

西南大学

硕士学位论文

基于熵值法的县域土地生态安全评价研究——以重庆市巫山县为例

姓名：张春柱

申请学位级别：硕士

专业：土地资源管理

指导教师：廖和平

20110529

基于熵值法的县域土地生态安全评价研究 ——以重庆市巫山县为例

土地资源管理专业 硕士研究生 张春柱

指导教师 廖和平 教授

摘要

太阳和土地是人类赖以生存的空间，人类社会的发展离不开对土地的利用和改造，可以说人与土地的这种关系是整个人类社会史中最基本的生产关系。20世纪中叶以来，随着人口急剧增长以及工业化、城市化的快速发展，人类对土地的需求大幅增加，土地的经济价值和功能也得到了充分体现和发挥。然而，随着科学技术的不断发展，人类在改造自然方面取得了巨大成就的同时，也带来了对人类生存有重大影响的环境污染、生态失调、资源短缺等问题。这些世界性的难题均与土地生态系统有着直接的关系。目前大部分土地生态系统面临着来自人类日益严重的威胁。就我国而言，土地生态问题日益突出——土地利用结构不合理，各种生态用地少，人均生态用地更少；不重视生态用地及其保护；土地利用不按生态规律进行，产生了严重的生态失调问题——水土流失、土壤荒漠化、土地污染、土地破坏、非农用地的生态破坏加剧等。这使得土地生态服务功能衰退，如：日益突出的沙尘暴现象和土地严重退化现象，进而对人类的生存构成了很大威胁，直接影响着人类社会的可持续发展。因此，人们在高度重视如何实现土地资源可持续利用的同时，也不得不审视作为土地资源可持续利用的核心问题——土地的生态价值和功能。面对严峻的现实，如何保障土地生态系统安全，成为关系到人类社会发展的重大问题，也成为摆在我们面前亟需解决的重大课题，人类在深层次的思考中认识到：土地生态安全建设问题日益重要，应该从维护国家安全、全球安全和人类自身安全的角度出发，认识土地生态安全的重要性，建设、维护与管理土地生态安全体系，从而为社会、经济和生态环境的可持续发展奠定物质基础。

本文以重庆市巫山县为研究区，在对其土地利用状况和生态环境现状分析的基础上，选取巫山县1997—2009年间人均耕地、土地后备资源率、水土流失率、土地污染率等共24项土地生态安全指标，构建土地生态安全评价指标体系，运用熵值法和综合指数法建立了土地生态安全评价模型。利用此模型对巫山县及各流域分区的土地生态安全状况进行了评价和分析，在基于评价结果的基础上，从促进土地资源可持续利用和维护土地生态安全的角度提出了具体对策和综合措施。

关键词：巫山县 土地生态安全 熵值法 评价

Entropy-based ecological security evaluation of county land- A case of Wushan county in Chongqing

Postgraduate: Zhang Chunzhu
Tutor: Prof. Liao Heping

Abstract

Sun and land are the space for human survival, development of human society is inseparable from the land use and transformation, it is said that the relationship between man and land is the basic relations of production the development of human society. Since the mid-20th century, with the rapid population growth, industrialization and urbanization, the human substantial increase in the demand for land develops rapidly, the land of economic value and functions have been fully reflected. However, with the continuous development of science and technology, mankind has made great achievements in transforming nature, but also brought a significant impact on the survival of mankind such as the environmental pollution, ecological imbalance and resource shortages. The worldwide problem of land is directly related to the ecosystem. At present most of the land ecosystem faces a growing threat from human. In our case, ecological problems have become increasingly prominent - land use structure is irrational, the less of ecological land, the even less of per capita ecological land; ignorance of ecological land use and maintenance; land use is carried out against ecological laws, resulting in a serious ecological imbalance problem - soil erosion, soil desertification, land pollution, land destruction, increased non-agricultural land and other ecological destruction. This makes the decline of land ecosystem services, such as: dust storms have become increasingly prominent phenomenon and the phenomenon of severe land degradation, and great threat to the survival of mankind, a direct impact on the sustainable development of human society. Therefore, people should attach great importance to how to achieve sustainable use of land resources, and also have to look at the core issue of the sustainable use of land resources - the ecological value and function of the land. Faced with the grim reality, how to protect the safety of land ecosystem, has been related as the major issues of development of human society, but also become a major issue needed to resolve in front of us, deep thinking makes human beings realize that: land construction of ecological security is increasingly important, through the

maintenance of national security, global security and safety point of view of human beings, we should recognize the importance of ecological security of land, so to construct, maintain and manage the land ecological security system, in order to lay the material foundation for sustainable development of social, economic and ecological environment.

In this paper, we take Wushan County of Chongqing as a study area, based on the analysis in its land use and ecological status, we select 24 key indicators of ecological security of land in Wushan County, such as the per capita farmland, rates of land reserve resources, soil erosion rates, land contamination rate between 1997-2009, then build land ecological security assessment index system, and on the use of entropy and comprehensive index to establish the land ecological security evaluation model. Based on this model, we evaluate and analyze the status of land ecological security of Wushan County and watershed district of the County. Based on the evaluation results, concrete strategies and comprehensive measures were put forward on the view of promotion of sustainable land use and maintenance of ecological safety.

Keywords: Wushan County land Ecological security Entropy Evaluation

第1章 绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

安全问题一直伴随着人类社会的发展,对于人类而言,安全的定义主要是指人类保持着一种不受威胁和没有危险的状态,这也是人类的最基本的生存要求。自18世纪以来,工业的发展为人类创造了丰富的物质财富和良好的生产生活环境,同时,生态环境的不断恶化也为人类带来前所未有的压力,威胁着人类的健康。因此,生态环境问题已经逐步演变成生态安全问题。

“生态安全”这一概念的是由美国著名环境学专家莱斯特·R·布朗在1977年提出的。联合国环境和发展委员会于1987年正式采用“环境安全”这一概念,进入21世纪,世界各国对环境变化与生态安全的研究进入到了深入研究阶段,如美国、日本、加拿大、俄罗斯等国家陆续将生态安全作为国家战略的最高目标,同时,国际学者也在对环境与生态安全的内在的、本质性的关系进行深入研究,可见,生态安全问题已成为国际上关注的热点问题之一。从20世纪90年代开始,我国进入了对生态安全进行系统研究的阶段,基于我国基本国情,我国的研究重点主要是从人口—资源—环境这一体系进行研究,国务院于2000年颁布的《全国生态环境保护纲要》中明确提出了“国家生态安全”的概念:水、土、大气、森林、草原、海洋、生物组成的自然生态系统是人类赖以生存、发展的物质基础,因此,生态安全是指国家生态和发展所需的生存环境处于不受破坏和威胁的状态,自然生态系统的状态能够维持经济社会可持续发展。

1.1.2 研究意义

土地生态安全评价为科学地评价和衡量某种活动对土地的影响及其生态效应提供了一种有效方法,进而为实现土地资源的永续利用提供了一条重要的途径。其研究意义具体来说有以下几点:

(1) 为生态环境保护提供支持

人们不合理的开发和利用土地资源将对土地生态系统造成严重破坏,导致如土地退化、水土流失等土地生态问题的发生。因此,可以通过土地生态安全评价对影响土地生态安全的人类活动进行全面的分析和评价,确保人为活动在安全的范围内,并提出必要的挽救措施,为环境保护提供支持。

(2) 为土地利用规划提供依据

通过土地生态安全评价,我们可以对土地资源的特点和环境状况进行全面的评价和衡量,针对出现的各类土地资源问题,提出改善措施和未来土地利用方向的对策,为土地利用规划提供依据。

(3) 为制定相关法律法规提供支持

针对区域进行土地生态安全评价,可全面了解区域土地生态系统存在的生态安全问题,为区域制定土地资源可持续利用策略和相关法律法规提供支持。

(4) 提高人们生态安全意识

土地是人类赖以生存和发展的根本条件,人类的生存空间、生产活动等无一不与土地发生联系。随着经济的迅速发展,人们对土地的利用强度在不断加大,土地生态环境破坏日益严重,直接影响人口、资源和环境之间的协调关系,严重威胁生态安全。通过土地生态安全评价,可以让人们对土地生态环境状况有一个基本的认识,提高人们对于生态安全的意识。

1.2 国内外研究动态

1.2.1 土地生态安全的概念

土地生态安全的概念是一个全新的概念,来源于近年来国内外对于“生态安全”的研究,归纳国内外学者对土地生态安全概念的定义如下:

第一,强调土地生态系统自身的健康和可持续性。如高桂芹、韩美,刘勇,郭凤芝等指出,土地生态安全是指特定研究区域内土地资源所处的生态环境,处于一种没有或少受污染威胁的健康、平衡可持续状态,主要包括三个方面:土地自然生态安全、土地经济生态安全和土地社会生态安全,其中,土地自然生态安全是土地生态安全的核心,即没有土地的自然生态安全,土地所处的整个系统环境就不可能达到可持续发展^[4,5,6]。

第二,强调土地生态系统对人类提供稳定的生态服务或保障能力,即在确保土地生态系统健康的条件下强调土地生态系统对人类的服务功能。如梁留科、毛良祥、王楠君等对土地生态安全的定义均阐释出了区域土地生态环境安全是一定时空范围内,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^[2,11,13]。

从生态系统能否持续稳定发展方面来看,土地资源能否可持续利用的核心是生态安全,保障生态安全是区域资源开发利用和经济发展的前提和基础,重视土地利用过程中的生态环境安全问题是国内外研究土地生态安全的一个重要趋势。

结合以上对土地生态安全概念的分析,笔者认为,土地生态安全是指:在一定时期内,特定的国家或地区土地生态系统在受到外界干扰时,系统本身能够通过自身的调节功能保持自身结构和功能处于稳定的动态平衡的状态,并能人类社会可持续发展提供稳定的支持。

1.2.2 土地利用结构优化

以土地资源可持续利用为主导的区域土地利用结构优化研究过程中,生态因子已成为非常重要的约束条件和优化目标。S.Hemmann^[14]教授应用系统工程方法,选取地下水质量、土壤肥力、群落生境、景观和地表水等5项指标作为生态约束条件,对乡村土地利用结构优化设计。David Makowski^[15]教授以欧共体农用土地资源的最小氮流失量为规划目标,以面临的最主要污染问题为导向,建立了农业土地利用结构优化模型。

借鉴世界上土地资源可持续利用研究的案例,我国学者也开始了一些面向生态的土地利用结构优化方法的研究。例如:林彰平^[16]等针对生态脆弱的东北农牧交错带的生态问题,提出了生态安全条件下土地利用模式优化的概念,并以生态效益最佳为最终目标,运用灰色线性模型,深入探讨了农牧交错带土地利用结构优化方法。朱连奇^[17]将农田绿化率面积达到80%,林地面积达到70%作为生态约束条件,应用线性规划模型,建立德化县农业用地结构优化模型。徐学选等^[18]以土壤侵蚀量作为生态主要约束条件,探讨了黄土丘陵区生态建设中农林牧土地利用结构优化模式。

1.2.3 土地利用安全格局

土地利用安全格局是指能够满足和保障一个国家或区域土地资源生态安全的土地利用格局。由于不同地区面临的主要生态问题不相同,所以在构建土地利用安全格局的模型时,应从区域所面临的实际生态问题出发来研究。目前,国际上关注较多的是由化肥使用所造成的土地污染问题,并多以小流域为研究尺度,例如:Ralf Seppelt^[20]教授以美国南部一个小流域为实验区,以控制化肥使用量,减少污染问题为目标,运用GIS以及景观空间分异模型设计了土地利用空间配置方案和化肥施用量最大标准分布。Ian Allan以保护区域水体质量为目标,应用GIS和缓冲区方法,建立了优化小流域土地利用格局模型。

我国学者杨子生^[21]针对山区土地资源面临水土流失等严重的生态问题,设计出基于允许土壤流失量条件下的土地利用安全格局。牛振国^[22]运用GIS在对生态水文过程模拟的基础上,建立土地利用最小耗费表面模型,为荒漠化地区土地利

用安全格局设计开拓新的思路。张红旗等^[23]红壤地区土壤侵蚀严重的问题，将GIS技术和线性规划模型有效结合，通过抑制某些可能加剧土壤侵蚀的农作物的空间配置来达到土地利用安全目标。高清竹等^[24]针对黄河中游砒砂岩地区水土流失、干旱缺水等生态问题，运用多目标规划方法和GIS手段，进行丘陵沟壑区土地利用安全格局设计。

1.2.4 土地生态安全评价内容

土地生态安全评价不仅是土地生态安全研究的主要内容，同时也是构建土地利用安全格局和优化土地利用模式的基础^[1]。赵凤琴等认为：土地生态安全评价是对土地生态环境系统服务功能的状态及其变化趋势能否满足人类社会经济、农业生产可持续发展的安全性的定量评价。汤洁^[25]认为：土地生态环境安全评价（Evaluation of Ecological Security of Land）是研究土地生态环境安全的基础和核心，是国家进行土地规划设计、土地生态环境安全、土地生态安全分析的预测和预警的重要依据。

土地资源生态评价、土地持续利用评价和土地承载力是土地生态安全评价相关的几个概念。

（1）土地资源生态评价（Ecological evaluation of land resources）是指对土地生态系统内的结构、功能、价值及其生态环境质量所进行的定量化评价。吴次芳等^[26,27]认为：从土地生态安全评价的相关研究内容来看，土地资源生态评价与土地生态安全评价是一致的。

（2）土地持续利用评价（Evaluation of sustainable land use），有广义和狭义两种说法。广义的土地持续利用评价包括土地资产评估、土地生产潜力评价、土地质量评价和土地使用制度评价、土地利用效果评价、土地管理效益评价、土地投入产出评价等多方面内容。狭义的指针对土地利用的持续性而作的评价。谢俊奇^[29]认为，在遵循《持续土地评价纲要》的基础上，土地利用系统的可持续性评价应从生产力指标、基础功能性指标、安全性指标、保护性指标、经济活力指标、社会可接受指标等6个指标来分析每种土地利用方式的可持续性，而其中安全指标是可持续发展的核心。因此，土地持续利用评价的核心内容就是土地生态安全评价。

（3）土地承载力是土地生态安全评价的一个重要方法和内容。例如：张月平等^[30]认为在土地资源安全度评价中，土地资源承载力的计算是首要任务。郭凤芝、黄辉玲^[31]等提出有关土地资源安全评价体系中，把土地资源承载力研究作为其中的一个重要方面。

1.2.5 土地生态安全评价指标体系

土地生态安全评价指标体系的建立是土地生态安全评价的重点，其指标的选取标准国内外还没有统一的规定，但国内外对于土地质量评价指标体系的建立都进行了相关的研究，可以为构建科学合理的土地生态安全评价指标体系提供参考。

国外学者从土地、土壤质量的角度出发，建立土地质量可持续利用评价指标体系。如 Pieri^[33,34]教授选择水土流失、林地覆盖率、地下水下降等影响土地质量的因素，构建土地资源可持续评价指标体系。Murge 教授等^[36]选择土壤养分、土壤有机质含量等土壤质量相关指标构建土地质量评价指标体系。Jeffrey^[37]等提出土地管理经营可持续利用指标不仅包括土壤质量指标，还要有能够反映生态系统状态的指标。

借鉴国外关于土地质量评价指标体系建立的研究成果，我国学者陈百明教授等^[38]对我国土地资源质量评价体系建设进行深入研究，概括为以下几个方面：①制定分区土地可持续利用指标体系；②重点部分制定土地可持续利用评价指标体系；③典型区域制定土地可持续利用指标体系。

目前，国内外土地生态安全评价指标体系研究仍处于探索阶段，指标体系的构建仍是研究中的难点。李波^[39]等分别从土地资源生态安全的自然、经济和社会因素三个方面选取 20 项指标构建指标体系，对湖北省 1999-2005 土地资源生态安全状况进行了研究。黄辉玲等分别从土地生态安全的环境、经济和社会三个方面选择 16 项指标构建指标体系，对中国土地生态安全进行评价。杨赛明^[40]等分别从土地资源生态安全的自然、经济和社会子系统选取 20 项指标建立评价指标体系，对济南市 2004-2007 年土地生态安全进行评价。林斌^[41]等分别从环境资源条件、社会经济水平和生态平衡程度三方面选取 18 项土地生态安全指标构建土地评价指标体系，对定西市安定区 1993-2005 年土地生态安全状况进行了定量评价和动态分析。

表 1-1 生态安全研究者指标体系构建表

Tab.1-1 The index system of ecological security researcher

土地生态安全评价指标		研究者							
		李波	黄辉玲	杨赛明	林斌	杜忠潮	魏晋	王文敬	王文珂
土	人均耕地	※	※	※	※	※	※	※	※
地	25°以上的耕地						※		
自	土地后备资源			※					※

然 指 标	土地质量指数					※			
	地表水质指数					※			
	林地覆盖率	※	※	※		※	※		
	生态面积比								
	水土流失	※	※					※	
	耕地面积比重	※		※				※	
	草地面积比重	※						※	
	林地面积比重	※		※	※			※	
	旱地面积比重	※						※	
	土壤潜育化								
	土壤贫瘠化								
	平均降雨量					※			
	滑坡泥石流治理面积		※						
	除涝面积比		※						
	农用地和建设用地比重						※		
	森林碎化度指数						※		
	耕地有效灌溉率		※						
	农田旱涝保收率				※		※		
	土 地 经 济 指 标	人均 GDP	※	※	※		※	※	※
		土地污染率							
农村居民人居收入					※		※	※	
城市居民人均收入					※				
施用化肥量		※	※		※	※			
农药施用量		※	※						
单位土地工业废水排放						※			
单位土地工业废气排放						※			
低产耕地率									
低产业园地率									
低产林地率									
低产水面率									
经济密度		※	※					※	
第三产业比重		※	※					※	
工业废水排放达标率			※						
农用地生产率					※	※			
土地粮食单产				※	※		※		
机耕面积比		※	※						
土 地 社	人口密度			※	※		※	※	
	城市化水平	※	※	※		※	※	※	
	人均水资源								

会	就业率	※	※	※		
指	农村居民人均居住面积			※		
标	城市居民人均居住面积			※		
	机械化	※				
	整理集约度					
	人均交通运输用地面积				※	
	人口自然增长率	※		※	※	※
	人均水利设施用地面积				※	
	人均园地面积				※	
	人均林地面积				※	※
	人均水域面积				※	※
	人均牧草地面积				※	※
	人均建筑用地面积				※	
	人均未利用地面积				※	
	人均其他农用地面积				※	
	水土协调度	※		※		
	农电集约度	※				
	万元GDP能耗标准煤			※		
	人均农村居民点用地面积				※	

注：表中内容参考（李波，2009）、（黄辉玲，2010）、（杨赛明，2010）、（林斌，2010）、（杜忠潮，2009）、（魏晋，2009）、（王文敬，2010）、（王文珂，2009）的研究成果。

1.2.6 土地生态安全相关理论

（1）人地关系理论

人类活动与地理环境的关系在地理科学中被表述为人地关系论，它不仅是人文地理学的基础理论和研究的中心课题，而且也是整个地理科学的核心理论和中心问题，特别是可持续发展的最重要的理论基础。人地关系理论经历了自然控制论、环境决定论、人类中心论，然后发展为现今的可持续发展论。该过程充分体现了人类对人与生存环境关系的基本认识、不同时代人与自然环境的相互关系和地位以及人对自然环境的基本态度、行为方式和价值取向的转变。然而，不管该趋势如何变化，从人地数量的简单对比，到土地人口承载力研究乃至可持续的土地利用方式，人地关系问题始终是社会经济发展的焦点。

广义的人地关系是指人的生存活动、生产活动、社会活动与自然环境之间相互联系、相互作用和相互影响，或简单理解为人类社会经济活动与地理环境之间的关系。狭义的人地关系是指人口增长与土地利用和生态环境的关系，亦即不同人地关系状态下的生态环境问题。在土地生态安全概念提出之前，一些学者从人

地关系角度探讨了土地利用、土地承载力及土地政策等方面的问题。人地关系协调发展,意味着土地生态系统处于安全状态,并能对人类提供完善的土地生态服务或保障人类的生存安全。因此,人地关系理论为土地生态安全研究提供了理论基础。

(2) 可持续发展理论

可持续发展是一个非常综合的多维概念,1987年联合国环境与发展委员会(WCED)在《我们共同的未来》报告中将其定义为:“既满足当代人的需求,又不对后代人满足其需求能力构成危害的发展”。其作为一个完整的概念开始被人们广泛接受。它包括三层最基本的涵义:一是“需要”的涵义,既要满足当代人需要,又不危及子孙后代的利益;二是“限制”的涵义,限制资源与环境满足眼前和将来需要的能力,使其不超过资源与环境承载极限;三是“协调”的涵义,协调人类社会与自然环境的关系,或者说,协调“需要”和“限制”之间的矛盾关系,使二者之间在“适度”与“协调”的前提下求得和谐统一。可持续发展涉及到生态、经济和社会三个方面,其中生态可持续是基础,经济可持续是保障,社会可持续是包括经济结构与机制的优化,生活质量和社会福利的提高、动态调节性和输入输出转化能力的增强、资源环境的可持续利用。可持续发展是当今世界的主题,其实质是人地关系理论的延续和拓展。可持续发展道路的本质是基于生态文明的发展观和实践观,而这一切要求社会发展建立在国土资源安全基础之上。可见,可持续发展理论是土地生态安全研究的理论支撑。

(3) 土地生态学理论

土地生态学是一门新兴的交叉学科,是在生态学一般原理的基础上,阐述土地及其环境间物质与能量循环转化规律,优化土地生态系统的对策和措施。土地生态学主要研究一个区域内各种土地生态系统的特性、结构、空间分布及其相互关系,为土地利用规划和土地生态设计、评价与土地管理提供理论依据。其基本任务一是应用生态学原理指导土地开发、利用、整理、保护和管理,一是揭示土地开发利用与保护管理中的生态规律。吴次芳在其著作《土地生态学》中指出,土地生态学的基本任务还有阐明土地生态系统形成、演化及其与自然生态系统和社会经济系统的相互关系。

随着社会经济的飞速发展,人们对土地资源开发利用的强度越来越大,随之带来了水土流失、土地污染、土地沙漠化、沙尘暴等严重的土地生态环境问题。土地生态学在这个背景下便应运而生。土地生态学的基础理论主要是在生态平衡及协调论、系统论、复合种群理论、渗透理论、等级理论、地域分异规律、生态动力理论及土地可持续利用与管理的生态系统原理等。土地生态学理论认为,土

地生态系统是一个动态的开放系统,是指在一定的地域范围内,土地上无生命体与同一地域范围内的生命体之间,形成的一个能量流动和物质循环的有机综合体。土地生态系统是一个母系统,从土地生态适宜性角度分类,即对指定生态用途的适合程度进行分类,土地生态系统包括农用地生态系统,建设用地生态系统和自然保护区用地生态系统。通过对各类土地生态系统的形成与演替过程的研究,可以为人类定向控制土地生态系统的演替方向与过程、促进系统结构和功能的优化提供基本依据。可见,土地生态学理论是与土地生态安全直接紧密联系的基础理论。

1.2.7 土地生态安全评价方法

选用合适的评价方法对土地生态安全状态和水平进行定量评价,是土地生态安全研究的重要内容。目前,关于土地生态安全评价方法的研究还处在探索研究阶段,其评价方法仍以生态安全评价方法为基础,并结合土地利用结构特点和区域生态环境进行评价。较为常用的方法有以下三种:

(1) 综合评价法

综合评价法包括选取经济、社会、资源和环境等多方面的指标。首先确定指标的基准值和等级评价标准,其次通过主观赋权法或客观赋权法来确定指标的权重,最后利用数学模型计算土地生态安全综合值。常用的综合评价法包括模糊数学法、层次分析法和综合指数法。

(2) 生态模型法

生态模型法是包括个体、群落、生态系统、区域及景观等多尺度上的模型,其中比较有代表性的方法是土地承载力分析法和生态足迹法。

(3) 景观生态学方法

景观生态学方法是关注景观结构、功能和变化与土地利用之间的关系,强调空间格局与生态功能和生态过程之间的联系,景观的结构和功能会因土地功能的退化、土地生态系统的失调而退化或失调^[49],这使得该方法逐渐成为区域生态安全研究的重要手段之一。

表 1-2 土地生态安全评价方法及研究者

Tab.1-2 The ecological safety assessment of land and researchers

土地生态安全评价方法	研究者
特尔菲与 AHP	魏晋
主成分分析法	杜忠潮、丁辉
AHP 与综合评分法	李茜
灰色综合评估方法	马瑛
AHP 与 GIS 相结合	郭斌
AHP 与熵值法	李华永
AHP	林福柏、杨赛明
AHP 与加权指数法	尹忠东
AHP 与熵值法	魏彬
物元分析法	黄辉玲
熵值法和综合评价法	张军以

注：表中内容参考（魏晋，2009）、（杜忠潮，2009）、（丁辉，2009）、（李茜，2007）、（马瑛，2007）、（郭斌，2010）、（李华永，2009）、（林福柏，2008）、（杨赛明，2010）、（尹忠东，2008）、（魏彬，2010）、（黄辉玲，2010）（张军以，2009）的研究成果。

1.3 研究内容、方法与技术路线

1.3.1 数据来源

(1) 统计资料：重庆市统计年鉴（1998-2010 年），重庆市巫山县统计年鉴（2009、2010 年），重庆市土地利用更新数据（1997-2009 年），重庆市巫山县第二次土地调查数据（2009 年）。

(2) 文献资料：土地生态安全相关书籍、学术期刊、硕博毕业论文、研究报告等。

(3) 重庆市巫山县各部门搜集的土地利用相关文件及资料。

1.3.2 主要研究内容

本文主要以县域土地生态安全评价指标体系的构建、指标权重的确定方法和土地生态安全值的计算作为主要内容。核心问题是如何针对县域土地生态系统的具体特点，科学选取评价指标，构建土地生态安全评价指标体系，并利用熵值法确定各指标的权重，最终得出研究区土地生态安全状况。具体内容如下：

(1) 构建土地生态安全评价指标体系

指标的评比与选择是指标体系是否合理的重要内容之一，也是决定评价结果是否准确合理的关键内容。文章在借鉴和分析国内外学者对土地生态安全评价指标的研究的基础上，针对巫山县土地生态系统特点，选取 24 项评价指标，建立土

地生态安全评价指标体系。

(2) 选择适合县域评价指标权重的计算方法

指标权重的确定直接影响土地生态安全评价结果，是土地生态安全评价中相当重要的一个环节。在对指标权重计算方法的对比分析的基础上，依据巫山县各指标间相互关系，选取熵值法作为县域土地生态安全评价指标权重的计算方法。

(3) 划分流域分区，分析土地生态安全空间分异规律

巫山县地形起伏较大，丘陵、平坝散布其间，划分最小研究单元对分析土地生态安全空间分异规律十分重要。为使研究更加科学合理和增强可操作性，文中以河流、高山等自然因素为依据，归并相似相邻乡镇，划分流域分区，便于研究和掌握县域内部土地生态安全空间分异规律。

(4) 提出保护土地生态安全的对策

在对巫山县土地生态安全评价的基础上，针对巫山县土地生态安全所面临的具体生态环境问题，提出基于土地资源可持续利用的土地生态安全对策。

1.3.3 研究方法

巫山县土地生态安全评价指标体系的构建是基于土地自然—经济—社会生态安全系统框架模型，具体包括人均耕地、土地后备资源率、水土流失率、土地污染率、人口密度、水土协调度等共 24 项指标。运用极差法对各评价指标进行标准化处理，选用熵值法确定各指标的权重，采用综合指数法计算土地生态安全综合值。

1.3.4 技术路线

第一，通过查阅国内外相关文献，对土地生态安全及其相关理论的内涵、原则、分类、方法及方案制定步骤有所了解，同时，对国内外学者的土地生态安全评价实例研究归纳与总结的基础上，确定适合巫山县的土地生态安全评价指标体系、方法、及技术路线。

第二，在实例研究中，根据巫山县地形、地貌、水利等条件，对全县行政区进行流域分区，运用评价方法得出 1997-2009 年巫山县土地生态安全状况动态演变规律和各流域分区土地生态安全空间分异规律，分析研究巫山县土地生态安全状况。

第三，在对巫山县土地生态安全存在的问题分析和总结的基础上，结合巫山县土地生态系统的特征，提出有利于土地可持续发展的对策。

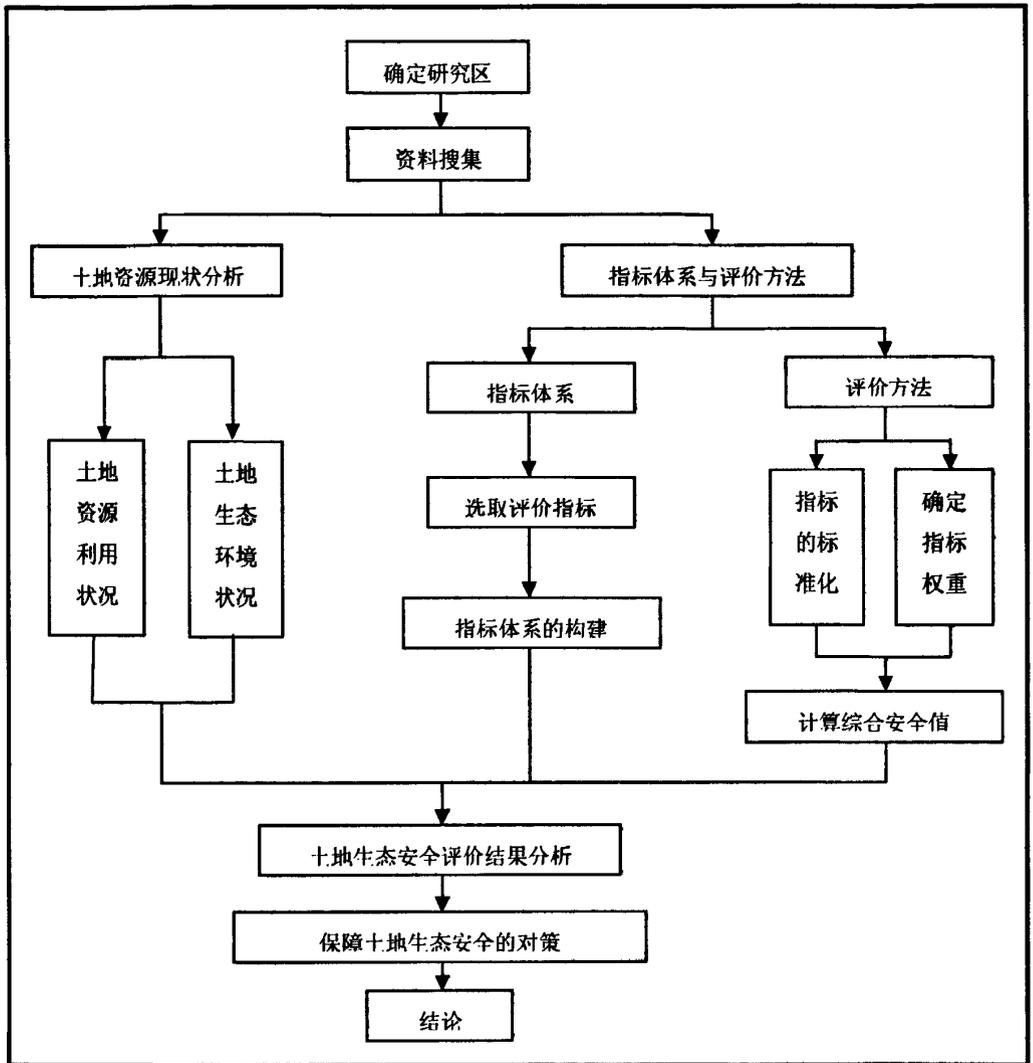


图 1-1 土地生态安全评价技术路线图

Fig.1-1 The land ecological security evaluation technology road map

第2章 土地资源生态安全现状

2.1 研究区概况

巫山位于大巴山弧形构造,川东褶皱带及川鄂湘黔隆褶带三大构造体系的结合部,地形南北高中间低,最低海拔仅156m,最高海拔2680m,山地面积占96%,丘陵平坝占4%;长江黄金水域自西向东横贯巫山县60km,全县水资源总量达 $21.8 \times 10^8 \text{m}^3$,人均实际占水资源 700m^3 ;全县水能蕴藏总量达 $27 \times 10^4 \text{kw}$,可开发利用的约 $6 \times 10^4 \text{kw}$;水资源分布不均、山高坡陡导致水利基础设施薄弱。巫山县地处亚热带季风性温湿气候区,气候温和,雨量充沛,日照充足,雨热同季,四季分明。全县多年平均气温 18.4°C ,极端最高气温 41.2°C ,极端最低气温 -6.9°C ,年均降雨量 1049.3mm ,降雨分布不均,主要集中5-9月,占全年降雨量的68.8%。平均无霜期305天,立体气候明显。

截至2009年末,巫山共辖11个镇,14个乡,共25个乡镇,18个居委会,566个村委会,土地总面积为 295677.56hm^2 ,其中农用地、建设用地和未利用地分别占土地总面积的83.36%、6.63%和10.01%;户籍人口62.97万人,其中非农业人口10.6万人;常住人口49.78万人,汉族、土家族、蒙古族、回族、苗族等8个民族为主要居住民族。

2.2 土地资源利用数量变化

土地资源利用的数量变化主要体现在不同土地利用类型的面积变化上,可以对各土地类型数量变化情况的分析了解土地资源利用结构的变化幅度和趋势。本文参考现行土地现状分类标准,统计出巫山县1997—2009年土地利用结构变化情况,分析了巫山县土地利用变化趋势(表2-1)。

从表2-1和图2-1中可以看出,巫山县土地利用类型主要以农用地为主,其次是建设用地和未利用地。1997-2009年间,巫山县土地利用结构变化较为平稳,变化幅度不大。在此期间,农用地增加了8.52%,建设用地增加了1.57%,未利用地减少了10.09%。

(1) 农用地:耕地和其他农用地均有减少,分别从1997年的 55520.23hm^2 和 20686.87hm^2 减少到2009年的 50982.95hm^2 和 10956.77hm^2 。园、林、草地面积有所增加,分别增加了 6508.17hm^2 、 10769.51hm^2 和 22204.48hm^2 。说明巫山县农业结构调整正由保证耕地质量,提高生态用地比重方向发展。

(2) 建设用地:建设用地各地类均有增加,从增加比例来看,主要以水利设

施用地增加为主，交通运输用地次之，最少的是农村居民点及工矿用地。表明随着经济的发展，人们更加重视交通及水利设施给人们带来的长远利益。

(3)未利用地:未利用土地和其他未利用土地面积分别减少 98.12%和 83.90%。表明巫山县土地利用率的不断提高。

表 2-1 土地利用结构变化表

Tab.2-1 The form of land use structure change

土地利用类型	1997 年		2009 年		变化面积 (hm ²)	变化比例 (%)	
	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)			
农 用 地	耕地	55520.23	18.78	50982.95	17.24	-4537.28	-8.17
	园地	1376.82	0.47	7884.99	2.67	6508.17	472.70
	林地	167763.18	56.74	178532.69	60.38	10769.51	6.42
	牧草地	3155.87	1.07	25360.35	8.58	22204.48	703.59
	其他农用地	20686.87	7.00	10956.77	3.71	-9730.10	-47.04
建 设 用 地	农村居民点及工 矿用地	10353.03	3.50	10486.24	3.55	133.21	1.29
	交通运输用地	688.78	0.23	959.86	0.32	271.08	39.36
	水利设施用地	5462.34	1.85	9681.46	3.27	4219.12	77.24
	未 利 用 地	未利用土地	28870.39	9.76	542.37	0.18	-28328.02
	其他未利用土地	1800.06	0.61	289.88	0.10	-1510.18	-83.90

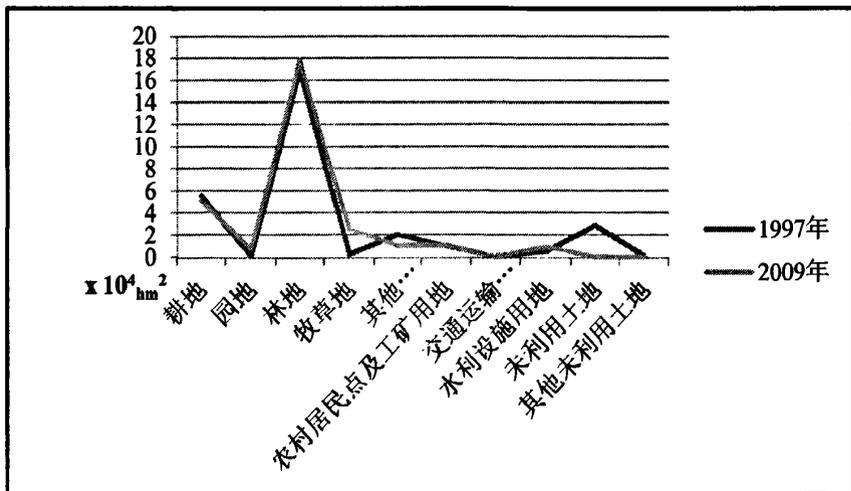


图 2-1 巫山县 1997-2009 年土地利用变化图

Fig.2-1 The land use change on map of Wushan County in 1997-2009

2.3 土地利用特点

2.3.1 建设用地不断增加, 耕地逐渐减少

近年来, 随着巫山县社会经济的迅猛发展, 建设用地需求量不断增加, 耕地资源不断减少, 土地供需矛盾突出。1997-2009年间, 建设用地共增加4623.41hm², 增加比率达到28%; 另一方面, 耕地也从1997年的55520.23hm²减少到2009年的50982.95hm², 减少面积为4537.28hm²。

2.3.2 农用地基础设施薄弱, 耕地质量有待提高

巫山县地形复杂, 耕地整体质量不高。而人们利用耕地的粗放经营和轻养重用的耕作方式, 使得耕地的生产力大大降低, 农业生产水平有待进一步提高。同时, 巫山县农田水利、农村道路等农业基础设施占农用地比重均低于重庆市的标准, 农业基础设施薄弱, 有待提高。

2.3.3 交通运输用地不足, 水利设施用地亟需增加

巫山县交通水利用地面积较少, 2009年, 巫山县交通水利等基础设施用地面积10641.32hm², 占全县土地面积的3.60%, 明显低于重庆市该类用地所占全市土地总面积7.69%的比例, 交通运输及水利设施用地不足。

2.4 土地利用中存在的问题

2.4.1 人口急剧增加, 人地矛盾突出

随着巫山县社会经济的不断发展, 城市化水平的不断提高, 建设用地需求量迅速增加, 必然导致大量耕地非农化, 1997-2009年全县耕地面积净减少4537.28hm², 平均年均减少349.02hm², 反之, 人口从1997年的58.17万人增加到2009年的62.97万人, 总人口增加4.8万人, 年均增加3700人。人口与耕地的反向增长凸显人地矛盾。

2.4.2 水土流失严重, 自然地质灾害频发

巫山县降雨相对集中, 且暴雨多强度大, 是水土流失的主要动力之一, 而耕地是水土流失的主要策源地, 它一旦失去覆盖, 遭到暴雨, 就会形成坡面径流, 导致水土流失。另外, 人口的过快增长, 超过了自然资源条件的生产能力和承载能力, 人们普遍采取广种薄收、乱垦滥伐、破坏地表和植被, 导致水土流失现象严重。2009年全县水土流失1876km², 占幅员面积的2/3, 年土壤侵蚀量591×10⁴t,

入江泥沙量 $270 \times 10^4 \text{t}$ ，中度和强度水土流失面积占水土流失总面积的 93.64%，主要分布在丘陵和山区的坡耕地。水土流失的不断加剧，将导致土壤土层变薄、土壤石化、旱灾、滑坡、泥石流等自然地质灾害愈加频繁（自然地质灾害分布见图 2-2）。

2.4.3 过多施用化学肥料，耕地质量较差

为促进作物高产，在农业生产过程中，过量施用化肥、农药、农膜，使土壤中的有害物质逐年增多，理化性状变差，且这种情况已形成恶性循环。随着人口的快速增长和工业的迅速发展，废弃物质排放量将不断增加，土地污染的情况会更加严重。因此必须采取法律的、行政的、经济的手段，因地制宜地保护土地，提高土地的生产力，实现土地资源的永续利用。

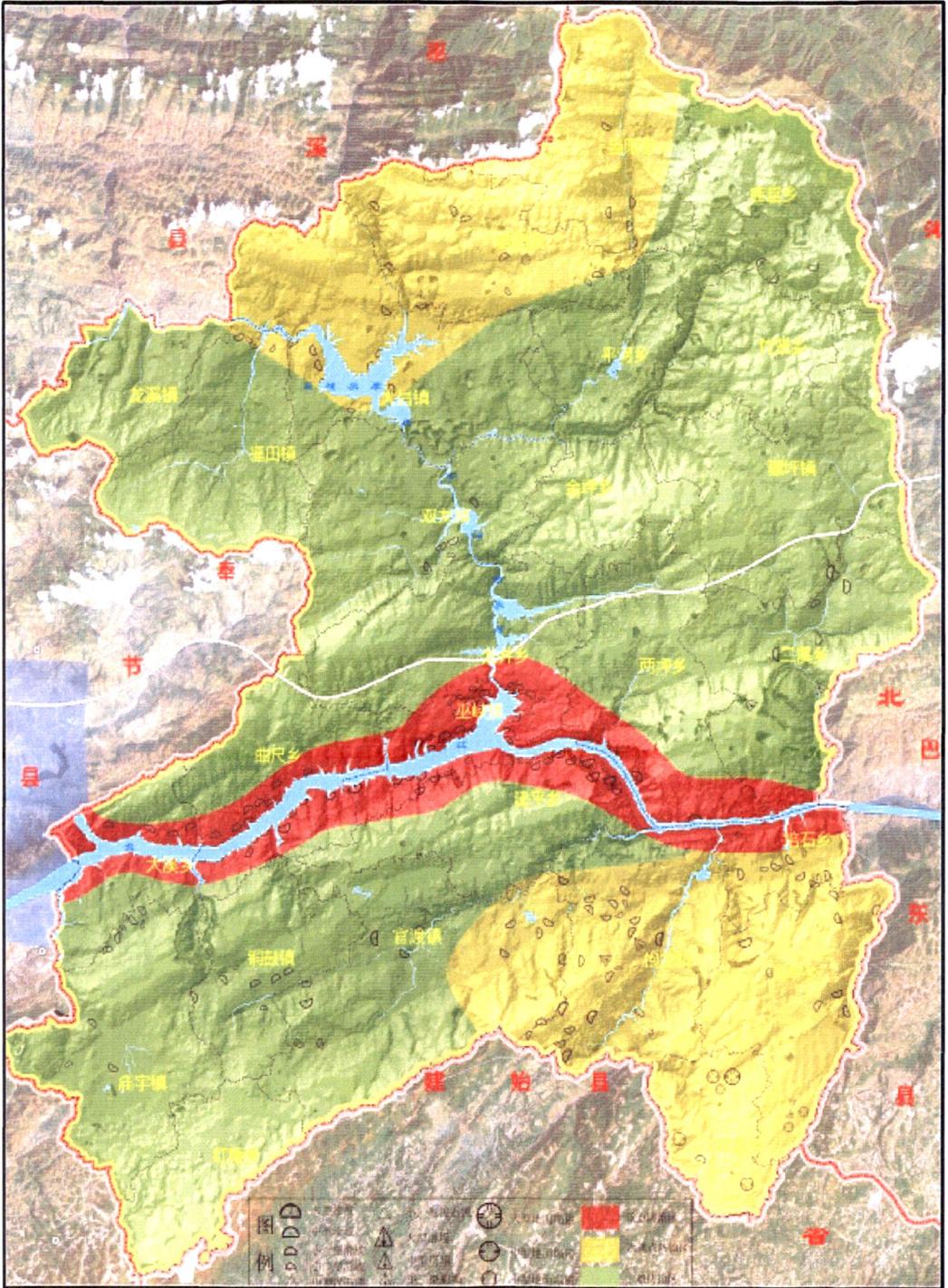


图 2-2 巫山县自然地质灾害分布图

Fig.2-2 The geological hazard map of Wushan County

第3章 土地生态安全评价指标体系及评价方法

3.1 土地生态安全评价指标体系构建

3.1.1 评价指标体系构建原则

土地生态安全评价指标是衡量土地生态安全状态的重要因素。由于土地生态系统的结构复杂性、层次多样性及各子系统间的相互关系复杂，一项指标的变动可能影响整个系统，因此要在众多的指标中选择对研究区域具有较强代表性的指标，构建土地生态安全评价指标体系。

(1) 科学性

土地生态安全评价指标体系要建立在科学的基础上，必须抓住土地生态系统演变规律，准确反映土地生态安全转变原理。科学性的原则能够实现评价指标的统一和规范，它不仅要求明确评价指标的具体内涵，而且要拥有科学的计算方法。

(2) 动态性

土地生态安全的演变过程具有明显的动态性。土地生态安全在不同的阶段其担当的角色也不相同，它是目标与过程的综合体，指标的选取要能体现土地生态安全变化发展的动态特征，能及时有效客观反应土地生态系统的状态与发展趋势。

(3) 可操作性

土地生态系统具有复杂性的特点，如果要求选取的指标涵盖整个土地生态系统的状态，则指标的数量将很多，因此，在选择指标时，要将指标量化的难易程度放在首位，尽量选取既能客观的反应土地生态安全的状态，又很容易量化的指标，提高指标体系的可操作性。

(4) 可靠充分性

选择的评价指标来源要可靠，同时指标的时间跨度尽可能长，满足评价的要求。只有根据可靠和充分的评价指标，才能准确合理的反应土地生态安全的演变规律，从而实现土地生态安全评价目标。

3.1.2 评价指标体系的建立

土地生态安全具有整体性、区域性和动态性的特点，同时，土地生态系统又包含多要素的复杂的生态系统，其内容涉及自然、经济和社会等方面。因此，土地生态安全指标体系的建立除了要符合上述原则之外，还要反映研究区的客观问题。不同的区域因其土地生态系统特点的不同，其所受到的主要威胁也不相同，例如：山地丘陵区主要生态安全问题是水土流失问题，滨湖低洼地区主要生态安

全问题是洪涝灾害及土壤潜育化等问题，而平原地区主要生态问题是土地污染等问题。

巫山县地处长江、大宁河两岸，地形主要以山地丘陵为主，其主要生态安全威胁为水土流失和地质灾害问题。因此，本文在参考国内外相关研究成果基础上，并结合山地丘陵区的主要生态威胁问题，分别从土地自然生态系统、土地经济生态系统和土地社会生态系统三个方面选取评价指标，主要包括水土流失率、地质灾害易发强度、土地污染率、化肥使用量等24项指标（见表3-1和3-2）。

表 3-1 巫山县土地生态安全指标体系

Tab.3-1 The index system of land ecological security in Wushan County

目标层	系统层	指标层	指标	单位
土地自然生态安 全系统	土地自然资源数量	人均耕地	D1	hm ²
		25°以上的耕地	D2	%
		土地后备资源	D3	%
		林地覆盖率	D4	%
	土地自然资源质量	生态面积比	D5	%
		水土流失	D6	%
		地质灾害易发强度	D7	个/km ²
		土壤贫瘠化	D8	%
土地经济生态安 全系统	土地自然资源数量	人均 GDP	D9	万元
		土地污染率	D10	%
		施用化肥量	D11	kg/hm ²
		农药施用量	D12	kg/hm ²
	土地自然资源质量	低产耕地率	D13	%
		低产园地率	D14	%
		低产林地率	D15	%
		低产水面率	D16	%
土地社会资源生 态系统	土地自然资源数量	人口密度	D17	人/km ²
		城市化水平	D18	%
		人均水资源	D19	10 ⁴ m ³
		就业率	D20	%
	土地自然资源质量	水土协调度	D21	10 ⁴ m ³ /hm ²
		农电集约度	D22	kw/hm ²
		污水处理率	D23	%
		整理集约度	D24	万元/hm ²

表 3-2 各指标计算方法及内涵

Tab.3-2 The calculation method and content of each index

指标	计算方法	内涵
人均耕地	耕地总面积/全县总人口	耕地总面积与全县总人口的比值
25°以上的耕地	大于 25°以上的耕地面积/耕地总面积×100%	25°以上耕地面积占耕地总面积的比例
土地后备资源	未利用地面积/土地总面积×100%	未利用地面积占土地总面积的比例
林地覆盖率	林地总面积/土地总面积×100%	林地面积占土地总面积的比例
生态面积比	生态用地面积/土地总面积×100%	生态面积=耕地面积+园地面积+林地面积+牧草地面积
水土流失	水土流失面积/土地总面积×100%	水土流失面积占土地总面积的比例（水土流失指在水、重力、风力作用下，水土资源和土地生产力的破坏和损失）
地质灾害易发强度	地质灾害点个数/土地总面积×100%	用单位面积地质灾害易发点个数来表示地质灾害的易发强度
土壤贫瘠化	土壤贫瘠面积/土地总面积×100%	土壤贫瘠化面积占土地总面积的比例（土壤贫瘠化又称土壤退化，主要表现为有机质含量下降，营养元素亏缺，土壤结构破坏，土壤侵蚀变薄，土壤板结，土壤酸化、碱化、沙化等现象）
人均 GDP	地区生产总值/全县总人口	地区生产总值与全县总人口的比值
土地污染率	土地污染面积/土地总面积×100%	土地污染面积占土地总面积的比例（土地污染指由于人类活动产生的有害、有毒物质进入土壤，积累到一定程度，构成对农作物和人体的影响和危害的现象）
施用化肥量	施用化肥总量/农用地总面积	单位面积化肥施用数量
农药施用量	农药施用总量/农用地总面积	单位面积化肥施用数量
低产耕地率	低产耕地面积/耕地总面积×100%	低产耕地是指低于粮食平均单产为下浮 20%这个标准的耕地
低产园地率	低产园地面积/园地总面积×100%	低产园地是指低于经济作物平均单产为下浮 20%这个标准的园地
低产林地率	低产林地面积/林地总面积×100%	低产林地是指低于林业平均单产为下浮 20%这个标准的林地
低产水面率	低产水面面积/水面总面积×100%	低产水面是指低于水产平均单产为下浮 20%这个标准的水面面积

人口密度	全县总人口/土地总面积	每平方千米所容纳人口数量
城市化水平	城镇人口/全县总人口×100%	城镇人口占全县总人口的比例
人均水资源	水资源总量/全县总人口	水资源总量与全县总人口的比值
就业率	就业人口/劳动人口×100%	就业人口占劳动人口的比例
水土协调度	水资源总量/耕地总面积 ×100%	单位面积水资源含量
农电集约度	单位时间内农业用电量/农用地总面积	单位时间内每 hm ² 农用地用电量
污水处理率	处理后废水量/污水排放总量 ×100%	指经过处理的生活污水、工业废水量占污水排放总量的比重
整理集约度	整理资金总量/土地整理总面积	每 hm ² 投入土地整理资金

3.2 土地生态安全基准值的确定

3.2.1 基准值来源

在生态安全评价中，评价指标基准值选取的依据主要有以下几个方面：

(1) 环境背景基准

选择巫山县生态环境基本值或背景值作为评价基准，如生物多样性、水土流失本底值和森林覆盖率等。

(2) 国际、国家、行业和地方规定的标准

国际标准指国际公认值、世界平均值和世界上已颁布的各种标准等。国家标准指国家已颁布的环境质量标准，如土壤环境质量标准（GB15618—1995）等。行业标准指行业发布的环境评价规范、规定和设计要求等。还有就是地方政府颁布的标准亦可作为评价标准的依据，如化肥农药使用标准、水土流失防治要求等。

(3) 类比基准

选择未受人类严重干扰的相似地区或类似条件的生态因子和功能作为类比基准，如以生态环境条件类似，且生态安全度高的自然保护区或风景区内的生态因子作为类比基准。类比基准的选取要根据评价内容和要求，建立在科学的基础上。

(4) 通过科学研究已判定的生态效应

选择该区域或相似条件下科学研究已判定的指标体系，如敏感与濒危生物对环境质量的要求、污染物在生物体内的最高允许量和保障生态安全的绿化率要求等，都可作为评价基准或参考基准应用。

3.2.2 基准值的确定

土地生态安全评价指标基准值的确定是一项探索性很强的工作，本文从巫山县生态环境和土地利用结构特点出发，根据各项指标的特性和水平，确定土地生态安全评价指标的基准值（见表 3-3），其来源主要为目前国际公认值，同时考虑到我国土地生态环境的特点，部分指标以全国平均值作为其基准值，其中一部份是参考了相关文献，另一部分是以 1997—2009 年的全国平均值为基准值。其他指标是考虑到重庆市和巫山县的实际情况，采用了 1997—2009 年的重庆市平均值。

表 3-3 巫山县土地生态安全评价基准值及来源

Tab.3-3 The security evaluation and source of the reference value of land ecological in Wushan County

指标	安全趋向	基准值		来源
		不安全	安全	
人均耕地	正向	—	0.08	国际公认值
25°以上的耕地	正向	4.5	—	1997-2009 年全国平均值
土地后备资源	正向	—	25.8	国际公认值
林地覆盖率	正向	—	40	国际公认值
生态面积比	正向	—	22	1997-2009 年全国平均值
水土流失	逆向	38	—	国际公认值
地质灾害易发强度	逆向	0.1	—	1997-2009 年重庆平均值
土壤贫瘠化	逆向	19.4	—	1997-2009 年全国平均值
人均 GDP	正向	0.6	—	1997-2009 年全国平均值
土地污染率	逆向	10	—	国际公认值
施用化肥量	正向	240	—	1997-2009 年全国平均值
农药施用量	正向	0.13	—	国际公认值
低产耕地率	逆向	50	—	1997-2009 年全国平均值
低产园地率	逆向	21.8	—	1997-2009 年全国平均值
低产林地率	逆向	35	—	1997-2009 年全国平均值
低产水面率	逆向	71.5	—	1997-2009 年全国平均值
人口密度	逆向	—	128.78	国际公认值
城市化水平	正向	—	55	1997-2009 年全国平均值
人均水资源	正向	—	100	1997-2009 年全国平均值
就业率	正向	—	99.3	国际公认值
水土协调度	正向	—	3	1997-2009 年全国平均值
农电集约度	正向	20	—	1997-2009 年全国平均值
污水处理率	正向	—	0.7525	1997-2009 年全国平均值
整理集约度	正向	3.6	—	1997-2009 年全国平均值

3.3 土地生态安全评价

3.3.1 原始数据处理

本文通过极差法对各指标进行标准化处理。

不同的指标，其标准化计算公式也不同。

当评价指标为正指标时：

$$P_i = (X_i - X_{min}) / (X_{max} - X_{min})$$

当评价指标为逆指标时：

$$P_i = (X_{max} - X_i) / (X_{max} - X_{min})$$

其中： X_i ：为某项评价指标的实际观测值；

X_{max} 、 X_{min} ：为时间序列内该项指标的最大值与最小值；

P ：为标准化后该项指标的实际评价价值。

评价指标经标准化处理后，其数值介于 0-1 之间。其中，0 表示时间序列内某一年的某一指标和其他年份的同一指标相比处于更差的状态；1 表示时间序列内某一年的某一指标和其他年份的同一指标相比处于更佳的状态。

3.3.2 权重的确定

(1) 赋权方法的选择

权重是用来表示各指标变量或要素对于上一等级要素的相对重要程度的信息。目前，确定权重的方法有主观赋权和客观赋权两种。主观赋权法是由评估者根据对各个指标的主观重视程度而赋予权重的一种方法，主要有特尔斐法 (Del Phi)、循环评分法、层次分析法 (AHP)、经验估算法等。客观赋权法是根据指标反映的客观信息来反映其相对重要程度而赋予权重的一种方法，可以尽量减少主观因素对各指标相对重要程度的影响，主要包括熵值法、因子分析法、聚类分析法、主成分分析法等。

从表 3-4 中可以看出，主观赋权方法对指标进行赋权，都存在一定的主观性，受人为因素的影响较大，其评价结果具有很大的误差；客观赋权方法对指标进行赋权时，会忽略一些指标包含的重要信息。因此，在综合对比主观赋权法和客观赋权法优缺点的基础上，同时，参考国内外学者的研究成果，本文采用熵值法对土地生态安全指标进行赋权。

表 3-4 土地生态安全指标常采用赋权方法及优缺点

Tab.3-4 The often used indicators of land ecological security and the advantages and disadvantages of Weights

赋权方法		优点	缺点
主观赋权法	特尔斐法	专家匿名表示意见、多次反馈和统计	主观性较强, 受专家人数限制, 结果不够客观
	循环评分法	具有可靠性、易接受性的特点	评价系统建立十分困难
	层次分析法	利用较少的定量信息使决策更加数学化	主观因素影响较大
客观赋权法	经验估算法	实践得来的, 具有一定的实际意义	具有偶然性、特殊性, 不够科学
	熵值法	可以准确判断熵值的离散程度	不易操作
	因子分析法	快速的找出影响力最大的因子	可能忽略某些信息
	聚类分析法	迅速找到数据间的相似性, 进行归类	可能忽略某些指标
主成分分析法	过滤重叠信息, 简化指标数量	可能忽略某些信息	

熵值法是根据各指标传递给决策者的信息量大小来确定其权重, 是以各因素所提供信息量为基础, 计算一个综合指标的数学方法。熵 (entropy) 原是一个热力学概念, 最早是由德国物理学家克劳休斯 (Rudolf Clausius) 提出的, 用熵来表示在热功转换过程中热能有效利用的程度, 熵值大表示能量有效利用的程度低, 熵值小表示能量有效利用的程度高。后来美国工程师香农把熵的概念引入了信息论中, 将熵用作某事件不确定度的量度。信息量越大, 体系结构越规则, 功能越完善, 熵就越小; 反之熵就越大。此外, 熵在控制论、概率论、天体物理、生命科学等领域也都有一定的应用。在评价中, 将信息熵作为系统信息无序度的度量, 通过信息熵评价获取系统信息的有序程度和信息的效用价值。信息熵越大, 信息的无序度就越高, 信息的效用价值就越小; 反之, 信息熵越小, 信息的无序度就越低, 其信息的效用价值就越大。

(2) 计算步骤

假设有 m 个样本, n 个指标, 则第 i 个评价样本的第 j 个指标值记为 x_{ij} ($i=1, 2, 3, \dots, m, j=1, 2, 3, \dots, n$)。

①构建原始数据矩阵 $X=\{x_{ij}\}_{m \times n}$, 其中, x_{ij} 表示第 i 个样本第 j 个指标的数值, 对其进行标准化处理:

②计算标准化后数据第 j 项指标的信息熵:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij}$$

式中常数 K 与系统的样本数 m 有关。对于一个信息完全无序的系统, 其有序

度为 0, 则 $e=1$; 当 m 个样本处于完全无序分布状态时, $f_{ij}=1/m$, 即一般定义 $K = 1/(\ln m)$, $0 \leq e \leq 1$, 其中, $f_{ij} = p_{ij}/\sum_{i=1}^m p_{ij}$, 假设 $f_{ij}=0$ 时, $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

③通过熵值计算该指标的信息效用价值 (d_j);

某项指标的信息效用价值取决于该指标的信息熵 e_j 与 1 之间的差值, 即

$$d_j = 1 - e_j$$

④通过信息效用价值的比重计算各指标的权重。

利用熵值法估算各指标的权重, 其本质是利用该指标信息的价值系数来计算的, 其价值系数越高, 对评价的重要性就越大。最后得到第 j 项指标的权重为:

$$W_j = d_j / \sum_{i=1}^n d_j$$

即:
$$W_j = 1 + K \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} / \sum_{j=1}^n (1 + K \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij})$$

3.3.3 评价方法

目前, 土地生态安全评价的综合评价法主要有综合指数法、层次分析法 (AHP 法)、模糊综合法、灰色关联法、系统聚类法、物元评判法和主成分分析法, 各种方法都有其优点和不足。

表 3-5 综合评价法的优缺点

Tab.3-5 Comprehensive evaluation of the advantages and disadvantages

方法	评价模型	优点	缺点
	综合指数法	逻辑性较强, 目标明确, 评价结果具有综合性	容易将问题简单化处理
	层次分析法	具有较强的层次性	主观因素影响较大
综合评价法	模糊综合法	可以准确的对指标数量进行分类	评价结果很难输出
	灰色关联法	容易分清主次因素和各因素间的相互关系	很难得到精确性的结果
	系统聚类法	定量的确定指标之间的亲疏关系	可能忽略某些指标重要信息
	物元评判法	运用动态变化的方法分析系统	很难适合各种指标的评价
	主成分分析法	减少分析问题的难度和复杂性, 可用较少的变量代替全部变量	指标可能失去原有的信息

参考国内外学者的本文综合考虑各种方法的优缺点之后, 本文采用综合指数法计算土地生态安全值。

(1) 评价指标生态安全值的计算

根据评价指标与土地生态安全的相关性, 可以分为正指标和逆指标, 正指标指越大越安全的指标, 如林地面积比重、土地后备资源率等, 所以该指标的基准值为安全的下限, 低于该值则不安全; 逆指标指越小越安全的指标, 如人口密度、盐碱化等, 所以该指标的基准值为安全的上限, 高于该值则不安全。

1) 正指标:

$$Y_i = \begin{cases} 1, & X_i \geq S_i \\ X_i/S_i \times 100\%, & X_i < S_i \end{cases}$$

2) 逆指标:

$$Y_i = \begin{cases} 1, & X_i \leq S_i \\ S_i/X_i \times 100\%, & X_i > S_i \end{cases}$$

3) 单项指标安全值:

$$I = Y_i \times W_i$$

其中, X_i 为各项指标的实际值, S_i 为各项指标的基准值, Y_i 是单项指标的安全值, W_i 是各指标权重, 运用以上数学方法, 可以计算出各单项指标的安全值。

(2) 土地生态安全综合值的计算

单项指标的安全值只能反映土地生态安全系统的某一方面, 只有将单项指标的安全值综合成为综合值才能反映土地整体的生态安全状况。综合指数法中将单项指标进行综合的方法有: 指数和法、指数积法和指数加乘混合法等。

本文采用指数和法模型计算土地生态安全综合值。

指数和法模型中, 综合运算采用“和”的方式, 各项指标间以一定的权重相加。模型公式为:

$$T = \sum_{i=1}^n (Y_i \times W_i)$$

其中, T 为土地生态安全综合值, Y_i 为第 i 个指标的安全指数, W_i 为第 i 个指标的权重, n 为指标总数。

3.4 土地生态安全评价标准

土地生态安全综合得分值在 0-1 之间, 但在直观上很难对土地生态安全状态进行评判, 因此, 我们对土地生态安全综合得分值设定评价标准, 评价标准的设定按照标准的先进性和实用性的要求, 同时考虑到了人们对等级优劣档次的认知

习惯，并参考有关文献，采用非等间距方法，将土地生态安全综合值划分为四个等级，分别是：恶劣级、敏感级、良好级和安全级。其评价标准见表 3-6。

表 3-6 土地生态安全评价标准

Tab.3-6 Land ecological security evaluation criteria

安全值(T)	等级	系统状态	系统特征
≤ 0.3	I	恶劣级	土地生态环境非常恶劣，土地生态系统结构严重不完整，土地生态系统服务功能严重退化，系统功能低下，生态恢复与重建很困难，可能演变为生态灾害。
$0.3 < T \leq 0.6$	II	敏感级	土地生态环境较差，土地生态系统结构出现破坏，土地生态系统服务功能已有退化，但尚能维持基本功能，受干扰后易恶化，较容易发生生态灾害。
$0.6 < T \leq 0.9$	III	良好级	土地生态环境较好，土地生态系统结构较完整，土地生态系统服务功能基本完善，系统功能尚好，受干扰后一般可恢复，发生生态灾害的可能行较小。
> 0.9	IV	安全级	土地生态环境好，土地生态系统结构完整，土地生态系统服务功能完善，功能性强，受干扰后能恢复，很少发生生态灾害。

第4章 巫山县土地生态安全评价

4.1 巫山县土地生态安全动态评价

4.1.1 评价过程

土地生态安全评价是一个动态的变化过程，过程评价是获取土地生态发展演化的重要手段，从静态的空间差异评价转向动态的过程评价是土地生态安全评价研究的必然趋势。本文选取 1997-2009 年为时间序列，运用土地生态安全评价模型对巫山县土地生态安全状况进行动态评价。

表 4-1 巫山县土地生态安全指标基础数据

Tab.4-1 The basic data of land ecological security index in Wushan County

指标	1997 年	2000 年	2003 年	2006 年	2009 年
D1	0.12	0.12	0.11	0.11	0.1
D2	46.38	46.2	46.11	45.87	45.68
D3	9.64	9.47	9.53	9.52	3.5
D4	61.75	62.13	60.17	60.69	60.38
D5	22.12	21.02	22.35	22.34	28.49
D6	27.36	26.84	26.58	25.38	23.95
D7	1.55	1.53	1.53	1.54	1.52
D8	17.35	15.78	14.06	13.86	12.76
D9	0.34	0.39	0.41	0.45	0.84
D10	7.29	7.17	6.93	7.36	6.73
D11	193.94	196.61	186.04	189.43	212.65
D12	1.46	1.53	1.46	1.48	1.71
D13	36.57	36.44	36.28	36.94	37.03
D14	15.26	14.38	14.29	15.28	13.08
D15	18.39	17.39	18.64	18.24	17.25
D16	54.66	59.35	57.85	55.94	58.27
D17	170.76	168.6	169.44	169.1	168.36
D18	18.5	19.7	21.2	22.6	27.1
D19	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
D20	45.76	45.87	45.86	46.36	46.94
D21	35.79	38.96	36.76	39.62	38.58
D22	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
D23	0.6543	0.6674	0.6834	0.6933	0.6944
D24	1.08	1.21	0.91	0.96	1.25

第一，利用极差法对基础数据指标进行标准化处理，运用熵值法确定各指标的信息效用价值及权重（见表 4-2，4-3）。

表 4-2 巫山县 1997-2009 年土地生态安全指数

Tab.4-2 The land ecological security index of Wushan County in 1997-2009

指标	1997 年	2000 年	2003 年	2006 年	2009 年
D1	1	1	1	1	1
D2	0.903	0.9026	0.9024	0.9019	0.9015
D3	0.3735	0.3672	0.3694	0.3691	0.1355
D4	1	1	1	1	1
D5	1	0.9557	1	1	1
D6	0.28	0.2937	0.3005	0.3321	0.3697
D7	0.9355	0.9346	0.9346	0.9351	0.9342
D8	0.1057	0.1866	0.2753	0.2856	0.3423
D9	0	0	0	0	0.2857
D10	0.2705	0.2832	0.3072	0.2636	0.3274
D11	0	0	0	0	0
D12	0.911	0.9149	0.9109	0.912	0.9238
D13	0.2686	0.2712	0.2744	0.2612	0.2594
D14	0.3	0.3404	0.3445	0.2991	0.4
D15	0.4746	0.5031	0.4674	0.4789	0.5071
D16	0.2355	0.1699	0.1909	0.2176	0.185
D17	0	0	0	0	0
D18	0.3364	0.3582	0.3855	0.4109	0.4927
D19	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
D20	0.4608	0.4619	0.4618	0.4669	0.4727
D21	1	1	1	1	1
D22	0	0	0	0	0
D23	0.0669	0.0818	0.1214	0.1133	0.1497
D24	0	0	0	0	0

表 4-3 巫山县 1997-2009 年各项土地生态安全指标权重

Tab.4-3 The land ecological security of the index weight of Wushan County in 1997-2009

指标层	安全趋向	信息熵	信息效用值	权重
人均耕地 (hm ²)	+	0.8391	0.1609	0.0348
25°以上的耕地 (%)	+	0.8714	0.1286	0.0278
土地后备资源 (%)	+	0.8862	0.1138	0.0246
林地覆盖率 (%)	+	0.8824	0.1176	0.0254
生态面积比 (%)	+	0.9198	0.0802	0.0174
水土流失 (%)	-	0.7679	0.2321	0.0502
地质灾害易发强度 (个/km ²)	-	0.8895	0.1105	0.0239
土壤贫瘠化 (%)	-	0.8854	0.1146	0.0248
人均 GDP (万元)	+	0.8932	0.1068	0.0231
土地污染率 (%)	-	0.8845	0.1155	0.025
施用化肥量 (kg/hm ²)	+	0.8692	0.1308	0.0283
农药施用量 (kg/hm ²)	+	0.8791	0.1209	0.0262
低产耕地率 (%)	-	0.8317	0.1683	0.0364
低产业园地率 (%)	-	0.5088	0.4912	0.1063
低产林地率 (%)	-	0.8578	0.1422	0.0308
低产水面率 (%)	-	0.8831	0.1169	0.0253
人口密度 (人/km ²)	-	0.8111	0.1889	0.0409
城市化水平 (%)	+	0.8605	0.1395	0.0302
人均水资源 (万立方)	+	0.0902	0.9098	0.1969
就业率 (%)	+	0.7385	0.2615	0.0566
水土协调度 (10 ⁴ m ³ /hm ²)	+	0.8442	0.1558	0.0337
农电集约度 (kw/hm ²)	+	0.8229	0.1771	0.0383
污水处理率 (%)	+	0.8184	0.1816	0.0393
整理集约度 (万元/hm ²)	+	0.8466	0.1534	0.0332

第二，通过实际值与安全参考值之间的比较和各指标的安全趋向，计算得出 1997-2009 年巫山县各项土地生态安全指标综合值（表 4-4）。

表 4-4 巫山县 1997-2009 年各项土地生态安全指标安全值

Tab.4-4 The safety of the land value of ecological security of Wushan County in 1997-2009

指标	1997 年	2000 年	2003 年	2006 年	2009 年
D1	0.03483	0.03483	0.03483	0.03483	0.03483
D2	0.02514	0.02513	0.02513	0.02511	0.0251
D3	0.0092	0.00904	0.0091	0.00909	0.00334
D4	0.02545	0.02545	0.02545	0.02545	0.02545
D5	0.01735	0.01658	0.01735	0.01735	0.01735
D6	0.01407	0.01475	0.0151	0.01668	0.01857
D7	0.02238	0.02236	0.02236	0.02237	0.02235
D8	0.00262	0.00463	0.00683	0.00708	0.00849
D9	0	0	0	0	0.0066
D10	0.00676	0.00708	0.00768	0.00659	0.00818
D11	0	0	0	0	0
D12	0.02385	0.02395	0.02384	0.02387	0.02418
D13	0.00979	0.00988	0.01	0.00952	0.00945
D14	0.0319	0.03619	0.03663	0.0318	0.04253
D15	0.01461	0.01549	0.01439	0.01474	0.01561
D16	0.00596	0.0043	0.00483	0.00551	0.00468
D17	0	0	0	0	0
D18	0.01015	0.01081	0.01164	0.0124	0.01487
D19	0.00003	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004
D20	0.02608	0.02614	0.02614	0.02642	0.02675
D21	0.03373	0.03373	0.03373	0.03373	0.03373
D22	0	0	0	0	0
D23	0.00263	0.00322	0.00477	0.00445	0.00588
D24	0	0	0	0	0
合计	0.31652	0.32360	0.32982	0.32704	0.34800

4.1.2 结果分析

1997-2009 年, 巫山县土地生态安全综合值成波动上升趋势, 表明巫山县土地生态安全状况正在逐渐改善, 土地生态安全总体上处于敏感级。

1997-2003 年, 巫山县生态安全综合值增加了 0.01330, 表明 2003 年土地生态安全水平较 1997 年有明显提高。其主要原因是全县园地、林地和草地面积不断增加。生态用地面积的增加, 将对巫山县生态安全起着保障的作用, 减少全县水土流失量, 同时, 也大大抑制了土地贫瘠化和土地污染, 促进全县土地生态安全水平的提高。

2003-2006年,巫山县土地生态安全综合值减少了0.00278,2006年土地生态安全状况较2003年有所下降。土地生态安全下降的主要原因是2003-2006年,未利用地面积减少,土地开发量的迅速增加,土地后备资源呈现不足趋势,同时,耕地、园地等生态用地质量不断下降,对土地保护的强度将减弱,导致地质灾害易发强度、土地污染程度增加,最终造成全县土地生态安全的恶化。

2006-2009年,巫山县土地生态安全综合值增加了0.02096,表明2009年土地生态安全状况较2006年有大幅度改善。随着城市化水平的提高,居民的生态安全意识不断加强,人们在保证经济增长的同时也兼顾保障生态安全,再者全县退耕还林等措施不断深入开展,减少了水土流失和土地污染,地质灾害发生频率明显降低,促进全县土地生态安全状况全面改善。

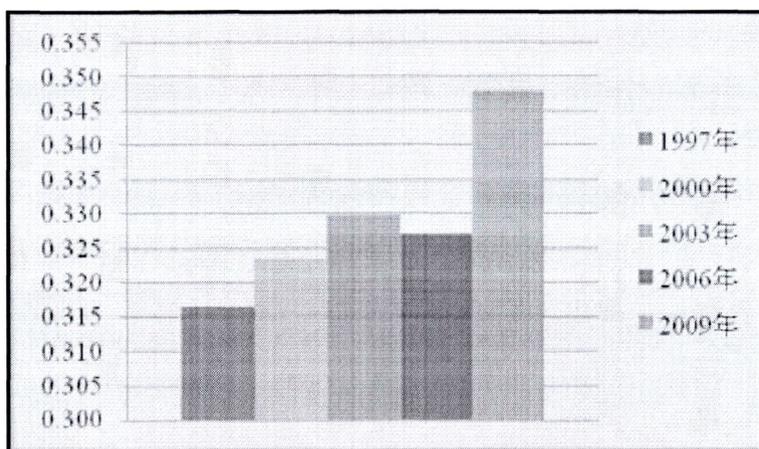


图4-1 巫山县1997-2009年土地生态安全综合值分布图

Fig.4-1 The value of integrated ecological security of land distribution of Wushan County in 1997-2009

4.2 巫山县土地生态安全空间分异评价

4.2.1 评价过程

由于巫山县地处山区,而大多山区流域生态环境较脆弱,影响土地生态安全的因素主要为水体污染、滑坡、泥石流、水土流失等。因此,为了更好的研究巫山县内部空间生态安全差异特征,将巫山县所辖区域分成6个区域,考虑到分区后各流域分区数据的可获取性,在参照分水岭和出口断面等界限的基础上,保留原有乡镇界限进行划分,合并相邻相似乡镇,这样的自然流域同样也是发展农、林、牧等生产的经济单元。

表 4-5 巫山县流域分区表

Tab.4-5 The table of Watershed partition in Wushan County

巫山县流域分区	包括的乡镇
大宁河流域	龙溪镇、福田镇、大昌镇、官阳镇和双龙镇
马渡河流域	当阳乡、平河乡、竹贤乡和金坪乡
三溪河流域	驷坪乡、三溪乡和两坪乡
长江两岸流域	龙井乡、巫峡镇、曲尺乡、大溪乡和建平乡
官渡河流域	官渡镇、铜鼓镇、庙宇镇和红椿乡
抱龙河流域	抱龙镇、培石乡、笃坪乡和邓家乡

第一,将巫山县分成6个流域单元,对每个单元的原始数据进行处理(表4-6)。

第二,将实际指标与安全参考值以及指标趋向的对比分析,计算6个流域分区各项生态安全指标的安全指数(表4-7)。

第三,将每项生态安全指数与该项指标的权重加权求和,得出最终生态安全值(表4-8)。

表 4-6 巫山县 2009 年 6 个流域分区土地生态安全指标基础数据

Tab.4-6 The land underlying data ecological security of six Watershed District of Wushan

County in 2009

指标	大宁河流域	马渡河流域	三溪河流域	长江两岸流域	官渡河流域	抱龙河流域
D1	0.09	0.11	0.11	0.07	0.1	0.09
D2	43.01	48.18	46.18	44.38	46.16	46.72
D3	3.3	3.4	3.8	3.6	3.46	3.44
D4	57.16	61.78	60.37	58.16	59.46	57.79
D5	26.18	29.34	28.46	27.19	27.13	27.46
D6	25.55	22.16	25.37	24.31	24.34	23.5
D7	1.65	1.44	1.	1.84	1.94	2.1
D8	13.05	12.03	12.03	13.28	13.04	13.07
D9	0.78	0.73	0.76	0.87	0.76	0.79
D10	7.88	6.89	7.48	8.16	6.13	7
D11	178.16	210.34	195.02	189.67	220.46	200.71
D12	1.67	1.76	1.73	1.62	1.79	1.76
D13	37.24	36.84	38.16	34.13	37.6	36.84
D14	13.56	14.23	15.13	14.26	12.97	12.72
D15	14.57	18.03	17.16	16.48	17.42	16.41
D16	56.18	56.18	57.64	55.17	58.46	57.84
D17	172.03	165.21	168.16	176.23	170.43	166.84
D18	28.17	26.88	26.15	28.16	27.34	26.77
D19	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

D20	47.15	47.38	47.64	48.16	47.64	47.27
D21	35.18	38.16	37.64	35.18	37.42	37.46
D22	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
D23	287.16	264.13	266.49	300.07	258.73	267.16
D24	1.23	1.24	1.3	1.33	1.25	1.22

表 4-7 巫山县 2009 年 6 个流域分区土地生态安全指标安全指数

Tab.4-7 The land ecological safety factor indexes of six Watershed District of Wushan County in 2009

指标	大宁河流域	马渡河流域	三溪河流域	长江两岸流域	官渡河流域	抱龙河流域
D1	1	1	1	0.875	1	1
D2	0.8954	0.9066	0.9026	0.8986	0.9025	0.9037
D3	0.1279	0.1318	0.1473	0.1395	0.1341	0.1333
D4	1	1	1	1	1	1
D5	1	1	1	1	1	1
D6	0.3276	0.4168	0.3324	0.3603	0.3595	0.3816
D7	0.6244	0.7078	0.6591	0.5974	0.6299	0.6818
D8	0.6727	0.6201	0.6201	0.6845	0.6722	0.6737
D9	0.2308	0.1781	0.2105	0.3103	0.2105	0.2405
D10	0.212	0.311	0.252	0.184	0.387	0.3
D11	0	0	0	0	0	0
D12	0.9222	0.9261	0.9249	0.9198	0.9274	0.9261
D13	0.2552	0.2632	0.2368	0.3174	0.248	0.2632
D14	0.378	0.3472	0.306	0.3459	0.405	0.4165
D15	0.5837	0.4849	0.5097	0.5291	0.5023	0.5311
D16	0.2143	0.2143	0.1938	0.2284	0.1824	0.191
D17	0	0	0	0	0	0
D18	0.5122	0.4887	0.4755	0.512	0.4971	0.4867
D19	0	0	0	0	0	0
D20	0.4748	0.4771	0.4798	0.485	0.4798	0.476
D21	1	1	1	1	1	1
D22	0	0	0	0	0	0
D23	0.1595	0.1467	0.1481	0.1667	0.1437	0.1484
D24	0	0	0	0	0	0

表 4-8 巫山县 2009 年 6 个流域分区土地生态安全指标安全值

Tab.4-8 The land ecological security index value of six Watershed District of Wushan County
in 2009

指标	大宁河流域	马渡河流域	三溪河流域	长江两岸流域	官渡河流域	抱龙河流域
D1	0.0348	0.0348	0.0348	0.0305	0.0348	0.0348
D2	0.0249	0.0252	0.0251	0.025	0.0251	0.0252
D3	0.0032	0.0032	0.0036	0.0034	0.0033	0.0033
D4	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254	0.0254
D5	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174
D6	0.0165	0.0209	0.0167	0.0181	0.0181	0.0192
D7	0.0022	0.0022	0.0022	0.0023	0.0022	0.0022
D8	0.0167	0.0154	0.0154	0.017	0.0167	0.0167
D9	0.0053	0.0041	0.0049	0.0072	0.0049	0.0056
D10	0.0053	0.0078	0.0063	0.0046	0.0097	0.0075
D11	0	0	0	0	0	0
D12	0.0241	0.0242	0.0242	0.0241	0.0243	0.0242
D13	0.0093	0.0096	0.0086	0.0116	0.009	0.0096
D14	0.0402	0.0369	0.0325	0.0368	0.0431	0.0443
D15	0.018	0.0149	0.0157	0.0163	0.0155	0.0164
D16	0.0054	0.0054	0.0049	0.0058	0.0046	0.0048
D17	0	0	0	0	0	0
D18	0.0155	0.0148	0.0144	0.0155	0.015	0.0147
D19	0	0	0	0	0	0
D20	0.0269	0.027	0.0272	0.0274	0.0272	0.0269
D21	0.0337	0.0337	0.0337	0.0337	0.0337	0.0337
D22	0	0	0	0	0	0
D23	0.0063	0.0058	0.0058	0.0066	0.0057	0.0058
D24	0	0	0	0	0	0
合计	0.3311	0.3289	0.3189	0.3285	0.3355	0.3377

4.2.2 结果分析

结果表明,巫山县 2009 年 6 个流域分区土地生态安全状况均处于敏感级,整体来说,土地生态安全状况偏差,6 个流域分区土地生态安全特征如下:

从 6 个流域分区土地生态安全综合值上看,由大到小顺序排列为:抱龙河流域>官渡河流域>大宁河流域>马渡河流域>长江两岸流域>三溪河流域。其中,抱龙河流域土地生态安全值最高,为 0.3377,三溪河流域土地生态安全值最低,为

0.3189，差值为 0.0189，这与巫山县基本情况相符合的，抱龙河流域、官渡河流域、大宁河流域 3 个流域分区与其他 3 个流域分区相比存在明显的差异：

从土地自然生态系统角度来看，人均耕地面积水土流失面积、土地侵蚀、地质灾害易发强度等是导致差异的自然因素；从土地经济生态系统角度来看，污染土地的面积、单位面积农药施用量是导致差异的经济因素；从土地社会生态系统角度来看，人口密度和水土协调度是导致差异的社会因素。



图 4-2 巫山县 2009 年各流域分区土地生态安全空间差异分布图

Fig.4-2, The watershed district ecological security spatial differences in land distribution of Wushan County in 2009

第5章 基于土地可持续利用的生态安全对策

5.1 保障土地资源自然生态安全

5.1.1 严格用地管制，合理安排生态用地

合理的土地利用布局是避免生态环境破坏、保护和改善生态环境的前提，因此，严格土地利用的管理，发挥土地利用的调控作用，是实现土地生态环境协调发展的重要途径。针对巫山县土地利用中的生态问题，加强用地制度管制的力度。在用途上，要对建设用地、不当的农业用地必须加以严格管制，积极安排生态用地；在布局上，要对生态脆弱区重点安排生态用地，在城镇建设中，必须增加生态用地的比重，对用地类型进行合理布局。

5.1.2 改善生态环境，提高土地质量

巫山县土地生态环境较差，水土流失比较严重，成为制约经济和社会发展的关键限制因素。巫山县在搞好经济建设的同时，必须做好环境保护工作。从生态学意义上讲，就是要全面保护好现有的天然植被，同时要考虑植被的适生性，宜林则林，宜草则草，推行“适生植被先行”的原则。最后还应该把森林引进城市，建设生态城市。

5.1.3 做好水土保持工作

区域水土资源保持工作要更加强调水土资源的优化配置和高效利用，遵循经济结构的调整方向，合理安排土地利用结构；小流域治理方面，要遵循因地制宜的原则，以科学评价为基础，合理制定水土资源开发利用方案，同时，要高度重视水土资源的节约和保护，要尽量减少资源的大量占用和浪费，有效保护可利用资源；预防和监督工作要把保护水土资源作为首要工作来抓，监管不合理的资源利用行为。

巫山县水土流失现象严重，要有计划、有步骤地实施生态退耕还林工作。协调推进天然林资源保护、退耕还林、三峡库区水环境保护和地质灾害防治等重大项目的实施。保证森林覆盖率达到 36%，加大水土流失治理力度，不断扩大自然保护区面积，保护地区生态环境。

5.1.4 加强地质灾害防治工作

做好全县地质灾害调查与区划工作，查清巫山县地质灾害的分布状况、危险

性和危害程度。建立县域内的群测群防监测网络，建成县域及乡镇地质灾害应急响应系统，提高对突发性地质灾害应急响应能力。完善地质灾害空间数据库，保证实现对地质灾害监测信息的采集、存储、传输、处理及成果发布等全过程的有效管理与监控。初步建成市级地质灾害信息系统，向社会提供地质灾害信息服务。完善以群测群防为主、专业监测为辅的地质灾害监测预警预报网络，实现对全县地质灾害的有效监控。

5.2 保障土地资源经济生态安全

5.2.1 健全耕地保护的经济激励和制约机制

加大非农建设占用耕地特别是基本农田的成本，通过加大对耕地特别是基本农田保护的财政转移支付力度，进一步完善新增建设用地土地有偿使用费的使用和管理，确保该项收入全部用于基本农田建设和保护、土地整理、耕地开发等支出；充分运用市场手段，积极拓宽资金渠道，鼓励和引导社会资金用于补充耕地。

5.2.2 合理施用农药，减少对土地的污染

加强农药生产企业的技术和设备改造和更新，最大程度的防止在生产过程中产生的土地环境污染。努力研究、开发减轻无危害添加剂、无毒农药等新技术产品，加大长效碳胺、粒状复合肥、涂层尿素、高效肥料和高效、低残留生物农药的生产。通过运用科学配方、合理确定肥料和农药种类、合理确定施肥与喷药最佳时期等手段，有效提高化肥、农药的利用效率，减少化肥、农药在作物上的残留量，增施农家肥，并合理搭配无机肥。

5.2.3 优化产业结构、高效利用土地

土地利用过程中，要不断调整产业结构，使各种用地比例达到最优组合状态。巫山县土地利用结构调整的重点是在保障基本农田的基础上，减少坡耕地数量，增加林地面积；加强林地的维护、管理和建设，提高其生产能力。积极发展农村第三产业，利用农村剩余劳动力和农闲时间，根据当地优势，兴办林、果、畜产等加工企业，既减少原材料低价销售，又充分利用了各种资源，增加农民经济收入，使土地的经济效益大幅度提高，实现全县经济可持续发展。

5.3 保障土地资源社会生态安全

5.3.1 健全环境法规和标准体系

要抓紧完善有关土壤污染、化学物质污染、生态保护、遗传资源、生物安全、臭氧层保护、循环经济、环境损害赔偿和环境监测等方面的法律规范，做好保护土地生态环境法律法规的制定工作。完善环境技术规范和标准体系，科学确定环境基准，努力使环境标准与环保目标相衔接。

5.3.2 建立环境监测系统

要完善包括地理信息系统、卫星数据传输系统、人工智能监测系统在内的环境监测网络，对环境变化诸多因子实施全面监控，全面掌握并及时向社会发布环境动态信息，强化人们的环境意识，以保障生态建设健康有序地发展。

5.3.3 加强生态环境的调查，及时掌握变化情况

对水土流失、地质灾害等已经初步掌握的生态环境问题要随时掌握变化情况，加强监控力度，建立预警机制，提高对生态问题的治理能力和对灾害的防御能力；提高监控和预警手段，对各种生态环境问题进行建库、运用 GIS 等手段，科学管理，及时准确的反映生态环境的变动情况。同时，加强科学研究，推广先进实用技术，围绕生态建设的重点领域和关键技术，组织开展基础性和科技攻关，鼓励各类科研和开发机构从事生态和环境领域的科研工作，对研究成果予以保护，并积极予以运用。

5.3.4 完善法律制度，加大执法力度

认真贯彻落实现有的《森林法》、《生态退耕条例》等法律法规，尽快开展林业立法工作，抓紧制定天然林保护、国有森林资源管理林业工程质量监管、林业重点工程建设等方面的法律法规。并根据新情况对现有法律法规进行修订，使土地生态保护工作有法可依。加大林业执法力度，严格森林和野生动植物资源保护管理，严厉打击乱砍滥伐林木、乱垦滥占林地、乱捕滥猎野生动物等违法犯罪行为，严禁随意采挖野生植物。加强林业执法监管体系，充实执法监督力量，改善执法监督条件，提高执法监督队伍素质。加强林业法制教育和生态道德教育，为执法人员依法办事创造良好的社会氛围和执法环境。另外，要通过制定有利于土地生态、资源保护活动的鼓励政策，协调土地生态保护与县域经济发展，同时采取有效措施，制止随意侵占和破坏土地的行为。各乡镇、各部门在研究制定经济

发展规划时，应统筹考虑生态环境建设，在经济开发和项目建设时，严格执行生态环境有关法律法规，对破坏生态环境的犯罪行为予以严厉的打击。

5.3.5 加强生态环境保护知识宣传

加强各级党委、政府领导环保法规政策和知识的教育培训，树立科学发展观和正确的政绩观，做到经济社会发展与环境的和谐统一。利用广播、电视、网络等手段对公民进行环境法制和知识教育，使广大民众明确自己在生态环境方面的责任、权利和义务，树立保护环境就是保护生产力，改善生态就是发展生产力的思想；加强消费引导，推行绿色消费方式，在全社会形成遵守环境法规、自觉保护环境的良好风尚；完善生态环境信息发布制度，拓宽公众参与和监督渠道，充分发挥新闻媒介的舆论监督和导向作用，增加环境与发展方面的决策透明度，促进生态环境领域决策和管理的科学化和民主化。

第6章 结语

6.1 主要结论

本文以巫山县为研究对象,在对土地利用状况和生态环境现状分析的基础上,基于土地自然—经济—社会生态系统框架模型,并结合巫山县生态环境和土地利用结构特点,建立了巫山县土地生态安全评价模型,运用熵值法和综合指数法,分别对指标赋权和计算指标生态安全综合值,分别对巫山县土地生态安全的时间和空间状况进行评价,分析全县土地生态安全状况的时间和空间演变特征,并从维护土地资源可持续利用和生态安全的角度,提出了具体对策或措施。

6.1.1 土地生态安全状况逐渐改善,整体水平较低

1997-2009年巫山县土地生态安全综合值呈波动上升趋势,土地生态安全状况逐渐改善。除2003-2006年间有下降情况,其他年间土地生态安全值逐年增加,土地生态安全状况明显好转,土地生态安全整体状况处于敏感级,土地生态安全整体状况相对偏差,巫山县土地生态安全状况未来将有一个高速发展期。

6.1.2 土地生态安全空间差异明显

2009年巫山县6个流域分区土地生态安全综合值由大到小依次为:抱龙河流域>官渡河流域>大宁河流域>马渡河流域>长江两岸流域>三溪河流域,最高的抱龙河流域综合值为0.3518,最低的三溪河流域综合值为0.3324,土地生态安全状况存在明显空间差异。

6.1.3 提出基于土地可持续利用的生态安全对策

(1) 严格用地管制,合理安排生态用地;改善生态环境,提高土地质量;做好水土保持工作;加强地质灾害防治工作。

(2) 健全耕地保护的经济激励和制约机制;合理施用农药,减少对土地的污染;优化产业结构、高效利用土地。

(3) 健全环境法规和标准体系;建立环境监测系统;加强生态环境的调查,及时掌握变化情况;完善法律制度,加大执法力度;加强生态环境宣传教育。

6.2 讨论

(1)土地生态安全评价指标体系的建立和基准值的确定有待于进一步的检验。在土地生态安全评价中,评价指标的选取和基准值的确定是评价中的重点,也是难点,虽然文中提出了获取基准值的多种途径,但在实验中仍需要在相关科学方法和技术手段发展的基础上作深入的研究。

(2)评价方法有待深入研究。本文选用了熵值法和综合指数法计算土地生态安全综合值,虽然在巫山县土地生态安全评价中取得了较为满意的结果,但该方法仍属于静态评价法,缺乏和3S等先进技术的结合,有待深入的研究。

参考文献

- [1] 张虹波,刘黎明.土地资源生态安全研究进展与展望[J].地理科学进展,2006,(5):77—85.
- [2] 梁留科,张运生,方明.我国土地生态安全理论研究初探[J].云南农业大学学报,2005,20(6):830—834.
- [3] 李智国,杨子生.中国土地生态安全研究进展[J].中国安全科学学报,2007,(12):5—12.
- [4] 郭凤芝.土地资源安全评价的几个理论问题[J].山西财经大学学报,2004,26(3):61—65.
- [5] 高桂芹,韩美.区域土地资源生态安全评价—以山东省枣庄市中区为例[J].水土保持研究,2005,12(5):271—273.
- [6] 刘勇,刘友兆,徐萍.区域土地资源生态安全评价—以浙江嘉兴市为例[J].资源科学,2004,26(3):69—75.
- [7] 李小玲.土地资源生态安全研究综述[A].刘彦随.中国土地资源战略与区域协调发展研究[C].北京:气象出版社,2006:488—492.
- [8] 孟旭光.我国国土资源面临的挑战及对策[J].中国人口·资源与环境,20012(1):47—50.
- [9] 谷树忠,姚予沈,沈镭等.资源安全及其基本属性与研究框架[J].自然资源学,2002,17(3):280—284.
- [10] 谢俊奇,吴次芳.中国土地资源安全问题研究[M].北京:中国大地出版社,20.
- [11] 王楠君,吴群,陈成.城市化进程中土地资源安全评价指标体系研究 [J].国土资源科技管理,2006(2):28-31 .
- [12] 赵凤琴,汤洁,王晨野等.生态脆弱地区土地生态环境安全初探[J].水土保持报,2005,25(1):99—103.
- [13] 毛良祥.区域土地资源安全评价研究—以金坛市为例[J].国土与自然资源研究,2006,(2):29—30.
- [14] S. Herrmann, E. Osinski. Planning sustainable land use in rural areas at different spatial using GIS and modeling tools[J].LandseaPeandurbanplanning,1999,46:93—101.
- [15] David Makowski, Eligius M.T. Hendrix, et al. A framework to study nearly optimal solutions of linear Programming models developed for agricultural land use exploration Ecological Modelling,2000,131:65—77.
- [16] 林彰平.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(6):15—19.
- [17] 朱连奇.德化县农业用地结构优化模式研究[J].地域研究与开发,1995,14(1):55—60.
- [18] 徐学选,张世彪,王栓全.黄土丘陵区生态建设中农林牧土地结构优化模式探[J].干旱地区农业研究,2001,9(2):95—99.
- [19] 姜炳三.多目标最优化方法在丘陵山区土地开发中的应用[J].生态经济,1995,19—26.
- [20] Ralf Seppelt, Alexey Voinov. Optimization methodology for land use patterns using spatially explicit land use models[J].EcologicalModelling,2002,151:125—142.
- [21] 杨子生,王云鹏.基于水土流失防治的云南金沙江流域土地利用生态安全格局初探[J].山地学报,2003,21(4):402—409.
- [22] 牛振国,李保国,张凤荣.基于区域土壤水分供给量的土地利用优化模式[J].农业工程学报,2002,18(3):173—177.
- [23] 张红旗,李家永,牛栋.典型红壤丘陵区土地利用空间优化配置[J].地理学报,2003,58(5):668—676.
- [24] 高清竹,许红梅,江源等.黄河中游砒砂岩地区长川流域土地利用/覆盖安全格初探[J].农业工程学报,22(3):51—56.
- [25] 汤洁,朱云峰,李昭阳等.东北农牧交错带土地生态环境安全指标体系的建立综合评价—以镇赉县为例[J].干旱区资源与环境,2006,20(1):119—124.
- [26] 吴次芳,鲍海君.土地资源安全研究的理论与方法[M].北京:气象出版社,2004.
- [27] 吴次芳,徐保根.土地生态学[M].北京:中国大地出版社,2003.
- [28] 彭建,王仰麟,宋治清等.国内外土地持续利用评价研究进展[J].资源科学,2003,25(2):85—93.
- [29] 谢俊奇.可持续土地利用的社会、资源环境和经济影响评价的初步研究[J].中国土地科学,1998,12(3):2—5.

- [30] 张月平,刘友兆,毛良祥等.根据承载力确定土地资源安全度—以江苏省为例[J].长江流域资源与环境,2004,13(4):328—332.
- [31] 黄辉玲.土地资源安全评价的指标体系及其利用[J].农机化研究,2006,(1):55—56.
- [32] 李茜.区域土地生态环境安全评价及生态重建研究—以宁夏回族自治区为例[D].西安:陕西师范大学,2007.
- [33] Pieri C, Dumanski J, Young A. Land quality indicators [R]. World Bank Discussion, 1995, 51.
- [34] Pieri C. planning of sustainable land management: the hierarchy of user needs [R]. Geoinformation for sustainable Land Management. 1555/ITC, Enschede, Netherlands, 1997.
- [35] MLUI. soil quality, contaminated land and waste utilization [R]. Annual Report of MLUI. 1997, 28—37.
- [36] Murage E W, Karanja N K, Smithson P C, et al. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-Productive small holders' fields of Kenya's Central Highlands [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2000, 79: 1—8.
- [37] Jeffrey E H. quality: an indicator of sustainable land management [J]. Applied soil Ecology, 2000, 15(1): 75—83.
- [38] 陈百明,张凤荣.中国土地可持续利用指标体系的理论与方法[J].自然资源学报,2001,16(3):197—203.
- [39] 李波,张俊彪.区域土地资源生态安全评价与影响因素研究—基于湖北省 1999 年~2005 年数据的实证[J].中部崛起与湖北发展,2009,1:64—67.
- [40] 杨赛明,徐跃通,张邦花.区域土地资源可持续利用的生态安全评价[J].中国人口、资源与环境,2010,20(3):325—328.
- [41] 林斌,邸利,吴东平等.定西市安定区土壤侵蚀及生态安全评价[J].水土保持研究,2010,17(2):115—119.
- [42] 吴国庆.区域农业可持续发展的生态安全及其评价探析[J].生态经济,2001(8):22—25.
- [43] 张建新,邢旭东,刘小娥.湖南土地资源可持续利用的生态安全评价[J].湖南地质,2002,21(2):119—121.
- [44] 刘雪,刁承泰,黄娟等.区域土地资源安全评价初探[J].水土保持通报,2006,26(5):57—61.
- [45] 罗贞礼.土地利用生态安全评价指标体系的系统聚类分析[J].湖南地质,2002,21(4):252—254.
- [46] 田克明,王国强.我国农用地生态安全评价及其方法讨论[J].地域研究与开发 2005,24(4):79—82.
- [47] 王强,杨京平.我国草地退化及其生态安全评价指标体系的探索[J].水土保持学报,2003,17(16):27—31.
- [48] 范楚林,马良军,彭占宗.黑泉库区土地生态评价定量系统模型研究[J].水土保持通报,1997,17(7):8—13.
- [49] 门宝辉,梁川.物元模型在土地生态系统定量评价中的应用[J].水土保持学报 2002,16(6):63—64.
- [50] 刘玉平.干旱土地退化生态系统的评价方法[J].干旱区研究,1996,13(1):72—76.
- [51] 曲衍波,齐伟,束宏等.小城镇土地生态安全评价方法及应用—以山东省汉南镇为例[J].安徽农业科学,2006,34(5):998—1000.
- [52] 曹新向,郭志永,雏海潮.区域土地资源持续利用的生态安全研究[J].水土保持学报,2004,18(2):192—195.
- [53] 陈星,周成虎.生态安全国内外研究综述[J].地理科学进展,2005,24(6):8—20.
- [54] 邓楚雄.武冈市土地资源生态安全评价研究[D].长沙:湖南师范大学,2006.
- [55] 曲格平.生态环境问题已成为国家安全的热门话题[J].环境保护,2002(5):3—5.
- [56] 杨京平.生态安全的系统分析[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [57] 张正华,吴发启,王健等.土地生态评价研究进展[J].西北林学院学报,2005,20(4):104—107.
- [58] 谷国锋,张秀英.区域社会经济系统耗散结构的形成与演化机制研究团.东北师大学报自然科学版.2005,37(3):119—124.
- [59] 郭明,肖笃宁,李新.黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局分析[J].生态学报.2006,26(02):457-66.
- [60] 李边疆.土地利用与生态环境关系研究[D].江苏南京:南京农业大学,2007.
- [61] 李忱,王春和.可持续发展的协同机制研究[J].中国软科学.2004(3):152-156.

- [62] 李德清,李洪兴.变权决策中变权效果分析与状态变权向量的确定[J].2004,19(11):1241-1245.
- [63] 李凤全,吴樟荣.半干旱地区土地盐碱化预警研究—以吉林省西部土地盐碱化预警为例[耳水土保持通报.2002,22(01):57-59.
- [64] 李洪兴.因素空间理论与知识表示的数学框架(嬗)—变权综合原理[J].1995,9(3):1-9.
- [65] 李后强,艾南山,汪富泉等.人地协同论:可持续发展模型构建的基础[J].中国人口资源与环境 1998,8(3):48-53.
- [66] 李捷,张玉福,许祯等.环境预警系统在天津开发区环境质量评估中的应用[J].城市环境与城市生态.2002,15(5):40-41,44.
- [67] 李金海.区域生态承载力与可持续发展[J].中国人口·资源与环境.2001,11(3):76-78.
- [68] 李龙星,王进平,孟展.区域可持续发展评估及预警软件系统研究[J].河南师范大学学报(自然科学版).2007,35(01):194-195.
- [69] 李新举,胡振琪,刘宁等.基于土地利用和覆被变化的黄河三角洲土壤质量预警研究[J].农业工程学报.2006,22(08):32-37.
- [70] 胡淑恒.巢湖流域的生态安全预警研究[D].安徽合肥:合肥工业大学,2004.
- [71] 黄贤金,曲福田.耕地生态经济预警的理论与方法[J].生态经济.1998(05):14-17,22.
- [72] 吉宏.县域经济协调发展指标体系与预警系统研究[J].经济问题.2005(06):78-80.
- [73] 简放陵,李华兴.土壤生态系统耗散结构变异规律研究的理论与方法探讨[J].华南农业大学学报.2001,22(3):16-19.
- [74] 刘友兆,马欣,徐茂.耕地质量预警[J].中国土地科学.2003,17(6):9-12.
- [75] 吕新业,王济民,吕向东.我国食物安全的短期预测与预警研究[J].农业经济问题 2006,(5):49-55.
- [76] 聂庆华.土地生产潜力和土地承载能力研究进展[J].水土保持通报.1993,13(3):53-59.
- [77] 彭补拙,魏金佛,张燕.城市边缘区耕地预警系统的研究—以温州市为例[J].经济地理.2001,21(06):714-718.
- [78] 曲格平.关注生态安全之一:生态环境问题已成为国家安全的热门话题[J].环境保护 2002(5):3-5.
- [79] 施晓清,赵景柱,欧阳志云.城市生态安全及其动态评价方法[J].生态学报.2005,25(12):3237-3243.
- [80] 石明奎,彭显,李恩东等.珠江上游少数民族农业区域生态安全预警研究—贵州境内 22 县实证分析[J].中国人口·资源与环境.2005(06).
- [81] 孙凡,李天云,黄柯等.重庆市生态安全评价与监测预警研究—理论与指标体系[J].西南农业大学学报(自然科学版).2005,27(6):757-762.
- [82] 陶青山,李江风,王建龙.土地可持续利用预警研究[J].安徽农业科学,2007,35(02):508-509,511.
- [83] 王棒,关文彬,吴建安等.生物多样性保护的区域生态安全格局评价手段—CAP 分析[J].水土保持研究.2006,13(01):193-196.
- [84] 王根绪,程因栋,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.
- [85] 王韩民.生态安全系统评价与预警研究[J].环境保护.2003,(11):30-34.
- [86] 王家骥,姚小红,李京荣等.黑河流域生态承载力估测[J].环境科学研究.2000,13(2):44-48.
- [87] 王万茂.土地利用规划学[M].北京:科学出版社,2006.
- [88] 王祥荣.生态与环境:城市可持续发展与生态环境调控新论[M].南京:东南大学出版社,2000.
- [89] 王振祥,朱晓东,石磊等.安徽省沿淮地区生态安全评价模型和指标体系[J].应用生态学报.2006,17(12):2431-2435.
- [90] 吴次芳,徐保根.土地生态学[M].北京:大地出版社,2003:314.

致谢

三年的研究生学习生活即将结束，在此向所有支持、帮助和关心过我的人表示感谢。

感谢我的恩师廖和平教授，三年来，她在学习中给予我孜孜不倦的教导，在生活中给予我无微不至的关怀，感谢她为我付出的心血和汗水。她正直的为人、渊博的知识、严谨的治学态度、对待科学勇于创新的精神和对学生无怨无悔的付出，都深深的影响着我，为我未来的工作和生活指引了方向。

感谢邱道持教授、杨庆媛教授、杨兴礼教授、徐刚教授、张安明副教授、田永中副教授、涂建军副教授、周文佐副教授等，感谢他们在学习和工作中给予我的指导和帮助。感谢胡蓉老师、张小兰老师、罗鉴银老师等，感谢他们在生活中给予我的关心和照顾。

感谢师兄师姐：杨伟、陈斌、邱磊、邓健、邹世鑫、郭月婷、王恒伟等，感谢他们在工作和生活上对我无私的支持和帮助。感谢我的同门秦伟山、杜军、魏洪斌、叶茂、彭敏、陈超、李丽、李冬梅、唐娜、刁丽琼，感谢你们与我一起度过三年的研究生生活，因为你们的存在，使我的三年的生活无比充实和快乐。感谢师弟师妹：曹晓腾、张旭、梁伟恒、姚玲、杨雯婷、邓春燕等，感谢你们在国土所期间给予我的巨大帮助。感谢我所有的同班同学在学习中给予我的帮助，特别感谢杨逢渤、李鑫、贾雷、文枫、李广东、闫桥华、程立海、张天文、武智勇、田盛圭、杨乐、谭建华、张凌华、倪静、李虹颖、张月娥、曾璐等。与你们相遇是我的缘分，与你们相知是我的荣幸，我将十分珍惜我们的这份友谊，并希望这份情谊地久天长。

感谢我的父母和亲友，感谢他们给予我的支持和鼓励，感谢他们在精神和物质上给予我的巨大帮助。

最后，再次向曾经帮助、关心和支持过我的老师和同学们表示最诚挚的谢意。

张春柱

2011年4月于地科院

硕士攻读期间发表的主要学术论文与参与的科研课题

参与的主要研究性课题有：

- 1、参与国家“十一五”科技支撑计划子课题“城市功能结构与土地利用格局的关联分析研究”(2006BAJ14B04-02)；
- 2、参与重庆市软科学项目“三峡库区土地资源优化配置研究”；
- 3、参与重庆市国土资源与房屋管理局科技计划项目(2009年度)：基于生态安全的城市土地集约利用研究——以重庆市南岸区为例。

参与的主要应用性课题有：

- 1、负责《重庆市巫山县土地利用总体规划(2006-2020年)》；
- 2、负责《重庆市巴南区天星寺镇芙蓉村土地利用规划(2009-2012年)》；
- 3、参与《重庆市九龙坡区白市驿镇海龙村城乡建设用地增减挂钩》；
- 4、参与《重庆市长寿区土地利用总体规划(2006-2020年)》；
- 5、参与《重庆市渝北区土地利用总体规划(2006-2020年)》；
- 6、参与《重庆市南岸区土地利用总体规划(2006-2020年)》；

发表的主要学术论文有：

- 1、浅析基于“反规划”的土地利用规划方法——以重庆市巫山县为例，广东土地科学，2010年8月，9(4)，第一作者。
- 2、重庆市巫山县土地利用规划方法研究，中国土地学会2010年学术年会论文集，第一作者。
- 3、县域土地利用协调度研究——以重庆市璧山县为例，中国农学通报，2010年10月，20(19)，第三作者。