

# 郑州市土地可持续利用的模拟与评价

王俊岭<sup>1,2</sup>, 杨雅萍<sup>2</sup>, 杨飞<sup>2</sup>, 孙九林<sup>2</sup>, 荆文龙<sup>2,3</sup>

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 中国科学院  
地理科学与资源研究所, 北京 100101; 3. 河南大学 环境与规划学院, 河南 开封 475001)

**摘要:** 土地持续利用是区域可持续发展的核心内容与重要基础, 是推动区域经济可持续发展的重要保障。利用 GIS 和 CLUE-S 模型, 以郑州市为研究区, 以郑州市 2000 年土地利用现状数据为基础, 模拟研究区在可持续利用情景下的未来土地利用变化情景, 并运用层次分析法对研究区土地承载力和环境敏感性进行分析评价, 在此基础上对郑州市土地可持续利用发展模式进行了探讨。研究表明: 郑州市土地承载力水平偏低, 土壤环境敏感性较高。在未来情景建设用地面积将明显增加的情况下, 郑州市应优化土地利用结构, 加大环境治理力度, 改善生态环境, 以促进土地资源的可持续利用, 保障社会经济稳定快速发展。本研究可为理解土地利用系统的复杂性和动态性提供帮助, 并为研究区今后的土地利用总体规划编制和土地可持续性管理具有指导作用。

**关键词:** 土地利用变化; 可持续性模拟; CLUE-S 模型; 郑州市

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)03-0084-06

## Simulation and Evaluation of Sustainable Land Use in Zhengzhou City

WANG Jun-ling<sup>1,2</sup>, YANG Ya-ping<sup>2</sup>, YANG Fei<sup>2</sup>, SUN Jiu-lin<sup>2</sup>, JING Wen-long<sup>2,3</sup>

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing

100101, China; 3. College of Environment and Planning, He'nan University, Kaifeng, He'nan 475001, China)

**Abstract:** Sustainable land use is the core and an important foundation of regional sustainable development, and is an important guarantee to promote the sustainable development of regional economy. Using CLUE-S (Conversion of Land Use and its Effects model) model based on GIS spatial analysis and statistics, this paper takes Zhengzhou City as research area, and simulates the future land use spatial change, in the scenario of sustainable land use, based on the land use map of Zhengzhou City in 2000. This paper discusses the development pattern on sustainable land use in Zhengzhou City, by evaluating land carrying capacity and environmental sensitivity in study area based on AHP (Analytic Hierarchy Process). As a result, the land carrying capacity in Zhengzhou City is low, and environmental sensitivity is high. So, the government of study area should optimize land use structure, improve the environment and the ecological environment, promote the sustainable use of land resources, protect the rapid development of social and economic stability. This study can help understand the complexity and dynamic nature of land use system. It has guiding significance on drawing up general land use planning, and gives advice to realize the land sustainable utilization.

**Key words:** land use change; sustainable simulate; CLUE-S model; Zhengzhou City

土地资源持续利用是区域可持续发展的重要基础, 提高土地利用效率, 优化土地资源配是推动区域可持续发展的重要保障。20 世纪 90 年代以来, 随着可持续发展思想的提出, 土地资源可持续利

用的研究, 引起国际社会的广泛关注<sup>[1]</sup>, 并成为土地利用研究的热点问题。当前国内关于土地可持续利用管理的研究, 多侧重于讨论可持续利用的内涵和大尺度评价方面<sup>[2-3]</sup>。许多学者纷纷展开了对土地资源

可持续利用评价研究。嫣然等<sup>[4]</sup>从资源环境协调性、经济可行性和社会可接受性三方面建立了土地可持续利用评价指标体系。袁磊等<sup>[5]</sup>基于循环经济理念对土地资源的可持续利用的导向作用,构建黑龙江省土地可持续利用评价体系。有学者认为土地综合承载力的评价,可以为研究区土地资源的合理开发、优化配置、可持续利用等方面提供指导。王书华等将土地综合承载力定义为:在某一时间和空间范围内,一定的自然能源、科学技术和资金投入,在保证与其社会文化准则相符合的物质文化生活水平条件下,土地资源所能持续承载人类各种活动的规模和强度的阈值<sup>[6]</sup>。也有学者认为环境敏感性高的区域容易产生生态环境问题,将极大地制约当地社会的可持续发展,因此在环境敏感性高的区域,生态环境保护和恢复应成为土地可持续利用发展的前提。欧阳志云等认为环境敏感性是指一定区域内生态环境系统对人类活动和自然干扰的敏感程度<sup>[7]</sup>。可以发现,土地可持续利用评价研究更多地关注当前时间节点上,资源环境和社会经济发展等要素对土地可持续利用的影响,没有考察现状的土地资源利用和理想的可持续利用之间的差距,缺少对未来情境下土地可持续利用变化的分析、预测与评估研究<sup>[8]</sup>。在可持续利用情景下,模拟研究土地利用空间分布,涉及到影响土地资源可持续利用变化的诸多驱动因子,是一个相当复杂的过程,一直是学术界研究的热点<sup>[9]</sup>。2011年,随着中原经济区开发正式成为国家战略,郑州市作为中原经济区核心城市,成为引领区域经济发展的核心区。因此郑州市进入了城市化快速推进的时期,土地利用变化显著。在这样的背景下,如何在维护生态环境可持续发展的前提下,实现土地资源可持续利用成为迫切需要解决的问题。

本文将利用由荷兰瓦格宁根大学的 Verburg 等科学家研发的土地利用变化及效应模型(Conversion of Land Use and its Effects Model, CLUE-S Model),该模型是模拟中小尺度上土地利用变化及其环境效应的模型。该模型在土地利用和覆被变化、土地利用环境效应、土地利用政策研究等许多领域得到了广泛的应用,可以较好地开展未来情境下土地利用变化空间分布特征的模拟研究。本文采用层次分析法对郑州市土地环境承载力和敏感性进行分析,在评价研究区土地可持续利用现状的基础上,利用 CLUE-S 模型预测未来土地资源可持续利用发展趋势。基于设定的可持续利用情景,模拟郑州市未来土地格局的动态变化及土地利用需求,以期对研究区的土地利用动态规划、区域土地利用模式优化提供科学依据,并为相

关部门的土地资源开发决策提供理论依据及时政参考。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

郑州市位于河南省中部偏北,北临黄河,西依嵩山,南与平顶山市毗邻,东与开封市接壤,是中原经济区的核心发展区<sup>[10]</sup>。地理位置介于东经 112°42′—114°14′,北纬 34°16′—34°58′,土地总面积 7 532 km<sup>2</sup>。本次研究范围主要包括:中原区、二七区、金水区、惠济区、上街区、管城回族区,巩义市、新郑市、登封市、新密市、荥阳市、中牟县等 6 个市辖区,5 个县级市和一个县。截至 2012 年底,郑州市总人口达到 910 万人,人口密度居全国省会城市第二位,生产总值达到 5 547 亿元,名列全国 288 个地级以上城市第 20 位,全国 35 个大中城市第 16 位,全国 27 个省会城市第 8 位。郑州市属北温带大陆性季风气候,冷暖适中、四季分明,春季干旱少雨,夏季炎热多雨,秋季晴朗日照长,冬季寒冷少雨,年平均气温 14~14.3℃。郑州年平均降雨量 640.9 mm,无霜期 220 d,全年日照时间约 2 400 h。

研究区横跨中国第二三地貌台阶,整体地形西高东低,西南部高山属于第二级地貌台阶前缘,东部平原为第三级地貌台阶的组成部分,山地与平原之间是低山丘陵地带。土地利用结构类型多样,农用地比重较高,土地利用呈一定的地区分布规律,耕地、城镇工矿用地等主要分布在平原地区,林地则主要分布在山地丘陵区域,牧草地分布在林地和其他用地的过渡地带,土地利用程度和利用效益相对较高,土地利用效益的区域差异明显。

### 1.2 数据来源

不同驱动因素对土地利用变化的影响与控制作用是不同的<sup>[11]</sup>。考虑到短期土地利用变化的驱动因子多与人类活动有关,研究中借鉴前人经验,考虑数据的可获取性,选取以下 11 个影响因子:人口密度、GDP、海拔、坡度、坡向、年均温度、年均降水量、距乡镇居民点远近、距河流远近、距主要公路远近、距主要铁路远近。根据选择的因子,本文应用的主要数据及其来源见表 1。

土地利用数据的类型划分采用《土地资源分类系统》标准,共有 6 个一级类、25 个二级类。本文根据当前郑州市经济发展需求,结合当期郑州市土地利用规划中对土地利用类型的分类,将土地利用类型重新归并为 7 类(表 2)。

表 1 数据列表与数据来源

数据名称	数据来源
1:10 万土地利用图	中国科学院资源环境数据中心
气温、降水、GDP、人口(公里格网),基础地理数据(1:100 万)	地球系统科学数据共享平台
DEM(90 m 分辨率)	马里兰大学地球科学数据中心( <a href="http://glcfapp.umiacs.umd.edu">http://glcfapp.umiacs.umd.edu</a> )
土壤质地	寒区旱区科学数据中心
社会经济数据	郑州市统计年鉴(2000,2010)
海拔、坡度等地形数据	根据 DEM 数据衍生而来
郑州市土地利用总体规划	郑州市国土资源局( <a href="http://www.zzland.gov.cn/">http://www.zzland.gov.cn/</a> )

表 2 土地利用分类体系

土地利用分类	土地资源分类系统
耕地	水田、旱地
林地	有林地、灌木林、疏林地
园地	苗圃及各类园地(果园、桑园、茶园、热作林园地等)
草地	高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地
水域	河渠、湖泊、水库坑塘、永久性冰川雪地、滩涂、滩地
城镇、工矿用地	城镇用地、其他建设用地
农村居民用地	农村居民点
未利用土地	沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石砾地、其他

## 2 研究方法

### 2.1 CLUE-S 模型模拟方案

本文利用 CLUE-S 模型模拟可持续发展情境下郑州市土地利用变化。该模型中情景分析模块是探索现有的土地利用方式和政策选择所存在风险的有效工具,考虑多方面的影响因素,从不同的途径给决策部门提供更加全面、更加有意义的科学参考依据<sup>[12]</sup>。该模型根据可持续情景的实际土地利用结构,通过识别和量化影响土地利用变化的自然和经济影响要素,定量模拟土地利用的空间分布。

2.1.1 CLUE-S 模型空间模块 CLUE-S 模型采取经验建模的方法,通过建立土地利用空间分配和驱动因子之间的回归关系,模拟土地利用变化的空间分布<sup>[13]</sup>。对于经过处理的各驱动因子,运用 Logistic 逐步回归对每一栅格单元可能出现某一种土地利用类型的概率进行诊断,其计算公式为:

$$\lg\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} \quad (1)$$

式中: $P_i$ ——每一个栅格中可能出现某一地类  $i$  的概率; $X$ ——各备选的驱动因素; $\beta$ ——Logistic 逐步回归方程诊断出的关系系数,其中  $\beta_0$  为常数项, $\beta_1$ — $\beta_0$ — $X_{1i}$ — $X_{ni}$  各备选驱动因素与各土地利用类型  $i$  之间的相关度, $\beta$  值越高,代表其相关度越大,其正负号,表示正负相关。

CLUE-S 模型最终模拟的研究区土地利用空间分配,是在综合分析土地利用的空间分布概率、土地

利用变化规则和研究区起始年土地利用现状的基础上,根据总概率 TPROP (又称相对适宜度,式 2)对土地利用需求进行空间分配的过程<sup>[14]</sup>。

$$TPROP_{i,u} = P_{i,u} + ELAS_u + ITER_u \quad (2)$$

式中:TPROP <sub>$i,u$</sub> ——第  $i$  个栅格上适合第  $u$  类土地利用类型的总概率;ELAS <sub>$u$</sub> ——研究中设置的土地利用类型  $u$  的转换弹性;ITER <sub>$u$</sub> ——土地利用类型  $u$  的迭代变量; $P_{i,u}$ ——通过 Logistic 回归方程求得的各土地利用类型空间分布概率。

2.1.2 CLUE-S 模型非空间模块 土地利用非空间模块是 CLUE-S 模型中另一个重要的模块,主要包括土地利用需求分析和土地转换规则分析。

(1) 土地利用需求分析。土地利用情景的设定始终与土地利用发展方式,生态环境优化,社会经济规划目标等影响因子紧密结合,并将量化的设定结果纳入到土地利用变化空间模拟中<sup>[15]</sup>。在总结其他地区案例研究的经验,结合郑州市土地利用现状以及《郑州市土地利用总体规划(2006—2020 年)》等规划文本中对各种土地利用类型的目标面积比例,线性内插出规划情境下的土地利用需求。

在规划情景(表 3)的基础上,预测 2020 年郑州市的土地利用格局变化。该情景中,引入区域环境可持续利用意识,在既能最大程度实现各部门经济发展规划目标,又能实现生态环境可持续利用发展的情况下,对根据规划情景设定的土地利用需求模块进行优化,设定郑州市 2020 年各种土地利用类型的数量分配。

表 3 “规划情景”相关背景

规划文件	土地利用相关规划目标
郑州市土地利用总体规划 (2006—2020 年)	由郑州市人民政府编制,其目标是到 2020 年,耕地、园地、林地、其他农用地总面积分别达到 43.9%,2.45%,9.93%,5.96%,建设用地总面积达到 20.86%,未利用地总面积达到 16.95%
郑州市国民经济与社会发展“十二五”规划纲要	郑州市第十三届人民代表大会第三次会议审核,到 2015 年,郑州市耕地保有量保持在 32.6 万 $\text{hm}^2$
河南省土地利用总体规划 (2006—2020 年)	河南省规划纲要下达郑州市 2020 年耕地保有量为 33.07 万 $\text{hm}^2$ ,园地规模为 1.84 万 $\text{hm}^2$ ,林地规模为 7.49 万 $\text{hm}^2$ ,建设用地总规模为 18.85 万 $\text{hm}^2$
郑州市城市总体规划 (2008—2020)	规划由中心城区、郑汴——中牟组团、上街—荥阳组团、巩义市及沿线城镇多构成的城镇发展带,并重点建设巩义、新郑、新密、登封四个二级中心城市,至 2020 年,城市发展建设用地控制在 450 $\text{km}^2$ 左右

(2) 转换规则分析。土地利用转换稳定性 (ELAS 参数) 主要表征土地利用类型之间转换的难易程度,0 表示土地类型容易发生转化,1 表示土地类型不发生转化。ELAS 值越接近于 0 则表示该土地利用类型越容易转化为其他土地利用类型,越接近于 1 则相反。根据可持续情景的设定,结合前人研究,研究中分别将农用地、林地、园地、草地、水域、城镇建设用地、农村居民点用地和其他建设用地的 ELAS 值设置为 0.7,0.9,0.7,0.6,0.9,1.0,0.7 和 0.9。

## 2.2 土地综合承载力和土壤环境敏感性评价

土地综合承载力和土壤环境敏感性评价是多指标综合评价,首先要对研究区社会经济发展、土地利用现状、土壤环境、资源环境等进行分析,探讨研究区土地综合承载力和环境敏感性的影响因子,构建评价指标体系。然后运用在多目标规划领域具有广泛应用价值的层次分析法 (AHP 法)<sup>[16]</sup> 确定各影响因子的权重,进而计算郑州市土地综合承载力和土壤环境敏感性。研究中,对于土地综合承载力的评价,主要基于水土资源、环境质量、社会人文和经济技术 4 个子系统,选取 20 个具体指标以期全面综合地反映郑州市土地承载力的各个相关方面,通过层次分析法确定各指标权重,然后运用多指标决策计算法得到各县市土地综合承载力。而对于土壤环境敏感性的评价,则主要考虑研究区土地环境特点,选取土壤质地、土壤资源评价、土壤 pH 值、地形起伏度等相关指标,在前人研究基础上分析确定各指标的权重,最终得到研究区土壤环境敏感性分级图。

## 3 结果与分析

### 3.1 CLUE-S 模型模拟结果及精度分析

3.1.1 模拟结果分析 根据可持续情景设定的各参数,CLUE-S 模型模拟结果如附图 3 所示。郑州市各类型土地利用变化表现为:(1) 随着中原经济区规划的实施,郑州市的核心城市地位得到加强,故城镇建设用地和工矿建筑用地增加明显,与 2000 年相比,2020 年

城镇和工矿建设用地比重增加 4.67%;(2) 农村居民点用地在城镇化建设的过程中呈明显减少趋势,到 2020 年农村居民点用地比重将减少 2.72%,且主要呈现围绕城镇和工矿建设用地集中趋势,零星分布的农村居民点用地将通过土地整理及复垦的方式转变为农业用地,实现耕地占补平衡;(3) 林地面积稳步增加,相对于 2000 年比重增加 1.67%,增加部分主要集中在郑州市西南部;(4) 园地面积逐步增加,在维系当前平原区宜园土地面积的基础上,在研究区西南部结合农业结构调整相关政策,部分丘陵中的陡坡耕地转变为园地,园地面积扩大。

对比分析 2020 年预测土地利用数据与 2000 年土地利用现状,如附图 4 所示,根据模型预测结果可以发现,未来研究区土地利用结构会发生较大的变化,城镇建设用地增长幅度达到 4.67%,说明郑州市城市规模将继续扩大,城镇化水平将进一步提高;自然绿地,尤其是草地大面积减少,主要集中在郑州市西南部丘陵地带,大多被城镇建设用地所侵蚀;农业用地少量减少,主要表现在主城区和其他较大规模的建制镇周边郊区。总体来看,郑州市西部地区的巩义市和登封市土地利用变化剧烈,建设用地明显增加,这主要是体现郑州市城市总体规划中“一带四域”的规划思想,即郑州市未来城市发展,重点打造巩义市、登封市、新郑市、新密市 4 个二级中心城市,并沿 310 国道由中心城区到巩义市沿线城镇构成城镇发展带。

3.1.2 模拟精度分析 通常检验回归分析结果都是以 ROC (Relative Operating Characteristics)<sup>[17]</sup> 值作为判断标准,ROC 值越高说明影响因子对因变量解释程度越好。一般认为,当 ROC 的值大于 0.7 时,所确定的驱动因子具有较好的解释能力<sup>[18]</sup>,模拟地类的分布和真实的地类分布之间具有较好的一致性。本次研究回归分析结果如表 4 所示,可以看出,土地利用类型 ROC 值均高于 0.75。这说明,选取的驱动因子可以较好地解释各类土地利用类型的空间分布格局。

表 4 驱动因素 Logistic 回归系数

驱动因素	农用地	林地	园地	草地	水域	城镇建设	农村居民点用地	其他建设用地
人口密度		-0.0021	-0.0026	-0.0006	-0.0012	0.0001		-0.0001
GDP	-0.0003	-0.0003	0.0001	-0.0006	0.0001	0.0006		0.0002
海拔	-0.0043	0.01	-0.0137	-0.0001	-0.0057	-0.0018	-0.0018	
坡度	-0.0943	0.0766		0.0089	-0.0594	-0.1065	-0.1339	-0.0895
坡向	0.0002	-0.0004		0.0013	0.001		0.0007	
年均温度		0.5549	-1.7551	-0.8664				
年均降水量	0.0034	-0.0101	0.0045	-0.0031	-0.0097			0.0081
距乡镇远近		-0.0001			0.0001	-0.0004		
距河流远近			0.0002		-0.0002			
距铁路远近		-0.0001						-0.0001
距公路远近	-0.0001	0.0002				-0.0004	-0.0001	-0.0006
常量	-0.533	-1.4623	-17.621	11.1203	5.5817	-0.8119	-2.174	-10.059
ROC	0.751	0.918	0.824	0.820	0.875	0.980	0.768	0.841

其次,运用 Kappa 指数对模拟结果进行检验。使用地球系统科学数据共享中心 2005 年 1:25 万土地利用现状图对 2005 年土地利用模拟结果进行检验。模拟正确的栅格数为 107 483,占总栅格数的 88.75%,综合 Kappa 指数为 78.59%,根据 Kappa 指数大于 75%具有较好一致性的理论<sup>[19]</sup>,说明模拟结果整体趋势与土地利用现状吻合较好,模拟精度较高。

### 3.2 土地环境承载力分析

随着人口的快速增长,工业化和城市化的发展,城

镇建设用地对农用地和自然绿地的侵占,人类对土地的需求不断扩大,人口与粮食供给、土地资源需求与生态环境间的矛盾愈来愈尖锐。尤其是大中原经济区战略的实施,郑州市作为重点发展地区,迅猛增长的城镇人口和城市用地的扩张必将给城市发展造成较大的压力;随着经济的进一步发展,许多重大投资项目在该区域落地,这将进一步增加了对土地的需求,土地供需矛盾日益突出。为进一步探讨研究区土地供给能力,根据前人研究,运用多指标决策计算法,求得郑州市各县域土地综合承载力的综合评价(表 5)。

表 5 郑州市各县土地综合承载力各子系统评价

驱动因素	市辖区	中牟县	巩义市	荥阳市	新密市	新郑市	登封市
水土环境	0.0599	0.2306	0.1158	0.1742	0.1237	0.1938	0.0898
生态环境	0.1208	0.0412	0.0395	0.1076	0.0735	0.0755	0.1335
社会人文	0.1710	0.0620	0.0694	0.0982	0.0498	0.1013	0.0472
经济技术	0.1642	0.0565	0.0432	0.1034	0.0485	0.0940	0.0254
综合指数	0.5159	0.3902	0.2679	0.4834	0.2956	0.4646	0.2959

根据各城市土地综合承载力各子系统及综合评价价值,绘制出各支承系统的评价曲线和综合评价曲线图(图 1),结合图表信息,对郑州市各县土地综合承载力分析如下。

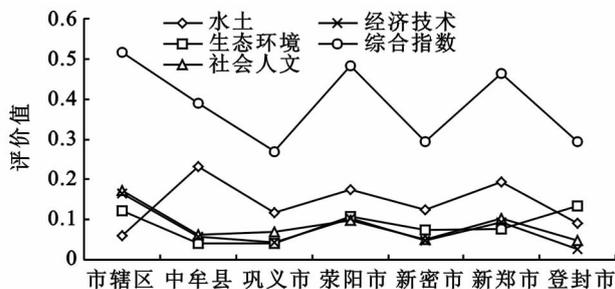


图 1 各县土地综合承载力评价曲线

郑州市各县土地综合承载力呈现较明显的空间差异,土地综合承载力指数较高的是郑州市辖区为 0.515 9,最低的是巩义市为 0.267 9,极差为 0.248 0。

郑州市市辖区处于中等承载力水平,从图 1 中可以看出,郑州市辖区的经济技术、社会人文子系统评价价值较高,其水土资源系统和生态环境系统承载力较弱。而巩义市各个子系统评价价值均较低,导致土地综合承载力整体水平为郑州市最低值。中牟县良好的水土资源弥补了其在社会经济和生态环境方面的不足,土地综合承载力在郑州市处于中等水平。而登封市在社会经济方面均处于较低水平,尽管该地区生态环境子系统的评价价值在研究区各县中排在第一位,系统间的协调性不足,导致登封市土地综合承载力上不能达到较高水平。

### 3.3 土壤环境的敏感性分析

随着经济规模和城市规模的不断扩大,资源和环境的压力也越来越大。同时由于土地利用结构的变化和自然绿地的减少,土壤质量也面临着极大的挑

战。环境敏感性的评价研究是在不考虑人类活动影响的前提下,分析评价区域生态过程在自然状况下,产生生态环境问题的可能性大小。敏感性高的区域,当受到人类不合理活动影响时,就更容易产生生态环境问题<sup>[20]</sup>,将成为土地利用可持续发展模式中需要密切关注的地区。本研究采用可持续发展理论为依据的,综合考虑研究区土地环境特点,选取土壤质地、土壤资源评价、土壤 pH 值、地形起伏度等指标,在前人研究基础上分析确定各指标的权重,最终得到郑州市土壤环境敏感性综合评价图(附图 5)。

由以上分析可以发现,郑州市整体土壤环境敏感性较高,高度敏感以上区域占总面积的 40% 以上。这主要由于郑州市水土协调性差,生态环境系统受到一定破坏。极敏感区集中分布在郑州市西北部巩义市与荥阳市接壤地区,该区域地处岳山、广武山丘陵地带,土壤类型以砂土为主,极易受人类活动影响。相对稳定的区域主要分布在登封市辖区内,这一结论同登封市土地综合承载力分析结果相同,登封市生态环境子系统的承载力较高,这是由于登封市地貌类型多样,以山地丘陵为主,其中山地面积 60 793. 19 hm<sup>2</sup>,占全市土地总面积的 50. 20%,林业资源较丰富。研究区东部地形地貌主要以平原为主,地势较为平坦,但是由于区域性开发活动对生态环境产生较大干扰和破坏,林地面积分布相对较少,资源环境承载力逐渐减弱,工业经济的快速发展也对环境带来了一定的影响,使得该区域成为较高的土壤环境敏感区。随着经济的进一步发展,许多重大投资项目在研究区落地,这将进一步增加了对土地的需求。随着经济规模和城市规模的不断扩大,资源和环境的压力也越来越大。同时由于土地利用结构的变化和自然绿地的减少,土壤质量也面临着极大的挑战。

## 4 结论

经济的高速发展,离不开土地资源的可持续利用。分析结果表明,郑州市地处生态环境敏感带,生态环境易遭人类活动破坏,土地资源综合承载力较低。人口的激增,导致人口与生态环境矛盾加剧;采取的掠夺式开发利用追求经济的快速发展,造成土地综合承载力较低。参照 CLUE-S 模型模拟的未来土地利用需求,郑州市土地利用发展现状,不符合土地资源的可持续利用要求,不利于社会经济的快速稳定发展。因此为实现郑州市土地资源的可持续开发利用,应从以下几方面考虑:

(1) 合理调整土地利用结构,土地利用结构和土地综合承载力与环境承载力息息相关,因此应该合理

调整土地利用结构。首先,农用地结构调整以生态文明建设和耕地保护为前提,在保证耕地保有量的基础上,优化农业结构发展。其次,应该合理增加建设用地规模,一方面保证郑州市经济社会发展用地需求,另一方面应优化经济结构和经济发展方式,努力减少土地资源的浪费和闲置。

(2) 优化用地空间格局,根据土地综合承载力和土壤环境敏感性评价,优化郑州市各用地布局。首先依据郑州市自西向东“山地—丘陵—平原”的地貌特征,在环境敏感性较高的山区,因地制宜地发展园地和进一步增加林地的面积。在中部地区,依托郑州市辖区,依照“产业集聚、用地集约”的原则优化建设用地布局,提高土地资源利用率。在平原地区,则应科学合理调整基本农田布局。

(3) 提高社会环保意识,加强生态文明建设。在保证未来土地利用需求的基础上,对土地资源进行合理、适度开发。在郑州市大中原经济区发展战略执行过程中,应提高环境保护意识,积极采取植树造林、退耕还林草等措施防止水土流失。并加大生活和工业污染的治理力度,减少因污染造成的土地资源浪费。

本文亦存在一些值得改进的问题。其一,影响因子的选取问题:文中只选取了 11 个影响因子,尽管得到了较理想的模拟精度,但如能获得更精确,更全面的数据,模拟精度将更高;其二,如何将土地综合承载力和环境敏感性分析融入到 CLUE-S 模型的情景分析模块中,以更好地模拟研究区未来土地利用变化的空间分布,而不是简单地进行对比分析应成为后续研究的重点。

### 参考文献:

- [1] Carter M R. Soil quality for sustainable land management[J]. *Agronomy Journal*, 2002, 94(1): 38-47.
- [2] 王秀茹,韩兴,朱国平,等. 关于土地开发整理与生态环境问题的分析[J]. *水土保持研究*, 2004, 11(3): 151-153.
- [3] 王红瑞,张文新,董艳艳,等. 区域土地利用规划环境影响评价(I): 理论篇[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(6): 203-209.
- [4] 鄢然,雷国平,孙丽娜,等. 基于灰色关联法的哈尔滨市土地可持续利用评价研究[J]. *水土保持研究*, 2012, 19(1): 154-158.
- [5] 袁磊,雷国平,张小虎. 基于循环经济理念的黑龙江土地可持续利用评价[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(1): 127-133.
- [6] 王书华,曹静. 土地综合承载力评价指标体系的构建及应用[J]. *河北师范大学学报: 自然科学版*, 2001, 25(1): 129-133.

功能的水库改为以生活供水或工业供水为主,使得原本存在供水缺口的农业用水无法得以保证。再者,大规模的资源开发不仅给国民经济各用水部门之间造成很多矛盾,而且产生巨大的生态环境压力。

在未来的研究中,为进一步缓解榆林市这个重度缺水、其产业布局又以煤化工、盐化工、煤电等高耗水行业为主的地区在未来水资源的人口超载情况下的恶性发展问题,应将水资源的产业承载力、生态承载力纳入研究中,会使得研究结果更加精确;此外,也可从产业经济和生态环境的角度,以人口中心迁移和空间布局为重点,侧面解决人水压力,从而提高水资源承载力的潜力,为打造能源化工基地水资源保障体系提供科学依据。

#### 参考文献:

[1] 《中国 21 世纪议程》编制小组. 中国 21 世纪议程. 中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书[M]. 北京:中国环境科学出版社,1994:20-38.

[2] 榆林市榆阳区水政水资源管理办公室. 榆林市水资源年报[R]. 陕西榆林,2004.

[3] 榆林市榆阳区发展计划委员会. 榆林市榆阳区国民经济和社会发展第十一个五年规划汇编[Z]. 陕西榆林:文化出版社,2006.

[4] 陕西省榆林市榆阳区地方志. 榆阳年鉴[Z]. 榆林市统计

局,2001—2005.

[5] 王浩,陈敏建,秦大庸. 西北地区水资源合理配置和承载能力研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003.

[6] 汪党献,王浩,马静. 中国区域发展的水资源支撑能力[J]. 水利学报,2000,21(11):21-26.

[7] 高晓璐,陈田,樊杰. 汶川地震灾后重建地区的人口容量分析[J]. 地理学报,2012,65(2):164-176.

[8] 张威,郭善莉,穆克华,等. 资源环境因素对城市建设用地增长的影响[J]. 水土保持研究,2006,13(6):255-259.

[9] 李丽娟. 柴达木盆地水资源承载力研究[J]. 环境科学,2000,23(2):20-23.

[10] 夏军,朱一中. 水资源安全的度量:水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报,2002,17(3):262-269.

[11] 惠洪河. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报,2001,12(2):85-89.

[12] 赵建世,王忠静,秦韬,等. 双要素水资源承载能力计算模型及其应用[J]. 水力发电学报,2009,28(3):176-180.

[13] 杨银峰,石培基. 甘肃省城市可持续发展系统协调发展评价研究[J]. 经济地理,2011,31(3):66-71.

[14] 徐学选,蒋定生,高鹏. 延安生态农业建设中的水问题初步分析[J]. 水土保持研究,2000,7(2):70-72,123.

[15] Falkenmark M. Water scarcity and population growth: A spiraling risk [J]. Ecodecision,1992,21(9):498-502.

(上接第 89 页)

[7] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J]. 生态学报,2000,20(1):9-12.

[8] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. Science,2005,309(5734):570-574.

[9] 吴桂平,曾永年,冯学智,等. CLUE-S 模型的改进与土地利用变化动态模拟:以张家界市永定区为例[J]. 地理研究,2010,29(3):460-470.

[10] 国家发展和改革委员会. 中原经济区规划[N]. 河南日报,2012-12(3).

[11] Verburg P H, Veldkamp A, Fresco L O. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China[J]. Applied Geography,1999,19(3):211-233.

[12] 郭延凤,于秀波,姜鲁光,等. 基于 CLUE 模型的 2030 年江西省土地利用变化情景分析[J]. 地理研究,2012,31(6):1016-1028.

[13] Verburg P H, Schot P P, Dijst M J, et al. Land use change modelling: current practice and research priorities[J]. GeoJournal,2004,61(4):309-324.

[14] 王丽艳,张学儒,张华,等. CLUE-S 模型原理与结构及其应用进展[J]. 地理与地理信息科学,2010,26(3):73-77.

[15] Carvalho-Ribeiro S M, Lovett A, O'Riordan T. Multi-functional forest management in Northern Portugal: Moving from scenarios to governance for sustainable development[J]. Land Use Policy,2010,27(4):1111-1122.

[16] 马爱慧,李默,李晓东. 基于 AHP 的新疆土地利用综合承载力研究[J]. 云南地理环境研究,2007,19(3):114-118.

[17] Pontius S J, Laura C S. Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001,85(1/2/3):239-248.

[18] 周锐,苏海龙,王新军,等. CLUE-S 模型对村镇土地利用变化的模拟与精度评价[J]. 长江流域资源与环境,2012(2):174-180.

[19] pontius J. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2000, 66(8):1011-1016.

[20] 艾乔. 基于 GIS 的风景区生态敏感性分析评价研究[D]. 重庆:西南大学,2007.