

生态脆弱地区土地生态环境安全初探

赵凤琴, 汤洁, 王晨野, 李昭阳

(吉林大学 环境与资源学院, 吉林 长春 130026)

摘要: 关注并保障生态脆弱地区土地生态环境安全是实现区域土地资源可持续利用的基础。在生态脆弱地区土地生态环境系统因素分析的基础上, 提出了区域土地生态环境安全的概念和研究的理论基础。在研究技术与方法上提出了应用 RS 与 GIS—EIS 耦合技术进行评价、预警、仿真和优化, 从而构成生态脆弱地区土地生态环境安全研究的完整体系。

关键词: 生态脆弱地区; 土地生态环境安全; 理论基础; 研究方法

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2005)01—0099—05

中图分类号: F1301

Security of Terrestrial Ecology Environment in Ecologically Vulnerable Areas

ZHAO Feng-qin, TANG Jie, WANG Chen-ye, LI Zhao-yang

(College of Environment and Resource, Jilin University, Changchun 130026, Jilin Province, China)

Abstract: Paying attention to and ensuring the security of terrestrial ecology in ecologically vulnerable areas are essential to realizing sustainable utilization of regional land resources. The concept and theoretical basis of securing regional terrestrial ecology in ecologically vulnerable areas are advanced on the basis of analyzing factors of the ecological management system. A new method, based on remote sensing (RS) and geographical information systems—environmental impact systems (GIS—EIS) and involving evaluation, precaution, simulation and optimization of the system, is advanced. The final result of the research is a comprehensive system for terrestrial ecology management in ecologically vulnerable areas, which contributes to progress in the field of securing regional ecological environments.

Keywords: ecologically vulnerable area; security of terrestrial ecology environment; theoretical basis; research method

自 20 世纪 40 年代以来, 保护人类生存环境、合理利用自然资源和维持生态系统持续发展等日益受到国际社会的广泛关注。1941 年 Aldo Leopold 提出土地健康的概念并用其评价土地功能状况以后, 关于生态系统与环境安全问题的研究就在生态环境健康与生态环境风险两方面展开, 并在全世界范围内得以发展, 现在人们已普遍认识到维持和恢复一个健康的生态系统或环境状态是可持续发展的基础。在我国, 由于生态安全研究广泛涉及生态规划、环境保护与综合整治以及制定区域可持续发展战略等多方面, 因此愈来愈受到广泛关注^[1]。

目前学术界对生态安全问题尚无统一的定义、权威的度量方法以及完善的指标和评价体系, 一般对其理解有广义和狭义之分, 前者包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全, 后者指自然和半自然生态系统的安全, 用来反映生态系统完整性和健康的整体水平^[2]。

虽然学术层面的区域生态环境安全研究尚未真正开展起来, 但是保障区域生态环境安全却是进行资源开发和利用时所必须遵循的准则。关注区域土地利用过程中出现的生态环境安全问题, 研究扰动环境敏感地区土地利用变化的生态环境效应, 加强脆弱类型土地生态环境系统的安全调控, 成为国内外关于土地利用变化研究的一个重要趋势^[3-6]。

1 研究方法与技术回顾

区域生态环境系统的范围与特点决定了生态环境安全研究的方法和途径, 不同尺度的生态环境系统对应不同的研究方法手段。目前国内外一般应用的方法主要有以下几种。

(1) 暴露—响应分析模式。这是目前国内外在进行区域生态安全评价研究中最常用的方法, 一般先进行问题抽象(包括概括评价对象的定义、确定研究范围与尺度、选择关键因子并量化), 然后是暴露分析

与生态响应分析,最后进行生态安全识别与管理。该方法以生态风险为主线,兼顾生态系统健康评价,不仅可以直观获得区域生态安全状况,还可以输出生态安全管理对策与维护策略^[1]。

(2) 生态承载力分析法。区域生态安全承载力的研究方法是在资源承载力和环境安全承载力研究的基础上发展而来的。以状态空间法作为研究区域生态环境承载力的基本方法,近些年状态空间法与系统动力学方法和综合指数法相结合成为生态承载力分析法的发展趋势^[7-9]。应用生态承载力分析法定量化程度高,可用较少的因素定量测算生态承载力状况,但因无法考虑生态承载力复杂因素间的作用,同时单纯以人类对自然资源的占有与利用角度分析复杂生态系统的承载力水平,因而难免有些缺憾^[1]。

(3) 生态模型法。这是一种相当于在计算机上做实验的方法,通常有空间模型和非空间模型,用来描述环境系统或系统要素的行为特征,或者人类活动对生态系统的影响^[10]。该领域值得借鉴的是吉林大学环境与资源学院林年丰与汤洁教授创立的 EIS(环境模拟系统)方法,该方法将环境评价、预测、预警、模拟、仿真、规划和决策等方法有机地结合起来,组成一个环境模拟系统,将其纳入模型库,或制成模型软件包,以满足生态环境研究中的各种需要,并且将 GIS 与 EIS 进行耦合,实现了 GIS 与 EIS 之间信息的相互转换和信息资源的二次开发利用^[11]。

(4) 景观生态学方法。采用景观生态研究的方法,定量地描述景观结构,建立景观结构与功能间的相互关系,并从景观结构的变化来推断功能的变化。该方法在充分利用 GIS 技术与 RS 数据的基础上,有效地将数据与状态相结合,着眼于生态环境安全研究的宏观要求,应用前景广阔^[10]。

技术方面的主导潮流是遥感(RS)与地理信息系统(GIS)技术的应用。遥感是借助地球人造卫星,以物理、数学、地学分析为基础的综合性的技术,具有宏观、综合、动态和快速的特点,可以作为数据采集的主要手段之一。遥感用于区域变化,尤其是人类活动对土地覆盖、土地利用的研究已经成为一种重要的研究手段。地理信息系统技术是一种以空间数据库为核心,采用空间分析方法和空间建模方法,适时提供多种空间和动态的资源与环境信息的计算机技术系统。利用 GIS 与 RS 相结合的技术可以对区域环境开发、人类活动影响效应的安全程度等进行多角度和多方位分析和研究。

2 生态脆弱地区土地环境安全研究

生态脆弱地区是指自然与人为活动相结合造成环境退化、景观变差、土地生产力下降、土地资源衰竭

的地区。我国生态脆弱环境主要分布在北方半干旱半湿润区(农牧交错带)、西北半干旱区、华北平原区、南方丘陵区、西南山地区、西南石灰岩山地区和青藏高原区^[12]。本文主要研究对象是吉林省西部生态脆弱地区。该地区属于年降水量为 150~400mm 的干旱、半干旱地区,地表水与地下水资源匮乏,地表物质和土体结构疏松,土壤营养成分含量低,生物多样性少,植被覆盖率低。自然条件的脆弱加上人为因素的破坏,导致生态环境脆弱,生态灾害发生频繁且危害严重^[13]。

探讨生态脆弱地区的土地生态环境安全,不仅具有重要的理论意义,而且对保障区域生态环境安全,合理调整区域土地利用格局,提高土地生产潜力,促进区域可持续发展有重要的现实意义。

为了使研究系统化,本文先从系统要素、环境、结构和功能等方面进行了生态脆弱地区土地生态环境系统因素分析,从而确定区域土地生态环境安全的概念,然后在提出研究的理论基础上,进行了研究方法的探讨。

2.1 土地生态环境系统

生态环境系统是以人类社会为中心的,支撑人类社会经济与农业生产可持续发展的,由一定区域内生物、土壤、水体、空气、地质、地貌等在内的生态环境要素组成的整体环境综合系统^[5]。土地生态环境系统属于生态环境系统的一个子系统,是由一定区域的土壤、近地表大气圈、地表水及浅层地下水等环境要素所组成的具有一定结构与功能的综合系统。区域土地生态环境系统是本文研究的客体对象。

生态脆弱地区土地生态环境系统具有一定特殊性,需要从系统要素、环境、结构和功能等方面进行分折,从而明确其特性和各种限制条件。

(1) 要素。要素是构成系统的基本单元,是对系统组成部分、组分、成分或个体的抽象概括。系统要素的范围是相对的,它与系统的规模和复杂程度有关。土地生态环境系统的要素主要有气候、水文、地貌、土壤、生物和社会因素。

在生态脆弱地区,往往气候条件表现得比较恶劣,如蒸发量大于降水量,气候灾害频率高,水热协调性差等;水文要素表现为地表水水域面积小,地下水资源匮乏,水质差等;土壤要素表现为土壤营养成分含量低,地力衰竭,农业污染严重等;生物要素表现为植被覆盖率低,生物多样性少,农业产量低等;社会要素表现为人口压力大、经济水平低、生态保护投入少等方面。

(2) 环境。任何系统都有明确的边界限制,把任一系统边界外部的所有其它事物称为该系统的环境。系统的环境要依照研究目的和任务而定,不同的研究任务有不同的研究对象,从而构成不同的系统。

土地生态环境系统的边界包括 2 个方面:一是研究区边界,二是根据土地生态环境属性定义的边界,包括地表土壤、地表以上大气圈的一部分、地表水及浅层地下水。边界以内的部分为土地生态环境系统,以外的部分为系统的环境。在生态脆弱地区,除考虑以上两方面外,还要考虑脆弱区域边界。

(3) 结构。系统的结构是系统内部各要素相对稳定的组织形式(秩序)或分布关系的总称。系统结构的形成在于各要素间的相互联系、相互作用,其实质是各要素间物质、能量和信息的流通与转换。土地生态环境系统的结构见图 1。

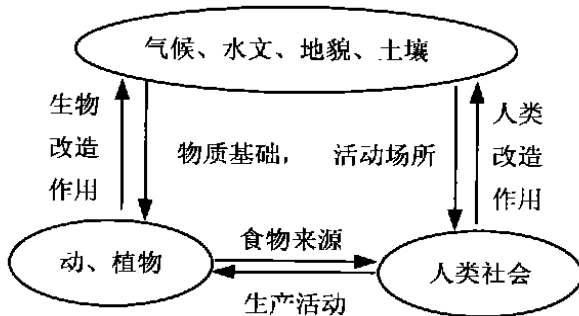


图 1 土地生态环境系统结构图

在生态脆弱地区,由于气候、水文、地貌、土壤等要素条件差,因而直接或间接影响人类社会物质来源,造成社会经济水平低下,在人口压力增加的情况下,必然对土地资源进行超强度开发,由于维护措施小于开发程度,系统中各要素趋于退化趋势。如此长期发展,造成系统结构不稳定,威胁到土地生态环境系统的安全。

(4) 功能。是系统内部各要素间活动关系的总称。要素活动指要素的各种运动、变化或作用;要素的活动关系指某一要素的活动对其它要素活动的影响,或某一要素对其它要素的作用。土地生态环境系统的功能主要包括生产功能、空间场所功能和景观功能。在生态脆弱地区,由于系统结构不稳定,各要素活动处于一定风险状态,且相互影响和制约,导致系统的生产功能低下、自然条件恶劣、景观功能失调。

2.2 区域土地生态环境安全的概念

根据以上分析,我们将区域土地生态环境安全定义为一定时空范围内,在确保土地资源合理开发利用和生态环境良性循环的条件下,土地生态环境系统既能保障人类社会经济与农业可持续发展,又能保障其结构与功能的状态与变化态势不被损害的状态。土地生态环境安全评价的目的是对土地生态环境系统

服务功能的状态及其变化态势对人类社会经济、农业生产可持续发展的安全性程度的定量评价。

生态脆弱地区土地生态环境安全指能够满足生态脆弱地区社会经济持续发展的情况下,必要的资源(水、土、生物等)、社会秩序、人类适应环境变化的能力等方面不受威胁。

2.3 理论基础

区域土地生态环境安全研究是生态安全研究的一个分支,因而其理论基础继承了生态安全研究的思想。生态安全研究源于生态风险评价,其重要标志和最终目标是生态系统健康。区域生态风险评价是在区域尺度上描述和评估生态环境污染、人为活动或自然灾害对生态系统及其组分产生不利作用的可能性和大小的过程^[15]。对生态风险的识别包括风险因素的确定和生态环境系统脆弱性的认识。生态健康指生态系统所具有的稳定性和可持续性,主要包括 3 方面:生态系统完整性、生态系统恢复力和生态系统活力^[1]。二者相互区别,但又相互联系,通过 P—S—R (Pressure—State—Response, 压力—状态—响应) 概念框架共同作用构成生态环境安全的核心。P—S—R 概念框架是 OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) 针对生态环境质量评价指标体系设计的框架模型,目前已被很多研究者认同并使用^[5-6]。本文综合区域生态风险、生态健康与 P—S—R 理论框架,对模型作了扩展,得到区域土地生态环境安全研究的理论基础(见图 2),并将其应用于生态脆弱地区。

图中压力指土地生态环境的风险压力,包括风险因素与脆弱性因素的识别;状态指人类行为导致的土地生态环境状况的变化,指土地生态环境健康状态,包括区域土地生态环境系统结构的完整性和功能的稳定性,在脆弱生态地区还包括土地生态环境脆弱程度;响应指系统自身调节能力和社会克服土地生态环境安全危机,保证生态环境安全的行为和能力。

该理论基础框架具有清晰的因果关系,即人类活动与脆弱的自然条件对环境施加了一定压力,因此生态环境状态发生了一定变化,表现在系统整体上的脆弱性和结构与功能上的不完整和不稳定,但是人类的社会行为会因周围环境受损而对环境的变化做出响应,同时土地生态环境系统具有自身调节作用,从而逐步恢复了环境质量或防止了生态环境退化。这 3 个环节紧密联系,相互作用,构成土地生态环境系统安全研究的内部机理与变化过程。

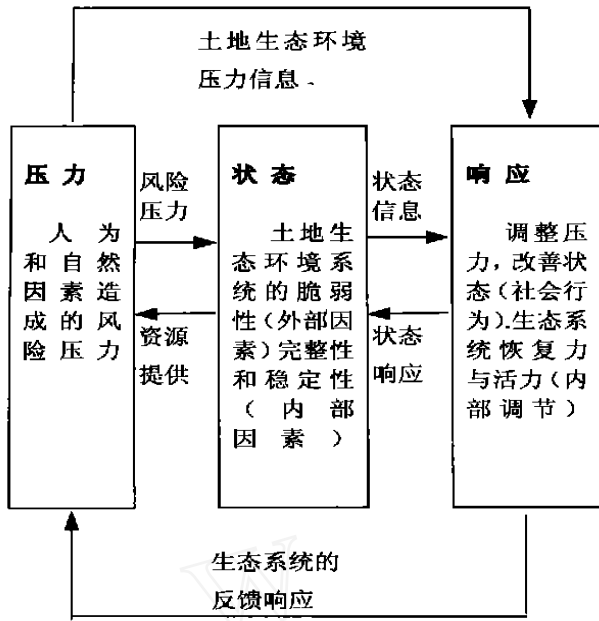


图 2 区域土地生态环境安全理论基础图示

2.4 研究方法

通过对前人研究方法的学习和总结,本文提出首先应用区域土地生态环境安全研究基础理论建立指标与标准体系,然后应用 RS 与 GIS—EIS 耦合技术进行生态脆弱地区土地生态环境安全的评价、预警、仿真和优化的研究方法,具体过程见图 3。

该研究方法从维护生态脆弱地区土地生态环境系统结构的完整性与功能的稳定性出发,将反映区域土地生态环境系统风险的指标和表征土地生态环境系统健康的指标相结合,构建压力、状态、响应指标体系,先通过评价反映系统安全状态,然后通过“类型—强度—空间位置”的预警分析得出系统安全的演变过程,最后采用系统动力学方法进行仿真与优化,得到定性定量相结合的调控措施,最终通过方案调控提出使生态脆弱地区土地生态环境处于安全状态的对策,满足该区土地资源利用与社会经济可持续发展的要求。其中应用 RS 技术采集土地利用、土地覆被、土地退化等方面的信息,应用 GIS—EIS 耦合技术实现计算结果与空间信息的共享。

生态安全预警是通过分析研究区域的系统要素、环境、结构与功能来探求维护系统生态安全的关键性要素和过程,强调人的积极主导作用。生态环境安全预警分析是近年来生态环境安全研究的新内容,能够体现生态环境安全变化过程。系统动力学方法是一种基于系统论和信息反馈原理进行计算机模拟的方法,是处理非线性、多重反馈和复杂时变的动态系统

的有力工具。应用系统动力学方法从土地生态环境安全的压力、状态、响应的动态关系进行仿真、优化,这是对生态承载力分析法进行生态安全研究的进一步扩展。

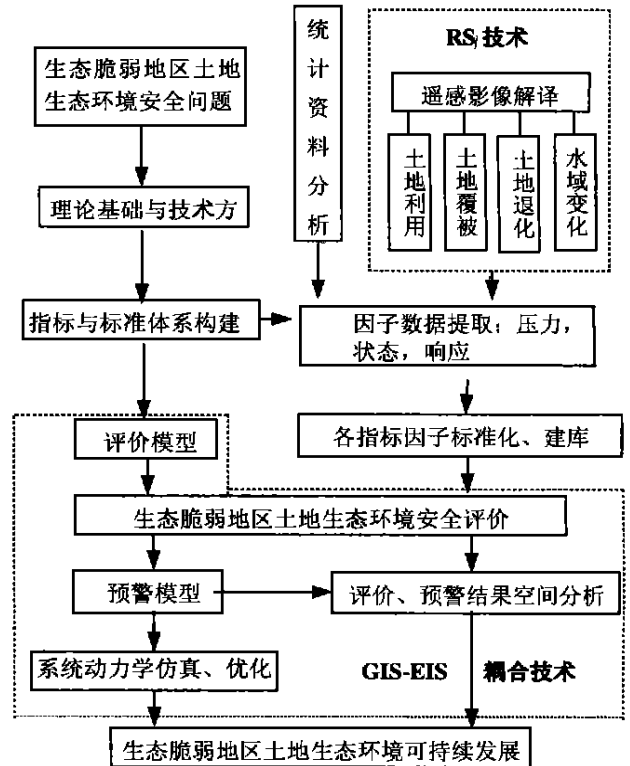


图 3 生态脆弱地区土地生态环境安全研究方法框图

本文将区域土地生态环境安全评价—预警—仿真—优化这 4 个环节统一起来,构成区域土地生态环境安全研究的完整体系,体现区域土地生态环境安全状态与过程的演变和定性定量相结合的调控策略。

3 存在问题及展望

3.1 存在问题

关于生态脆弱地区土地生态环境安全的概念和理论研究还不成熟,学术层面上没有完善的研究成果可供借鉴。生态安全评价研究的关键环节是建立科学的评价指标与标准体系,建立完善的指标体系是客观准确评价的基础。

但是为什么区域土地生态环境安全指标与标准体系的构建显得困难呢?因为该领域涉及社会科学、自然科学和安全科学等学科的知识,同时对评价系统需要有足够的认识,所以当前在指标与标准体系的建立上没有突破性进展。具体操作方面针对不同尺度上土地生态环境安全研究的生态模型还有待于开发和研究。

3.2 展望

用能够兼容不同空间尺度并能体现动态变化的指标体系进行区域生态环境安全研究是未来指标体系方面的发展趋势;能适用于不同尺度安全研究需要的各类生态模型的开发与应用将备受关注;利用RS、GIS和数据库等技术建立包括气候、水文、地貌、土壤、生物和社会因素等方面的数字化区域土地生态环境系统,实现土地生态环境系统安全的动态监测、评价、预警和调控将是今后区域、乃至全球土地生态环境安全研究的新方向。

[参 考 文 献]

- [1] 王根绪,程国栋,钱鞠.生态安全评价研究中的若干问题[J].应用生态学报,2003,14(9):1551—1556.
- [2] 肖笃宁,陈文波,郭富良.论生态安全的基本概念和研究内容[J].应用生态学报,2002,13(3):354—358.
- [3] 林彰平,刘湘南.东北农牧交错带土地利用生态安全模式案例研究[J].生态学杂志,2002,21(6):15—19.
- [4] 陈国阶.论生态安全[J].重庆环境科学,2002,24(3):1—3.
- [5] 左伟,周慧珍,王桥.区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[J].土壤,2003(1):2—7.
- [6] 左伟,王桥,王文杰,等.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):67—71.
- [7] 毛汉英,余丹林.区域承载力研究方法探讨[J].地球科学进展,2001,16(4):549—555.
- [8] 陈传美,郑垂勇,马彩霞.郑州市土地承载力系统动力学研究[J].河海大学学报,1999,27(1):53—56.
- [9] 彭再德,杨凯,王云.区域环境承载力研究方法初探[J].中国环境科学,1996,16(1):6—10.
- [10] 杨京平,卢剑波.生态安全的系统分析[M].北京:化学工业出版社,2002.139—158.
- [11] 林年丰,汤洁.EIS—GIS联合系统在第四纪研究中的作用及意义[J].第四纪研究,2001,21(2):100—106.
- [12] 吕耀,谷树忠,王道龙.论生态脆弱带的食物保障与生态系统保护[J].中国农业资源与区划,2001,22(6):23—26.
- [13] 林年丰,汤洁.生态脆弱带的生态地质环境与农业可持续发展[J].中国农业地质研究新进展.Scientist Press International, Inc. Surry New York Hongkong,1999.65—70.
- [14] 马建华,管华.系统科学及其在地理学中的应用[M].北京:科学出版社,2002.1—4.
- [15] 付在毅,许学工.区域生态风险评价[J].地球科学进展,2001,16(2):267—271.
- [16] 汤洁,林年丰,卞建民,等.应用GIS—ANN进行土地盐碱化危险度评价——以吉林西部平原为例[J].自然灾害学报,2003,12(4):34—39.

《水土保持通报》专家论坛栏目稿约

《水土保持通报》专家论坛栏目开办于1997年,旨在紧密跟踪本学科及其实践的发展动向,以指导我国水土保持事业的快速、高效、正确发展。

为避免我刊单向组稿和约稿的各种偏颇,希望广大水保战线的各方专业权威人士能随时根据我国水保领域的发展动态,针对某些热点问题、重大论题、重要问题等撰写专论,以指导我国水土保持科研及实践的顺利发展。

来稿要求针对性、现势性强,篇幅在2600字以内,并附影像效果清晰的照片1张。凡在我刊此栏目刊登的专论文章,将一律免收版面费,且稿酬从优。

《水土保持通报》编辑部

二零零五年一月十二日