盖类型下土地覆盖变化的分布情况。这后一结果是十分重要的。研究重点之三新建立的宏观模型将能预测在限定现有作物用地的专门需求功能和可利用性条件下,作物用地面积的增长情况。如果这一模型需要开发新的土地用于生产,那么首先需要如何划分下述情况:①自然植被的完全转化;②自然植被的改变;③持续或休闲植被的再次开垦。

## 2 目标

1)通过直接的观察和获得的数据,为全球变化研究机构提供它们所需的土地覆盖变化的地区和洲际模式。

2)为分析随时间变化的土地覆盖变化的空间动态提供基础。

3)通过建立在直接观察基础上的模型,为当前形势和短期预测的诊断模型建立一个经验性的、多数据的框架结构。

4)为宏观经济分析的空间分散性结果提供观察和测量基础。

## 3 行动

具有高时间分辨力和低空间分辨力的数据的大尺度观察能提供土地覆盖类型的信息和一些土地覆盖变化的信息(如生物量的燃烧)。地区观察运用高空间、低时间分辨力的卫星遥感来提供关于土地覆盖变化、变化的空间几何特性及变化的时间序列方面的数据。

土地覆盖变化的地区尺度模式是众多地方性行动的结果。例如,纯粹的砍伐森林是以下几个土地覆盖过渡的总和:初级的森林转化,农用地进一步演替和废弃,演替植被的再度开垦。这些小时空尺度的动态机制是很重要的,因为开垦和废弃的模式和时段影响了生物地球化学属性和其它的物理过程。碳贮存的意义也十分重大,因为再生植被积累了以前开发中逸失到大气中的碳。

在一些土地利用系统中,尤其是在热带地区,处于积极农业的土地和再度生长的土地之间有一个重要的联系。生产方式是以维持这两个土地利用级别为基础的。因此,地方生态条件、农业生态系统资源管理方法以及地方尺度的决议制定都是土地覆盖变化过程中的重要变量。

把大面积每隔十年或五年所进行的概要性抽样测量同每年进行的、建立于抽样基础之上

的定点测量的分布相互匹配协调是必不可少的。这些定点测量可以提供关于每年的覆盖变化机制的详细信息,专题研究也将成为这一工作中重要的一部分,在这样一个系列中,研究重点一又和本研究重点联系了起来。

除了通过卫星数据进行地区观测之外,非卫星信息也将是非常重要的。土地利用的数据,特别是在农业区,经常能从国家统计调查直接获得。社会人口统计信息可以从统计资料和其它报表或者通过地区行动搜集到。

**3.1 测定需要考虑的重要的土地覆盖变化和地区** 对土地覆盖变化的分析可能是一个很困难又很有意义的项目,特别是就详细记录土地覆盖变化所需的大量观测而言。因此,本研究重点的首项行动便是建立一个战略性的、理性的框架来对重点地区和时段进行分析。令人满意的是,当呈地理分布的大气记录使综合的全球分析成为可能时,近 20 年这一时段便愈显重要。当然,也需要进行长期的历史分析。就地区而言,目前主要集中于热带森林地区,但将来其它地区也可能会变得很重要。

**3.2 对地区和全球的土地覆盖和土地利用的直接测量** 全球土地覆盖分层具有两个重要用途。首先,这种分层可被用作地理制图的框架,通过测量来确定土地利用模型的生物物理属性。第二,它可以作为全球生物圈模型的内容来源。全球土地覆盖分层被全球生物圈模型所使用的理论依据,已经由 IGBP(1992 年)提供,它同样支持 LUCC 模型。这项研究重点行动同当前建立必需的数据集的努力有直接的联系,这些数据集正在通过 IGBP-DIS 的调试,这项工作应该得到 LUCC 和 DIS 的密切合作。全球土地覆盖和土地利用的级别划分应予以重视。这些级别将同核心项目/研究计划的需要以及本研究重点和研究重点三所提出的模拟的需要密切相关。级别划分可以运用卫星数据,通过现有地图和资料的综合来产生。非卫星信息的综合对于土地利用(相对土地覆盖)数据集的建立格外重要。重点将放在建立能提供有关投入(如化肥等)管理实践、使用仅和其它有关土地利用因素的相关地理信息的数据集。

在土地覆盖和土地利用级别划分纲要上需要一致。IGBP-DIS 全球土地覆盖工作组目前正在寻求这种一致性。所提出的计划应紧密围绕着这项国际行动,它将促进土地利用、土地覆盖和级别划分纲要的发展。

这一部分需要进行的 Research 和发展行动主要是在方法论方面。本研究重点应该是精选合适的方法,通过多时相、多光谱、多年的分析来产生项目所需要的级别划分。首先需要确定合适的时段,从而运用粗精度的数据进行必要的重复性的级别划分。同样地,需要发展和使用一些工具手段,从而运用粗精度的数据来标识变化探测的潜力区。作为中期发展议程的一部分,发展为土地覆盖制图所需的多精度工具是必不可少的。在一个更长时期内,我们需要建立一套程序来直接确定土地覆盖特征参数,如生物量和植被结构,从而促使这荐工作从研究展示阶段向典型操作阶段迈进。

**3.3 土地覆盖变化机制的直接观察** 在过去的 20 年间,土地覆盖变化,特别是热带地区的森林砍伐,随着人口压力和经济的发展日渐加速。它不断地被确认为全球变化研究众多领域的关键要素,而且对于各种不同的国际性战略问题而言,它也是很重要的。尽管目前国际性战略和基础科学研究对土地覆盖变化速率的精确估测的需要正日渐增长,然而,建立于全球和地区基础之上的综合、系统信息却无法获得。例如,最近的 IPCC 报告认为,热带地区森林砍伐的速率是全球气候变化估测的一个主要未知量,任何用以支撑 IPCC 进程的全球所发报表的持续、有效进行,都需要重新集中努力去对热带森林砍伐进行测量和制图。当然,很可能其它这样的土地覆盖变化也将被确定其重要性,如西伯利亚森林的锐减,这种锐减在将来还可能继续增

加。

土地覆盖变化逐渐为人们所关注,这是因为它对全球环境的压力及其对气候变化的潜在影响。事实上,一些专家认为,森林砍伐或农地退化对自然环境和人类聚落的直接影响将会比气候变化本身更为重要。正如调查所说,历史上土地覆盖变化同化石燃料燃烧所带入大气中的 $\text{CO}_2$ 量基本相等。如果土地覆盖变化仍按目前趋势继续,那么在未来的75年,进入大气中的 $\text{CO}_2$ 和其它尾气量将同自1700年以来已经进入大气中的 $\text{CO}_2$ 和其它尾气量持平。

从所周知,土地覆盖变化并非一个单向过程(如森林转化为农业)。在世界上很多地方,废弃地的二次生产是土地覆盖变化的一个重要类型。例如在亚马孙河流域,二次生产用地在毁林地中的比例已高达30%。在土地覆盖变化过程的分析中要抓住这个重要机制,因为它决定了净释放量的正确估算。确定二次生产的位置和时段并非一个简单的问题。一个大的二次生产地带其存在本身并不意味着一个大的碳积累,所以必须结合考虑与这一地带有关的动态机制。

最近的科学结果显示,土地覆盖变化能通过改变明显及潜在的辐射通量、行星反射率以及行星外层的表面粗糙度来影响气候变化。此外还有更多的地方效应,包括土壤侵蚀增加,作为表面径流的部分降水的增加,以及最终降水的地区性减少。也许同土地覆盖变化相关的最大的不可逆变化是栖居地的破坏和瓦解及生物多样性的丧失。一些估测表明,按目前的全球变化速率,将有超过一半的世界基因类族消失,这将显著地削减植物和动物物种的生物多样性,并严重限制了基因类族在未来的生物技术发展。

在国家这一级水平上,大量报告指出了对用以支持国家规划的土地覆盖变化的可靠分析的迫切需要。例如,对森林面积和衰减速率的最新精确估测将成为国家森林管理战略进一步发展的重要基石。而且,诸如土壤肥力和侵蚀、水量产出、水污染以及土地利用规划等问题都同土地覆盖管理问题直接相关。

本项行动中有两个要素是很重要的:第一个是通过直接观察的地区性评估的发展,它主要运用卫星遥感,结合运用其它的手段如航空摄影、基于统计调查的制图和其它制图源。高空间分辨力的卫星遥感提供了一致的方法,用以对大面积土地覆盖变化进行微分辨力的测量和制图,同时以一种高精度度水平在次国家级对土地覆盖变化进行追踪。这也强调了二次演替的速率和土地向再生产植被的倒转。这一动态机制对于作为潜在而重要的碳积累及森林衰减模式的陆地生态系统模型具有重要意义。后者对扩展我们目前所知道的关于森林土地覆盖变化的整体影响将非常有用,同时它非常有益于促进用定量信息来进行的生物多样性的讨论。

第二个要素发展了在特定区位或国家的研究,它为第一个计划行动所提出的大面积分析的进一步深入奠定了基础。这些定点研究具有多重功能:一方面,它们为领域论证和大面积分析的精确估测提供了理想的基础;另一方面,它们又为土地覆盖变化动态机制的详细时间分析提供了基础,其重点在于土地覆盖过渡序列的分析、土地利用问题以及二次生产反转的动态机制。

**3.4 分析土地覆盖变化的空间关系** 地理信息系统的新手段和计算机分析使得对与土地覆盖变化有关的空间关系进行定量分析成为可能。目前一个紧迫的要求是对土地覆盖转化的几何特性和森林瓦解的相应后果进行分析。现在对影响物种组成的分析方法主要涉及被转化为物种面积曲线的土地覆盖的面积,这些物种面积曲线是从经验数据上获得的。实际上,目前已有少量关于土地覆盖变化速率的数据,这正是行动3.2阐述关键性分析要求的意图。然而,日益清楚的是,栖居地瓦解的因素同干扰度的几何特性有关,这表明土地覆盖变化和景观空间模式是目前需要进行的关键性测量。

景观崩溃是一个土地利用的问题。景观所从属的用途导致土地覆盖不同的模式和几何表现。例如,在热带森林地区,少数农民开垦了小片土地,而大面积线状分布的土地却为多数经营畜牧业的大农场主所利用。不同的土地利用影响其模式和几何特性,而不同的模式和几何特性又对环境有不同的影响。在一套有组织的条件下,对地点进行详细的检测是同研究重点一密切相关的重要行动。如果整个社会已逐步开始了解土地覆盖变化对生态系统结构和功能的影响,并将这一认识同对气候变化直接效应的分析相互联系起来时,我们就有必要努力对这一类的详细评价进行搜集和汇编。

因为与不同的物理、社会、人口和经济因素(如公路长度、土壤类型、人口密度、人口结构等)密切相关,所以对土地覆盖变化的空间分析可以解释土地覆盖研究中的根本性问题。例如,有一种观点认为人口增长与土地覆盖变化直接关联,然而,很少有建立在一系列比例尺上的直接经验性分析能验证这一预测。

**3.5 观察土地覆盖变化的近因** 土地覆盖变化的人文近因是直接的土地管理战略,这些战略被用以转化覆盖类型或修改现有覆盖类型。如果有可能定量测定这些近因,包括它们的大小、频率和地理分布,那么我们对人类行动同土地覆盖变化序列的关系(非线性)的认识会有所进步。目前存在着大量的近因,鉴定其中控制和研究的最关键因素需要重点行动 3.4 所提出的系统评估。既然生物量燃烧是近因之一,我们便以此为例说明:

在全球尺度上,生物量燃烧是土地覆盖变化的重要近因之一。在湿润的热带森林地区,它是  $\text{CO}_2$  的来源。在热带大草原系统,它也是各种尾气和颗粒的主要来源。然而,应该指出的是,热带大草原系统的年际增长使得大草原的燃烧作为  $\text{CO}_2$  的来源已不再重要。在北方地带,火灾发生的随机性是要考虑的一个重要因素。生物量的燃烧和非点源的释放量在国家级尺度上很少有记录,全国释放量的报表需要精确的信息。

燃烧过程在自然系统向农业转化中是重要的一步,它移去了不需要的草本覆盖,释放出营养来提高土壤肥力。在热带地区,有两种明显的源于人类的生物量燃烧,头一类发生于自然生态系统开垦时,这种燃烧常伴随森林砍伐,它同样发生于热带大草原和草场的初次开发时。第二类是现有大草原或牧场在一个小的轮回上的重复性燃烧,这是维持草料生产力的土地管理方式。

温带及北方生态系统的生物量燃烧还没有被广泛地研究,但它也可能会很重要。目前有两个最一般的问题:一个是获得对源于人类的火灾或火灾控制的深入的定量认识,这种火灾是成熟生态系统土地覆盖变化的一种形式;另一个问题是确定自然火灾的时间频率如何发生变化,以及反过来在观察的时段内如何影响全球收支测算。目前全球范围下,关于火灾的时相和干扰度方面的数据很少,这妨碍了全球变化研究和国际战略的进展。到目前为止,在火灾的控制上尚没有可操作的机制,这项工作需要每天的全球观测。

目前对确定生物量燃烧在微尺度上的时空分布的研究尚未进行。因此,在热带地区,建立对陆上碳通量的地理相关分析将大有益处。例如,目前对碳通量估测的差异较大,在某种程度上是由于对转向人类利用的植被种类以及热带森林砍伐的认识中尚有许多未知量。既然当前的分析不能将土地覆盖图同土地覆盖转化行动图进行地理套准,这些不可知量应该通过详细的地理分析来解决或准确定义。在其它情况下,可以把对对流层化学模型、大气循环模型和直接观察的通量评价结合起来。

**3.6 建立经验诊断模型** 仅仅通过直接测量无法充分地分析土地覆盖变化的驱动力。因此,将在一系列时空尺度下的观察同经验模型相联系能提供一个综合的方法来认识土地覆盖

变化,同时也为政策制定提供了重要的内容基础。对土地覆盖变化的大小和生态意义的评价,当伴随着对社会经济结构和变化过程的联系进行模拟时,将是很有用的。

这些模型的基本用途是提供一套系统的方法来认识研究课题,这里所描述的这项工作的重要方面是直接观测、专题研究和模型的相互关系,以此来鉴别和验证土地覆盖变化的主导因素。诊断模型的建立可以导致对当前及最近形势的进一步了解,同时又提供了可靠的地理相关性预测。预测有效的时间长度是所观察现象持久性的一项功能。有证据表明,很多土地覆盖变化部分或暂时持续在10—15年的间隔中。然而,应当指出的是,某些条件能明显和迅速地改变这些趋势,如政治、制度和经济条件的改变能导致土地覆盖变化速率和方向的迅速变化。因此,努力去认识造成土地覆盖变化趋势迅速转化的主要影响因素也是本项计划的一个重要部分。

在1:250000比例尺下,在水平分辨率小于1km条件下,建立具有相当高空间分辨率的模型是有可能的。马尔科夫链模型提供了一个建立土地覆盖转化过程的经验模型方法。马尔科夫链的中心机制是它的概率功能,这项功能是指一种覆盖向另一种覆盖过渡的可能性。概率功能在超过一段时间后可能会静止,或者被调节为一个特定的间隔用以解释在控制过渡序列过程的变化。概率功能和过渡序列可以运用卫星数据,从直接观察获得。另一个合适的模型框架是一整套的逻辑功能模型,这些模型已被用于各种专题研究来解释在各种限制条件下土地覆盖转化速率的变化。可以想象,这两类模型可以结合起来用于建立空间扩散模型。

经验模型的另一级包括回归模型。它用一个观察系统,结合辅助性变量,如社会经济数据等,来详细地鉴定土地覆盖变化的原因。这些模型试图将覆盖转化的速率同数据结合起来,用以解释森林破坏的各种驱动力和近因,当然这些模型也能被进一步修订。回归分析可以通过两种方法来进行:横断面分析和调查分析。由于描述特定位置和时段的数据的需要,对具有精确分辨率的直接观察的需要也日益迫切。空间统计模型构成了经验模型的第三级。近年来,作为对遥感、地理信息系统和多变量—多时相数学模型的可用性的答复,这些模型已陆续建立起来。这一方法包括与自然和文化景观变量的地理数据有关的土地覆盖转化的分析。

实质上,这些模型的级别构成了一套最佳的方法,它们紧密结合,可用来分析土地覆盖转化过程何时发生,为什么会发生及发生于何地。这一套经验模型能为机械和系统动力模型的建立奠定基础,其本质特征在于空间现象直接观察的用途。

土地覆盖变化的空间数据和经验模型的建立将在某种程度上对庞大的宏观经济模型有利,因为它能在微空间尺度为结果的空间离散提供一种方法,从而有利于流域和盆地尺度的生物地球物理模型的建立。例如,宏观经济分析可以得出对不同地区和国际性因素作用的农用地的估计。然而同样重要的是要明确,从各种生态系统类型中将能获得多少新耕地,以及在一个流域、盆地或交错群落中,这一转化将发生在何处。而且还有一点很重要,那就是通过自然森林、休闲林的转化或森林退化,新的土地是否可以投入生产。

经验诊断模型在某种程度上不同于下面所描述的机械预测模型。尽管解释这些控制转化过程的潜在机制受其能力所限制,但是它们在观察数据和真实条件的代表性方面根据充分。这些条件包括与测量进行有关的条件,如空间和时间的动态机制。因此,下一部分所描述的模型为将来趋势的预测分析提供了基础,其目的在于测定对当前趋势和条件的决策反应,同时,这里罗列的模拟方法又为现状的详细描述和分析奠定了基础。很明显,这两种方法相互补充。

译自 Chapter 3, IGBP Report No. 35/HDP Report No. 7 'Land—Use and Land—Cover Change' 1995