



土地利用/覆被 遥感分析

TUDI LIYONG FUBEI YAOGAN FENXI

孙丹峰 著

中国大地出版社

土地利用/覆被遥感分析

孙丹峰 著

中国大地出版社

· 北 京 ·

内容摘要

该书在土地系统变化分析框架基础上,探讨遥感技术与其结合的应用研究。在土地利用/覆被分类方法方面,重点研究了最大似然分类、自组织神经网络系列和基于知识的遥感分类;系统比较了影像融合技术,景观格局特征在遥感影像信息增强,变化信息提取和变化模拟方面的应用;其次介绍遥感技术在区域植被覆盖度和区域蒸散估计上的初步应用结果;最后介绍了土地荒漠化的遥感评价方法、荒漠化风险指数的应用研究。基于遥感信息的景观模型方法研究逐渐成为土地变化研究的重要内容,该书对推动遥感技术在土地系统变化研究中的应用有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

土地利用/覆被遥感分析/孙丹峰著. —北京:中国大地出版社, 2006.9

ISBN 7-80097-879-6

I. 土... II. 孙... III. 遥感地面调查—应用—土地利用 IV. F301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 112961 号

责任编辑:张海风 赵芳

出版发行:中国大地出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号 100083

电话:010—82329127 (发行部) 010—82329120 (编辑部)

传真:010—82329024

印刷:北京纪元彩艺印刷有限公司

开本:787mm×960mm 1/16

印张:12.25

字数:180 千字

版次:2006 年 9 月第 1 版

印次:2006 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—1000 册

书号:ISBN 7-80097-879-6/F·172

定价:60.00 元

(凡购买中国大地出版社的图书,如发现印装质量问题,本社发行部负责调换)



作者简历

孙丹峰,男,1971年出生,山东省海阳市人,1989~1993年在山东农业大学土化系学习,1993~1998年在中国农业大学(1995年9月前为北京农业大学)资源环境学院学习,1998年博士毕业后留校任教。

主要研究领域为土地资源与利用、农业遥感应用与资源环境信息技术等,社会兼职为中国地理学会环境遥感分会理事,北京市土壤学会理事与土壤信息专业委员会副主任。在国内外学术刊物上共发表40多篇文章,SCI收录第一作者文章3篇,EI/ISTP收录8篇。

序

21 世纪遥感发展建立了多层次、多视角、多领域的立体观测体系，为现代土地资源调查与监测提供了不可缺少的工具。遥感数据的处理也从过去目视解译的专家模式发展为数字化处理与专业模型相结合的模式进行信息提取。人地矛盾和土地资源退化进一步推动了遥感技术在土地资源中的应用，这点在我国特别重要，因为只有遥感才能提供客观的、不受人为因素干扰的真实影像与数据。该书作者尝试将遥感技术与土地系统变化分析相结合，为更加准确描述表征土地资源系统变化的综合性、时空特点和量化格局过程提供技术方法上的参考，具有一定的实用价值。作者是土地资源学科和遥感应用方面的年轻一员，将自己多年的研究成果整理分析，有助于自身发展定位，进一步推动作者业务和技术发展，增强与同行的交流，也会对年轻的同行和学科发展有所借鉴。

中国农业大学教授

林培

2006 年 6 月 28 日

前 言

土地科学从 20 世纪侧重资源开发利用的静态研究进入 21 世纪侧重系统综合动态演变的土地变化科学研究，基本建立了以土地利用/覆被变化、土地质量指标体系诊断为基础，以土地可持续利用为目标的土地变化科学研究框架。土地系统通过近地表层将生物圈、水圈、大气圈、岩石圈与人类社会活动圈层有机综合在一起，将在传统景观水平上以地质大循环与生物小循环的交互界面过程研究为主体延伸到人类社会活动驱动、考虑地球生物化学循环乃至陆气过程的土地变化过程研究，最终为更好地描述和预测复杂的人—地环境系统服务。

土地变化研究的难点和复杂性主要体现在数据的可获取性和有效性方面，其次体现在需要融合多学科理论的概念性综合模型。遥感技术正在向多角度、多平台和多传感器集成，提供不同尺度上的空间、光谱和时相分辨率的系列化数据，实现地球表层（地圈、水圈、大气圈和生物圈等）的全方位联立遥感对地观测，为近地表层的信息获取提供了保障。如何进一步发展连接点位（或田块）数据、统计数据、概查数据与“金字塔”序列遥感数据来进行多尺度土地系统描述，以及分析、综合的技术方法研究成为土地变化研究的重要内容。

土地变化科学的系统综合性、时空多尺度的复杂性和格局—过程的难定量化进一步要求和推动了遥感等相关信息技术与土地系统变化研究相结合，这也是该书起名为“土地利用/覆被遥感分析”的初衷。但遥感技术在土地领域应用之广，该书只是结合作者多年研究，试图建立土地系统变化分析框架，介绍分类方法、

影像融合技术、影像格局表征等遥感图像处理技术在土地利用/覆被类型信息提取中的应用，其次以植被覆盖度和区域蒸散为例介绍了遥感技术在获取土地系统特征属性中的应用，最后以遥感在土地荒漠化研究中的应用来反映遥感技术在获取土地系统质量指标方面的应用。

该书虽是专著，但离不开众多土地和遥感应用领域学者的研究成果。其中土地资源和利用、土壤地理学是在导师林培教授悉心指导下才有所意会，导师汲长远博士为我开启了遥感知识的大门，尤其是林培教授对我成长的鼓励和支持，因此该书也作为我献给林培教授八十华诞的礼物。张凤荣教授在工作和生活上一一直给予作者无私的帮助和鼓励，土地资源学科的同事和中国土地勘测规划院多年合作的同仁也提供了大量帮助和支持，在此一并表示深切的感谢。我的两名研究生李晓琴和王娅娟分别参与了第五章和第六章的研究，在此由衷地感谢她们。最后本书也得到了长江学者和创新团队发展计划（IRT0412）的部分资助。

本书由林培教授欣然作序，此外李保国教授提出许多中肯建议，在此深表谢意。由于时间仓促、作者能力有限，书中难免有错误和欠妥之处，恳请读者不吝斧正。同时，希望本书能够对农业资源利用、土地利用与信息技术和土地资源管理的同行、研究生有所参考。

孙丹峰

2006年2月15日于中国农业大学

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 土地利用/覆被变化、土地质量指标与土地 可持续利用	(1)
1.1.1 土地利用/覆被变化	(1)
1.1.2 土地质量指标与土地可持续利用	(5)
1.1.3 土地变化框架	(7)
1.2 遥感技术在土地利用/覆被研究中的应用	(9)
1.2.1 遥感技术发展	(10)
1.2.2 遥感在土地利用/覆被变化中的应用	(13)
主要参考文献	(15)
第 2 章 遥感分类方法在土地利用/覆被中的应用	(18)
2.1 统计分类方法的改善	(19)
2.1.1 试验数据与分类体系	(20)
2.1.2 类别光谱细分对提高分类精度的影响	(21)
2.1.3 先验概率对提高分类精度的影响	(25)
2.1.4 基于统计方法的多源数据综合分类	(27)
2.2 神经网络遥感分类	(30)
2.2.1 自组织网络遥感分类	(31)
2.2.2 模糊自适应共振网络遥感分类	(36)
2.2.3 重复传播网络遥感分类	(39)
2.3 基于知识的遥感分类	(43)
2.3.1 基于知识的高分辨率遥感影像分类与变化信息提取	(44)
2.3.2 基于自组织网络的自适应模糊规则发现与遥感分类	(49)
2.3.3 证据推理在基于知识的遥感分类中的初步应用	(57)
2.4 小 结	(64)

主要参考文献	(65)
第3章 影像融合在土地利用/覆被信息增强中的应用	(69)
3.1 常见影像融合方法比较	(70)
3.1.1 常见融合方法介绍	(70)
3.1.2 融合结果评价方法	(74)
3.1.3 试验数据预处理与结果	(75)
3.2 时域 IHS 融合与土地利用/覆被变化信息提取	(78)
3.2.1 基于影像融合的变化信息增强	(78)
3.2.2 时域 IHS 融合的修改处理	(79)
3.2.3 基于增强的光谱与纹理特征变化的分类	(80)
3.2.4 试验区域与结果	(80)
主要参考文献	(85)
第4章 影像格局表征在土地利用/覆被分析中的应用	(87)
4.1 遥感影像的半方差纹理表征与分类	(87)
4.1.1 半方差纹理表征	(88)
4.1.2 试验数据与处理	(89)
4.1.3 雷达影像半方差纹理特征应用分类	(90)
4.2 景观格局的小波分析和半方差方法比较	(94)
4.2.1 遥感数据景观结构小波分析	(94)
4.2.2 试验区域和数据	(95)
4.2.3 结果与结论	(98)
4.3 景观格局在土地利用/覆被模拟模型中的初步表达与 应用	(103)
4.3.1 土地利用/覆被模拟与马尔柯夫链模型	(104)
4.3.2 景观格局的类别共生概率矩阵	(105)
4.3.3 试验区域与模拟验证方法	(107)
4.3.4 试验结果与分析	(108)
4.3.5 结论与讨论	(111)
主要参考文献	(112)
第5章 遥感在区域植被覆盖度分析中的应用	(114)
5.1 遥感技术估计植被覆盖度的常见方法	(115)
5.1.1 常见植被指数	(115)

5.1.2 不同空间分辨率遥感数据进行覆盖度估算的应用	(116)
5.2 FCD 模型在北京山区的初步应用	(119)
5.2.1 FCD 基本原理 (Rikimaru, 1996)	(119)
5.2.2 试验区域与数据处理	(122)
5.2.3 结 果	(124)
5.3 ASTER 穗帽变换在区域植被覆盖度分析中的应用潜力	(127)
5.3.1 穗帽变换方法	(128)
5.3.2 穗帽变换结果与讨论	(130)
主要参考文献	(137)
第 6 章 遥感在区域蒸散模型中的应用	(139)
6.1 遥感在区域蒸散模型中的研究进展	(139)
6.1.1 剩余法	(140)
6.1.2 遥感反演的指数和 P-M 公式结合计算的方法	(145)
6.1.3 遥感与区域蒸散模型结合面临的问题	(145)
6.2 ASTER 与 SEBAL、TSEB 蒸散模型结合的比较	(148)
6.2.1 能量平衡方程简介	(148)
6.2.2 SEBAL 模型	(150)
6.2.3 TSEB 模型	(152)
6.2.4 两种模型在试验区的比较结果	(153)
主要参考文献	(156)
第 7 章 遥感在区域土地荒漠化与驱动力分析中的应用	(160)
7.1 多时相遥感技术与格局分析的荒漠化评价	(161)
7.1.1 民勤荒漠化评价方法	(161)
7.1.2 民勤荒漠化评价结果	(164)
7.2 区域荒漠化风险指数与驱动力分析	(175)
7.2.1 荒漠化风险指数与民勤县荒漠化风险指数变化	(176)
7.2.2 荒漠化风险指数与社会经济驱动力分析	(178)
主要参考文献	(182)

第1章 绪 论

21 世纪是可持续发展战略付诸全面实践的世纪。土地科学从传统的资源调查、土地适宜性评价和利用规划等侧重静态研究进入以土地利用/覆被变化 (LUCC)、土地质量指标体系诊断 (LQIs) 和土地可持续利用 (SLUS) 为基点的侧重系统动态演变研究的土地变化科学 (Land Change Science, LCS)。土地变化科学的系统综合性、时空多尺度的复杂性和格局—过程的定量化进一步推动了遥感等相关信息技术在该领域中的应用研究。本章结合国内外主要研究计划, 试图概念化土地变化科学框架, 并结合遥感技术的发展探讨两者的结合。

1.1 土地利用/覆被变化、土地质量指标与土地可持续利用

人类通过对土地资源的利用活动, 改变了地球陆地表面的覆盖状况。作为反映人类社会经济发展的土地利用状况与指示自然生物特征的土地覆被状况, 二者的变化与人类—自然界的相互影响和交互作用是最直接、最密切的。土地质量指标是评估土地条件、监测土地变化和诊断土地可持续利用状态的最小或较少的土地特征集。通过认识土地利用/覆被变化的机制并建立驱动力模型, 可以对人类现时的土地使用政策进行评估, 预测由此所带来的生态、社会经济的种种结果, 优化土地利用模式, 以求实现可持续性的土地利用, 进而建立监测和诊断土地变化的土地质量指标体系与评价方法。

1.1.1 土地利用/覆被变化

1995 年具有全球影响的国际地圈生物圈计划 (IGBP) 和国际全球变

化的人为因素计划 (IHDP) 共同拟定并发表了《土地利用/土地覆被变化科学研究计划》(Turner II *et al.*, 1995), 将其列为核心项目, 确立了土地科学在地球系统科学、全球环境变化、气候变化和可持续发展中的重要地位, 推动了自然科学和社会科学的综合研究。在相关项目中较有影响的主要有: 国际应用系统分析研究所 (IIASA) 于 1995 年启动的“欧洲和北亚土地利用与土地覆被变化模型”项目; 联合国环境规划署 (UNEP) 亚太地区环境评价计划于 1994 年启动的“土地覆被评价和模拟” (LCAM) 项目; 美国全球变化研究计划 (USGCRP) 把土地覆被变化与气候变化、臭氧层的损耗一起列为全球变化研究的主要领域, 并从 1996 年起重点开展的北美洲土地覆被变化的研究; 日本国家科学院全球环境研究中心提出的“为全球环境保护的土地利用研究”项目 (LU/GEC); 联合国粮农组织的“非洲土地覆被分类系统”项目等 (李秀彬, 1996)。

LUCC 计划研究的基本目标是提高对全球土地利用和土地覆被变化动力学 (动态过程) 的认识, 并着重提高预测土地利用和土地覆被变化的能力 (Turner II *et al.*, 1997)。具体包括: ① 更好地认识全球土地利用和土地覆被的驱动力; ② 调查和描述土地利用和土地覆被动力学中的时空可变性; ③ 确定各种土地利用和可持续性间的关系; ④ 认识 LUCC、生物地球化学和气候之间的相互关系。最终建立土地利用/覆被变化模型与综合的全球/区域模型耦合来描述和预测复杂的人—地环境系统。

图 1-1 是以土地利用/覆被系统为核心的人—地环境系统的简化框架关系图。社会系统通过土地使用者 (或管理者) 作用于土地利用系统形成土地利用方式 (LUT)。土地利用方式由两部分组成: ① 土地利用的社会经济条件, 即社会经济驱动力; ② 土地利用的技术条件, 即科学技术驱动力。在《土地评价纲要》中列举了土地利用方式的 10 个内容, 但主要针对农业土地利用方式。谢俊奇 (1999) 建立了中国 11 类土地利用方式的 17 项内容。目前还没有包括所有土地利用系统的土地利用方式的确切描述。通过对土地利用系统的社会经济和科学技术驱动力研究, 可以为建立土地利用方式的确切描述提供参考依据。土地利用方式 (社会经济、科学技术驱动力) 研究具有以下作用: ① 根据土地利用方式及其要求, 选择土地质量指标; ② 根据土地利用方式及其要求, 评价土地

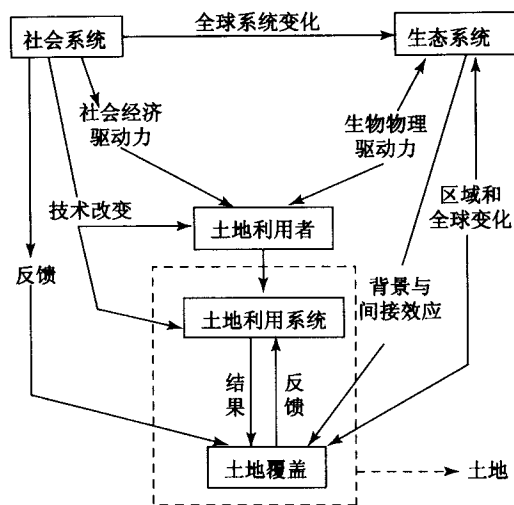


图 1-1 土地利用覆被变化框架

(据 Turner II *et al.*, 1995 修改)

利用系统的社会经济可持续性；③ 根据评价和驱动力分析结果，研究土地利用系统变化及可持续性的机制。

生态系统通过使用者（或管理者）作用于土地利用系统，通过自然驱动力因素来反映土地内在特征和质量动态变化对土地利用方式的选择。随着 LUCC 研究的深入，土地覆被不再仅仅被看作单一的地球表面植被及其他物质，而是扩展为以土地类型及其所具有的一系列自然属性和特征的综合体，在理论上更加准确、完整地刻画了地表覆盖和利用的特征（杨立民和朱智良，1999），成为土地综合体的代名词。通过自然驱动力因素分析研究可以对土地质量指标选择、阈值划分提供依据，可以解释土地利用与土地综合体（土地覆被）相互作用、全球和区域生态环境变化对土地的影响及其敏感性并评价和诊断土地利用的自然可持续性。

除研究自然生态系统和社会经济系统对土地利用/覆被变化的驱动机制外，LUCC 也将土地利用/覆被变化对人—地环境系统（社会经济系统、生态系统）的反馈和效应过程作为重要研究内容。具体包括两个层次的变化研究：① 系统性的变化，是真正全球意义上的变化，如气候波动和碳循环等，研究内容包括温室气体的净释放效应、大气下垫面反照

率的变化等等；②累积性的变化，是区域性的变化，其累积效果影响到全球性的环境现象，研究内容包括土地退化、生物多样性、流域水平衡、水质和水环境、河流泥沙及海洋生态系统等方面的影响。

可见，LUCC 研究计划进一步推动了土地系统—社会系统—生态系统间的相互作用机制和过程的研究，一方面主要回答社会系统如何通过土地利用方式改变，生态系统如何通过土地单元质量的变化来共同驱动土地利用/覆被变化；另一方面回答土地利用如何通过改变土地覆被而影响全球环境变化、社会系统响应。进而为监测和调控土地利用/覆被系统来保证人类社会的可持续发展服务。

在 10 多年的研究进展中，土地利用/覆被变化的驱动力分析和模拟模型研究取得了不同程度的进展，积累了不少成功的案例，但 LUCC 计划对人—地环境系统（社会经济系统、生态系统）的反馈和效应过程研究起步较晚。总体而言，LUCC 研究取得突破性的成果不多，这与 LUCC 系统综合（数据、理论和方法）复杂性、时空多尺度表征、格局—过程量化困难等原因有关系。

土地综合了近地表层的生态系统，包括近地气候、土壤和地形、地表水、近地表沉积层和相伴的浅层地下水、植物和动物群落以及人类居住点和过去、现在人类活动的结果（FAO，1995）。LUCC 研究又进一步突出了自然科学（土地、生态环境）与社会科学的综合。尽管遥感技术实现了人类在空中综合和宏观研究地表状态，但能够系统化、系列化提供覆盖全球各区域的遥感数据也只有 30 年历史。其次，土地利用/覆被研究所涉及的社会经济数据和自然数据，表现为不同数据类型、不同计量尺度、不同的统计特性，而且它们在时间尺度上不一致、空间单元上不匹配等问题严重制约了对复杂人—地系统综合特性的分析和动态诊断。

LUCC 研究须落实在可操作的时空尺度上，在某一尺度上的案例研究成果要推广应用于其他不同地区以及不同尺度，因此进行尺度转换的综合性研究将是必然的。众多研究认识到土地利用/覆被变化和驱动力在时空尺度上关系复杂，改变分析的空间尺度将改变分析的结果（Turner II，1997）。不同尺度下的土地利用/覆被变化具有不同的特点、过程和机制，因此土地利用和土地覆被变化的尺度转换仍然是 LUCC 研究的一个难题。首先即便是同一空间栅格，采用不同的聚合重采样方式会引起

分析结果的变化；由于不同尺度上变异性因素不同以及驱动力因子的尺度交叉效应，因此不同尺度上的数据序列，无法通过“尺度放大”或“从下到上”达到目的。其次分析土地利用/覆被变化所采用的数据集的时/空尺度并不一定与研究的格局—过程的尺度相匹配，严重影响了对变化机制的正确认识。

LUCC 景观评价方法提供了描述空间格局动态的形象化语言，但至今表述景观格局的空间指标体系与土地利用/覆被变化过程、生态效应及其机理间的量化关系仍没有可供借鉴的研究方法。对生态环境变化机理、过程与格局间的关系的研究，势必推动 LUCC 研究工作与各生态系统微观领域上的机理过程相结合。

1.1.2 土地质量指标与土地可持续利用

建立衡量土地质量变化的指标体系，并将其应用到土地质量的监测、评价和制定土地可持续发展的政策中，已成为当前土地科学研究领域一个新的热点（冷疏影和李秀彬，1999）。1995年6月，由世界银行、FAO、UNDP 和 UNEP 共同发起，讨论建立 LQIs 项目研究的全球联盟。1996年5月召开第二次会议，详细讨论了工作计划。该项目主要目标是为热带、亚热带及温带主要农业生态带的人工生态系统（农业及林业）建立土地质量指标体系，建立土地质量指标体系可用数据及信息源，建立统一的土地质量指标体系成果分析、集成与应用方法，论证负责收集 LQIs 数据的研究机构的资料的有效性并予以传播。

在 FAO 的土地质量指标体系研究报告中，把土地质量定义为“以一种特定方式影响特定土地利用方式持续性的一个综合土地特性”（Benites and Tschirley, 1996）。该研究报告一方面按不同土地利用类型划分的土地质量属性建立土地利用方式，另一方面按土地单元垂直方向划分的土地质量属性包括气候质量属性、土地覆盖质量属性、地表与地貌质量属性和土壤质量属性等地表生态系统描述，并且认为土地质量属性“不是某个绝对值，而是基于特定土地功能和特定土地用途的某种限制因素”，因此又可称为“土地质量限制”。可见 FAO 的土地质量指标体系建立仍然遵循土地适宜性评价的框架，从土地综合体的两个角度（利用要求和质量限制匹配）监测评价土地资源利用可持续性的改变。

PSR 模型是该项目的基础研究方法。按照压力—状态—响应框架,土地质量指标 (LQIs) 可分成如下 3 组 (冷疏影和李秀彬, 1999; 唐华俊等, 2000; Dumanski and Pieri, 2000): ① 压力指标 (Pressure indicators), 即人类活动对土地资源施加的压力。压力指标一般指的是对土地质量有直接影响, 不采取措施就会对土地质量带来危害的指标。② 状态指标 (State indicators), 指的是土地资源的质量现状及其时间变化。③ 响应指标 (Response indicators), 就是各级管理者、决策者和政策制定者对土地压力、土地质量状态及其变化所作出的响应。

目前国内外对土地质量的研究主要还停留在对土地质量的理论探讨和土地质量指标的建立上 (Kirkby *et al.*, 2000; Bindraban *et al.*, 2000)。FAO 注意到虽然在 PSR 模型的框架下, 可以得到若干土地质量变化的驱动信息和由此产生的响应措施, 但它是由问题驱动而非指标驱动的, 没有深入分析引起土地质量变化的过程和机制。今后将 LUCC 与 LQIs 加强结合, 可有利于驱动力与指标体系解译相结合及 LUCC 生态环境效应的模拟和监测, 进而将土地质量指标与合理的土地利用、管理措施以及政策框架之间建立有效的联系。

土地可持续利用管理成为可持续发展这一当今世界性热点问题的一个重要方面。FAO 于 1993 年正式发表了《可持续土地利用管理评价纲要》(《FESLM》), 是土地可持续利用管理及评价发展过程中的一个里程碑。FAO 在《FESLM》中对土地可持续利用给出的定义是: “将技术、政策和旨在同时关注社会经济原理与环境的活动结合在一起, 即同时考虑以下几点: 保持和提高生产力 (生产性) (productivity), 降低生产风险 (安全性) (security), 保护自然资源及防止土壤和水质的退化 (保持性) (protection), 经济上可行 (可行性) (viability), 社会可以接受 (接受性) (acceptability)。”《FESLM》确定的这 5 项评价标准 (pillars), 成为土地可持续利用管理评价指标体系建立的指导原则, 也是土地质量指标体系所遵循的框架。陈百明、张凤荣 (2001) 系统总结了国内外土地可持续利用研究的进展, 进一步指出在土地可持续利用指标与评价的研究中, 必须综合考虑空间区域性、各土地利用系统特殊性和典型区域 3 个方面的因素并进行指标体系及其阈值的研究, 才能保证土地可持续利用指标体系的科学性、系统性和实用性。目前土地可持续利用从

理论到应用的首要瓶颈就是科学合理的指标体系的建立和其阈值的确定。

土地可持续利用除了研究特定土地利用方式和具体空间的结合,即具有多空间尺度性,另一个重要特征就是时间性。可持续性本身就是时间轴上的定义,如果预测到一种土地利用方式在未来相当长的一段时期内不会引起土地适宜性的退化,则认为这样的土地利用是可持续的。因此,土地质量指标体系研究是推动土地可持续利用走向可操作的关键一步。

1.1.3 土地变化框架

土地科学从20世纪侧重资源开发利用的静态研究进入21世纪侧重系统综合、动态演变的土地变化科学研究,基本建立了以土地利用/覆被变化、土地质量指标体系诊断为基础,以土地可持续利用为目标的土地变化科学研究框架(图1-2)。土地变化包括了土地利用/覆被系统变化,土地系统的数量和质量(结构和功能)的变化,土地可持续利用状态变化以及由土地变化所造成的社会系统、生态系统响应变化等。通过更好地认识这些变化的时空变异规律和相互作用,通过综合集成驱动力模型、综合效应模型和压力—状态—响应模型,建立不同目标情境下的土地利用/覆被的可能状态和可持续性间的关系,最终为更好地描述和预

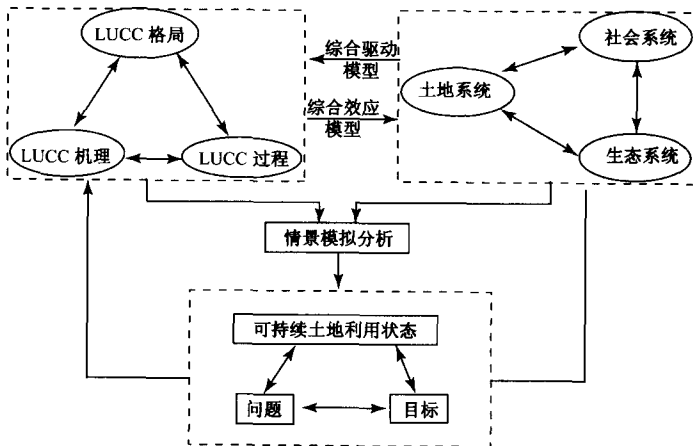


图 1-2 土地变化集成框架