

土地资源优化配置模型研究现状及发展趋势

吕春艳^{1,2}, 王静¹, 何挺¹, 宇振荣²

(1. 国土资源部 土地利用重点实验室, 北京 100035; 2. 中国农业大学, 北京 100094)

摘要: 土地资源优化配置是实现土地资源可持续利用的根本保证。土地资源优化配置模型对于科学有效和合理利用土地资源起到了重要的作用。介绍了土地资源优化配置模型, 包括线性规划模型、系统动力学模型、多目标规划模型及 GIS 综合优化模型等, 并从研究和应用的角度分析了土地资源优化配置模型存在的不足, 探讨了今后的发展趋势: 系统化、机理化、精确化、实用化。

关键词: 土地资源; 优化配置; 模型

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)02-0021-06

中图分类号: F301.23

Comprehensive Description on Land Resource Allocation Models

LU Chun-yan^{1,2}, WANG Jing¹, HE Ting¹, YU Zhen-rong²

(1. Key Laboratory of Land Use, the Ministry of Land and Resources of P. R. China, Beijing 100035, China; 2. China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Land resource optimization allocation can ensure a sustainable land use. Models of land resource optimization allocation is very important for land use. This paper gives a comprehensive description of major land allocation models, including linear planning model, system model, multi-object planning model and integrated GIS model. The problems are analyzed, and the trend of land resource allocation models is toward systematization, mechanism, precision and practicability.

Key words: land resource; optimization allocation; model

土地是人类社会生存和发展的物质基础。在社会经济的可持续发展过程中, 土地资源是一个重要的基础和根本保证。随着经济的不断发展和工业化、城市化进程的加快, 土地非农化和土地生态环境恶化削弱了农业可持续发展的资源基础, 实现土地可持续利用就成为一个非常重要的议题, 土地资源优化配置研究也成为可持续发展的一个重要内容。土地资源优化配置是指为了达到一定的社会、经济和生态目标, 根据土地的特性, 利用一定的科学技术和手段, 对一定数量的土地资源进行合理分配, 实现土地资源可持续利用。为了达到土地资源优化配置的目的, 充分发挥模型的作用是非常必要的。土地资源优化配置需要搜集大量数据, 工作复杂而艰巨, 可通过对模型有关方面的合理简化, 减少相应数据的收集工作量, 土地资源优化配置定量研究已成为当前生态经济与管理学界广泛关注的重要课题^[1-6], 本文综述性分析总结了各类研究典型模型现状及存在的不足, 并探讨了今后的发展趋势, 为人们深入研究土地资源优化配置问题和土地资源管理提供参考。

1 土地资源优化配置模型研究现状

土地资源优化配置是一项复杂的系统工程, 是一个多目标、多层次的持续拟合与决策过程。构建土地资源优化配置模型需要采用多学科的多种方法论, 包括动态模拟、数学规划、系统动态学、工程学等理论和方法。通过比较分析土地资源优化配置模型的建模方法, 了解其研究现状。

1.1 线性规划方法

线性规划方法是土地资源优化配置建模中最为常用的一种方法, 它具有求解很多方面问题的能力, 除了解决一些线性问题之外, 通过使用对数法等方法还可以解决一些非线性的问题。采用线性规划方法可以优化地块尺度和区域尺度上的土地资源^[3-5]。如 LUAM (The Reading Land Use Allocation Model) 模型 (LUAM 结构图如图 1), 是一个采用线性规划法构建的模型, 在该模型中综合考虑了政策、市场、经济等因素对农业用地的影响, 根据这些影响因素来调整农业用地结构和布局, 从而实现农业利润最大化^[6]。

收稿日期: 2006-03-30

资助项目: 国土资源部土地管理专项

作者简介: 吕春艳 (1973—), 女 (汉族), 主要从事土地利用变化方面的研究。E-mail: luchy@126.com。

刘彦随(1999)依据三峡库区土地资源适宜性特点,综合考虑其社会经济发展与生态环境建设的目标要求,运用线性规划模型方法,进行土地利用优化配置,经过设置变量、确定约束条件、构建目标函数和形成方案等 4 个环节,寻求各类用地之间的最佳比例与组合方案的过程^[7]。

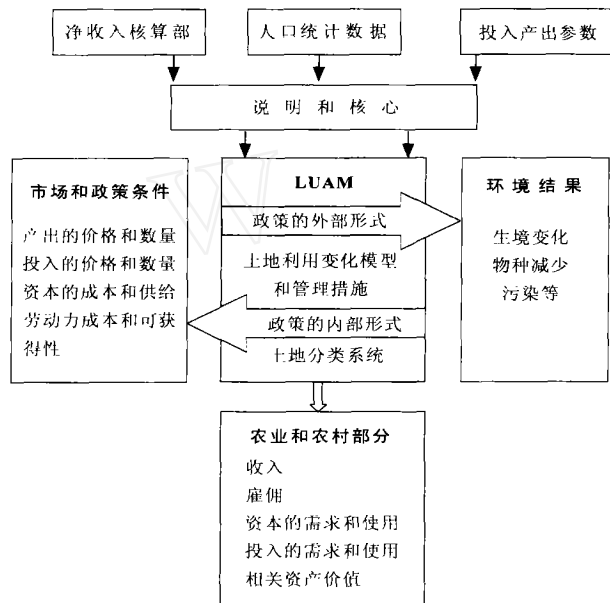


图 1 LUAM 结构

线性规划方法虽然广泛应用于土地资源的优化配置建模中,但存在一定局限性。如它不可能考虑到所有的优化目标及其限制条件,也无法考虑一些难以量化的因子,因此计算出来的最优方案不一定完全符合实际情况^[8]。

1.2 系统动力学方法

系统动力学方法以反馈控制理论为基础,以计算机仿真技术为手段,对于模拟大型非线性动态多重反馈系统能力很强,具有不同于线性规划和其它方法的能力。目前,系统动力学方法已用于区域和国家尺度上的土地资源优化配置建模中。如赵小敏运用系统动力学方法分析土地—社会—经济系统的结构、功能、行为及其相互间的关系,通过描述人口变化、经济发展变化、土地利用变化及各业用地需求量之间的内在联系,动态模拟各业用地的发展趋势,得出适应各种社会经济条件的土地利用决策方案,结果表明土地利用动力学模型是用于土地—社会—经济系统,用于土地资源优化配置的有效工具^[9]。赵庚星等通过系统动力学原理、方法和模型对黄河三角洲垦利县土地利用系统的模拟,得到了较好的模拟结果,并由此确定了适宜的土地利用发展方案^[10]。基于土地资源数据库和管

理信息系统建立的“世界动力学”模型和 ECCO (Enhancement of Carrying Capacity Options) 模型,建立了土地资源系统的动态模型,既可以模拟人口、资源、环境与发展的相互关联性,又可以用来模拟在各种发展条件策略下,人口增长与资源承载力之间的动态变化。此外,系统动力学模型还广泛应用于土地生态设计、作物布局设计、种植业、林业、水土保持规划等方面的研究中。

系统动力学方法采取定性和定量相结合的结构—功能模拟方法,强调系统结构分析,对数据的依赖性较小,具有操作灵活,可塑性强的特点,既可以对未来进行预测,也可以回顾系统历史行为,比较容易反映非线性和延期反应等用数学形式难以表达的过程。研究表明,应用系统动力学仿真模拟方法解决土地利用配置中的问题,是一种可行的方法。

1.3 多目标规划方法

在可持续发展的主题下,多目标规划方法在土地资源优化配置建模中,发挥了很重要的作用。多目标规划方法应用系统方法的多目标决策理论优化用地系统,具有多目标性、多方案的特点,决策者可以根据不同标准选择比较满意的优化配置方案,提高了土地资源优化配置和决策的科学性。其最大的优势在于可以充分地反映决策者的愿望,给决策者提供期望的最佳目标。

Wang Xinhao 采用多目标规划方法研究流域尺度上的土地资源优化配置问题,建立了多目标规划模型(见图 2),并且提出了环境和经济优化目标下土地资源优化配置方案,为当地土地资源管理者做出合理的决策提供了参考依据^[11]。郑新奇先生研究了无棣县耕地结构优化问题,首先运用多目标规划模型面积控制,在此基础上他借助 Arc/Info 和 MapInfo 等信息工具,实现耕地优化配置的自动化^[12]。周宗丽先生等将多目标线性规划模型和系统动力学模型相结合,应用 LP—SD 方法,把三峡库区秭归县土地资源分为全县土地资源、农业土地资源和耕地资源 3 个层次,分别进行优化,并在可持续发展战略下,提出了优化方案和对策^[13]。

多目标规划模型处理问题更符合实际,具有积极的生产应用意义。土地资源的利用受到自然因素、社会因素、经济因素等多方面的影响,是一个复杂的系统,要实现土地可持续利用,需要综合考虑到土地利用的社会、生态、经济效益,因此多目标规划模型在土地资源利用中具有重要的意义。

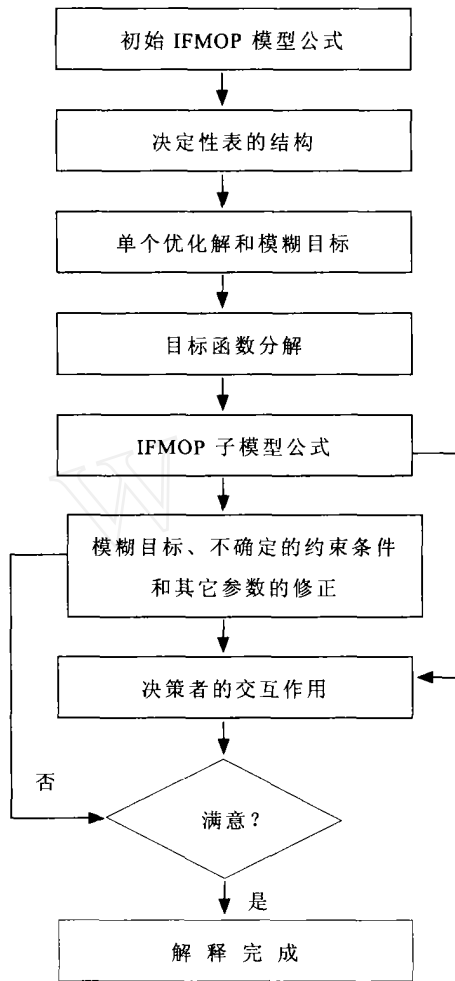


图 2 IFMOP 方法框

1.4 灰色预测方法

线性规划模型是静态模型,无动态可言,而且还常常无解,不能适宜自然环境、技术条件和社会经济状况发展变化的要求,而其它的一些规划方法在实际困难时算法实现比较困难。在这方面,灰色预测方法提供了一条新的途径。

康慕谊等运用灰色线性规划模型研究了区域尺度上的土地利用结构优化问题。他通过分析研究区土地资源利用结构的特征及存在的问题,选出影响土地利用结构的各种因子,并预测未来各业用地需求及其限制条件,在此基础上模拟出典型土地利用方案,最后采用层次分析法选出了基于综合效益及可行性的最优土地利用决策方案^[14]。

1.5 结合 GIS 的优化方法

土地资源的优化配置问题既包括了数量分配,还包含空间布局的问题,而且它是土地资源配置的核心。土地资源优化配置的数学模型解决了土地资源数量上的优化,但是规划人员和土地管理者无法实现

土地资源的空间优化配置,计算机技术和地理信息系统的发展,为土地资源利用和决策过程中分析空间数据提供了重要的技术支撑,将数学方法和 GIS 功能相结合,实现土地资源数量上和空间上的合理配置,成为了相关人员的研究热点,推动了土地资源优化配置科学研究的发展。

GIS 技术的应用实现了土地资源在空间上的分配,主要是因为:(1) 有自己数据格式的独立系统;(2) 使用共同数据格式的松散耦合;(3) 使用宏语言的紧密耦合模型;(4) 由 GIS 卖方支持的完全整合^[18]。综观现有的土地资源优化配置模型,绝大多数 GIS 与数学模型的整合都是通过交换数据文件来实现的,这种整合属于松散耦合范畴,通常需要人为干涉,这种方法对于实现土地资源优化配置的自动化过程是一种障碍^[19];所谓紧密耦合的方法就是使用共同的用户界面将 GIS 与数学模型连接起来,这种耦合对于用户看起来好像是一个系统,但实际上 GIS 与模型要素仍然是独立的,并不是真正意义上的紧密耦合。随着地理信息系统的发展,土地资源优化配置建模中更多地应用了 GIS 的功能,实现了土地资源在数量上、空间上的合理分配,使得土地资源管理和决策更加科学有效。

Wang Xinhao 等运用多目标规划方法与 GIS 相结合建立了 GIS/IFMOP 综合模型,研究在流域尺度上土地资源的优化配置问题。该模型运用多目标线性规划方法计算出未来各种土地利用类型的数量,再用 GIS 模型将结果配置到合适的空间位置。GIS/IFMO 模型不仅综合了多目标规划模型和 GIS 的强大功能,而且其重要的优点在于将不确定因素和决策者的愿望加入到配置过程,这样决策者可以根据实际情况的在配置过程中进行灵活调整。这种模型有利于环境规划和管理者充分地应用信息技术实现土地资源的合理配置^[11]。

Fuhu Ren 构建了 GIWIN - LRA 模型,在适宜性评价的基础上合理配置土地资源。其主要目的是帮助规划人员懂得如何利用 GIS 支持规划决策。该模型最大的优点是将 GIS 的功能与决策过程结合起来,使空间数据可以通过 GIS 的技术功能直接服务于土地资源的管理者^[15]。Chuvieco 运用线性规划模型与 GIS 模型结合研究土地利用优化配置,在土地适宜性分析的基础上,实现土地资源的优化配置。ULAM(Urban Landuse Allocation Modeling)模型是将土地资源配置模型与运输模型结合起来,主要用于城市土地利用的规划,目的是实现随着人口和经济增长城市土地利用的自动化配置过程^[17]。

2 土地资源优化配置模型的发展趋势

土地资源优化配置是土地可持续利用的重要途径,是国民经济可持续发展的重要保障,科学、合理、有效的土地利用方式是缓解资源、人口、环境问题的一个重要方面,因而土地资源利用成为了一个重要的研究内容。随着社会和科学的发展,土地资源优化配置模型在不断地发展和完善。从侧重于数量分配到数量和空间上的优化模型,从实现土地利用系统效益最大化到生态、社会、经济多种优化目标,土地资源优化配置模型取得了很大的发展。但现有的土地资源优化配置模型应用性的较多、理论性的较少,大部分集中在资源分类、资源评价和区域开发等层次上面;进行土地系统及其持续发展的战略化、管理化与数量化的现代土地资源科学的研究,尚在起步阶段。根据土地资源优化配置的目标,采用多种学科的多种方法建立起来的大量模型,从模型的研究基础及其应用情况分析,尚有一些不足之处,需要继续地完善,才能满足土地管理科学的需要。总结分析土地资源优化配置模型的研究情况,今后的发展趋势主要包括以下几方面。

2.1 系统化

土地利用系统是一个开放的、庞大的自然、生态、社会经济复合系统,以整体性和动态性为特征,土地资源的有效管理与持续利用是核心,应用系统分析的理论,充分重视经济、社会、文化、生态多元复合的土地资源优化配置理论和理念将不断得到深化。不少学者针对区域经济社会系统的特性,充分考虑各种因素,包括自然、社会、经济、政策等多方面的因子,应用泛系统理论、自组织理论、模糊集合论、市场经济学、系统动力学、计算机科学对区域土地利用优化问题进行创新研究,提出从定性到定量综合集成方法、区域总体规划决策支持系统、SD 模型,使得资源科学的理论分析更加广泛和深入,为市场经济体系下土地利用优化配置提供了新的思路和方法^[20]。

可持续发展是土地资源优化配置的主题和最终目标,必然会具有更加有效的解决矛盾、协调关系的作用,同时也会有针对性地提出创造性的解决方案,必将会以各种不同途径沿着可预见的方向发展。对土地资源实行有效管理是资源科学的最终目的,当前,以合理化和高效利用为内容的土地资源管理研究正逐步成为土地科学的热点。

自然—生态—社会经济复合系统内部的矛盾性和规律性研究是现代土地科学研究的核心,综合性是其固有特点,现代土地科学的综合性研究正在步入更

高的层次。土地资源研究已不再是就资源论资源,而是把资源、环境、人口、社会、经济等与资源开发密切相关的诸多方面统一起来,作为一个整体进行研究,目的是为了能够比较全面、妥善地解决人口、资源、环境的协调发展及人类社会经济得以持续发展的问題。就是要从全局的、整体的观点,从动态发展的观点和区域综合开发的观点,考虑到区域差异和变化,来研究自然资源开发、利用、治理与保护问题;强调土地、水、重要矿产资源等各种限制性资源对人类生存与国民经济发展的保证程度的问题。尤其公众将进一步参与到土地资源优化配置过程中,可持续发展思想将会在研究方法理论与实践方面得到新的发展,生态保护、伦理道德在其中的地位将会逐步上升。

人们越来越注重国际合作的全球整体化研究,强调人类只有一个地球,而地球上的各种资源总体上来说都是有限的,人类要共享这些资源。在空间上,资源在国家间要合理配置,要建立国际生态、经济新秩序;在时间上,要让子孙后代有持续发展的资源保证。联合国环境与发展大会指出的:“任何一个国家都不可能光靠自己的力量取得成功”,“而联合在一起,我们就可以成功。全球携手,求得持续发展”。建立全球生态、经济新秩序的呼声日益高涨,资源与资源利用问题再度成为全球热点。为解决日益紧迫的全球性问题,土地科学研究更加注意整体性和综合性,整体性已将视野扩大到全球范围;综合性强调土地资源的永续利用与社会经济的持续、协调发展,土地承载力论、土地配置论、土地产业论陆续问世。

2.2 机理化

土地资源优化配置模型是实现土地资源合理利用的手段,而不是目的。它需要有完善的土地资源配置理论基础来支持,才会从根本上解决问题。现有的土地资源优化配置模型就是把土地资源系统的研究模型化,虽然是方法论上的一次重大变革,但多为半定量的。只有建立科学的、合理的模型才有可能比较准确地了解资源系统中各种因素之间的相互联系和相互制约的机制,才能更好地既进行定性分析又辅以更有力度的定量分析。土地利用系统分析是一项复杂的系统工程,它涉及到自然、社会、经济等多方面的内容,包括土地利用分区、土地利用与土地覆被变化、土地适宜性评价等,这些方面与土地资源的合理利用有着密切的联系,能否正确地掌握这些基础情况,关系到土地资源配置结果的科学性和合理性。因此,要想全面地认识和把握土地利用系统,合理利用土地资源,就要加强土地科学的基础研究,同时还可以借鉴其它学科的理论 and 思想来研究分析土地利用系统,从

而进一步完善土地资源配置的理论基础,这对于发展土地资源优化配置模型具有重要意义。

土地资源优化配置模型描述和了解调节整个土地生态系统交互作用的物理、化学和生物过程,土地系统对生命提供的独特环境,这个系统正在发生的变化以及人类活动影响这些变化的方式。其中也包括土地资源系统及其与人类社会的相互作用机制。需要搞清土地变化趋势及其机理,研究人类社会对土地变化的响应和土地问题的社会解决办法。全球变化的人类方面计划(IHDP)目前最大的核心项目是与全球变化研究计划(IGBP)联合开展的土地利用与土地覆盖变化(LUCC),可见全球对土地的关注程度。其中理解和加深认识人与土地系统相互作用的复杂机制,努力研究、追索和预测影响全球土地变化的社会变化是重中之重。显然,这是极其艰巨复杂的任务,要实现它们必须认识到人类与土地各子系统之间盘根错节的相互作用,因此迫切需要多学科协同作战。以作为整个土地研究的基础,构建共同的概念框架或系统框架,一门需要有创见、跨学科、国际性、综合性、系统性等特点的,关注于切实满足人类需要的,能解决问题的科学。因此,未来土地资源优化配置研究将涉及庞大的科学群,现在已在越来越多的领域发现越来越多的相互关联,大尺度甚至全球规模的数据正在收集和分析,关键过程的动力学研究正在逐步数量化,这些努力将减少土地变化研究的诸多误差和不确定性。尤其解决影响土地利用优化的因素中一些无法量化的影响因子。

2.3 精确化

虽然土地资源优化配置模型是各种新理念、新技术的集合,也要求不断进行技术创新,不断加入新的内涵。在最近一个时期内,以“3S”技术为核心的信息技术、空间技术,和生物技术将广泛融入土地资源优化配置模型之中,将会深入和完善土地资源优化配置的科学理论和方法体系。针对不同土地利用方式,根据具体的土地利用目标,将土地利用模型与其它的模型如作物模型、经济模型、运输模型等结合起来,可以结合不同模型的长处,完善土地资源优化配置模型;随着地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)和遥感(RS)的广泛应用,“3S”技术将会结合运用到土地资源优化配置中,土地资源优化配置将从静态、结构和功能朝动态化、智能化方向发展。

土地资源优化配置既包括宏观的数量配置也包括空间布局的优化及微观配置;如何实现不同尺度之间的相互联系,在小尺度上土地资源的配置既要符合大尺度的要求,又能体现其具体目标。土地资源优化配置

模型中的地形、土壤、土地利用、作物、土地管理措施等参数具有时空特征,这些信息仅靠传统的方法,很难做到完整、准确,特别是土地利用信息,具有很强的时效性,更增加了数据获取的难度。因此,3S技术将成为模型数据获取的有效手段。一方面GIS作为数据处理的平台,在模型中发挥了重要的作用,包括DEM的处理、参数的提取、图形显示等;另一方面深入研究GIS在土地资源优化配置中的应用,加强数学模型与GIS整合技术的研究,将GIS的功能加入到模型中或者是将模型的能力加入到GIS中,真正实现GIS与数学模型的紧密耦合。

各种遥感影像是获得土地利用平面分布数据的重要来源,特别是在山地丘陵众多、土地利用复杂多样、利用地块很小的情况下,更加准确和详细的判读是必要的;再加上模型要求各种作物时空信息,更增加了影像判读的难度,因此,应充分利用各种遥感技术,直接或间接识辨地物特征^[21]。目前,各种遥感影像不同波段的融合技术可用来形成高分辨率的影像,如TM和Spot影像的融合,以提高判读精度,而且成本较低,时效性较高,不失为一种实用可行的方法,可以实现实时化。

在模型建立和应用过程中,需要确定各种土地利用类型和地物的准确位置,这些地物可能是自然形成的,也可能是人为的,而它们有些在已有的地图或影像中又无法辨识,需要对其进行定位,而GPS就为精确定位地物提供了有效手段,因此,使用了手持GPS定位为土地利用空间位置的确定提供了一定的依据。

2.4 实用化

建立土地资源优化配置模型的目的是实现土地资源定量化、科学化、自动化管理,为土地规划人员和土地管理决策者服务,提高土地管理的决策水平。但是,目前所建立的大多数模型,通常只是在理论上给决策者提供依据,比较常见的情况是技术人员通过模型处理数据,然后把结果告诉规划人员和决策者,他们参考这个结果做出决策^[15]。在这种情况下,通过模型的数据处理过程和决策过程是分离的,决策者和规划人员没有参与到数据处理过程之中,因此很难理解和相信模型的结果,也无法合理有效地应用模型的结果。

此外,土地资源利用受到自然、社会、经济、政策等多方面因素的影响,而且根据土地资源利用的具体目标主导的影响因素也会有所差别,因此在决策过程中可能需要适时地对土地利用方式做出细微的调整,这就要求土地资源优化配置模型能够更加灵活、方便、实用,而目前在这方面的研究比较薄弱。

模型的实用性和可操作性是评价一个模型的重要标志之一。构建土地资源优化配置模型目的是为土地资源规划和管理服务的,所建立的模型除了具有科学性之外,更应该考虑到其实用性和可操作性。经过科学研究得来的模型,还需要经过实践检验,要应用到实际土地管理决策过程中。随着社会和科学技术的发展,对土地资源合理利用模型提出了更高的要求,要求土地资源优化配置模型更加科学、合理、实用,为土地资源管理者做出正确决策提供技术支撑。

土地利用优化配置辅助决策系统是把各种土地资源及社会经济数据、信息和知识同计算机技术有机结合起来,将科学决策与观点相同的经验和愿望结合起来,集成了数据库、专家库、方法库和模型库,自动实现数据采集、储存与分析,土地利用的适宜性评价,区域生产布局的优化决策,代表着土地利用优化配置决策研究方向。从而实现对土地资源利用进行科学决策和管理的计算机应用系统。黄杏元等研究地理信息系统技术在区域土地利用多目标规划中的应用,探讨了地理信息系统支持的区域土地利用决策原理和方法^[22]。

[参 考 文 献]

- [1] Gerrit J Carsjens, Wim van der Knaap. Strategic land-use allocation: dealing with spatial relationships and fragmentation of agriculture. *Landscape and Urban Planning*[J]. 2002(58):171—179.
- [2] Hazell P B R, Norton R D. *Mathematical Programming for Economic Analysis in agriculture* [M]. Macmillan, New York, 1986:400.
- [3] WRR. Ground of choices, four perspectives for the rural areas in the European Community. Reports to the Government[M]. 1992(42).
- [4] Rabbinge R, Van Latesteijn H C. Long-term options for land use in the European Community[J]. *Agriculture System*. 1992(40):195—210.
- [5] David M, Eligius M T, Martin K, et al. A framework to study nearly optimal solutions of linear programming models developed for agricultural land use exploration[J]. *Ecological Modeling*, 2000(131):65—77.
- [6] LUAM. <http://www.apd.rdg.ac.uk/agrstrat/LUAM/luamoutline.htm>.
- [7] Brill E D, Jr. The use of optimization models in public-sector planning[J]. *Manage Science*. 1979(25):413—422.
- [8] 刘彦随. 区域土地利用优化配置[M]. 北京:学苑出版社,1999,11.
- [9] 赵小敏,王人潮,吴次芳. 土地利用规划的系统动力学仿真[J]. *浙江农业大学学报*, 1996(2):143—148.
- [10] 赵庚星,王人潮,尚建业. 黄河三角洲垦利县土地利用的系统动力学仿真模拟研究[J]. *浙江农业大学学报*, 1998(2):141—147.
- [11] Xinhao Wang, Sheng Yu, Huang G H. Land allocation based on integrated GIS - optimization modeling at a watershed level [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004(66):61—74.
- [12] 郑新奇,阎弘文,徐宗波. 基于 GIS 的无棣县耕地优化配置[J]. *国土资源遥感*, 2001(2):53—56.
- [13] 周宗丽,宁大同,杨志峰. 三峡库区秭归县土地资源优化配置[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 1999(4):536—541.
- [14] 康慕谊,姚华荣,刘硕. 陕西关中地区土地资源的优化配置[J]. *自然资源学报*, 1999(4):363—367.
- [15] Fuhu Ren. A training model for GIS application in land resource allocation, *ISPRS Photogrammetry and remote sensing*[J]. 1997(52):261—265.
- [16] Chuvieco E. Integration of linear programming and GIS for land use modeling[J]. *International Journal of Geographical Information System*, 1993(7):3—19.
- [17] Jerry M. Faris, *Geography Information System (GIS) and Urban Land Use Allocation Model (ULAM) Techniques for Existing and Projected Land Use Data*.
- [18] Bennett D A. A framework for the integration of geographical information systems and model base management[J]. *Int. Geographic Information Science*, 1997(4):337—357.
- [19] Goodchild B. Land allocation for housing: a review of practice and possibilities in England, *Housing studies*[J]. 1992(1):45—55.
- [20] 吕永成,宋嗣迪,黄智宇,等. 县级土地利用总体规划的理论与方法研究[J]. *广西农业生物科学*, 1999, 18(1):56—61.
- [21] 赵晓丽,张增祥,刘斌,等. 基于遥感和 GIS 的全国土壤侵蚀动态监测方法研究[J]. *水土保持通报*, 2002, 22(4):29—32.
- [22] 黄杏元,倪绍祥,徐寿成,等. 地理信息系统支持区域土地利用决策的研究[J]. *地理学报*, 1993, 48(2):114—121.