基于土地生态环境质量的建设用地空间管制分区评价

徐 理，周 勇，许倍慎

（华中师范大学 城市与环境科学学院，湖北 武汉 430079）

摘 要：从土地生态风险和生态系统服务价值两方面构建了土地生态环境质量的综合评价方法，并以湖北省潜江市为例，利用土地生态质量评价结果对新一轮土地利用总体规划（2006—2020 年）的建设用地管制分区进行评价。结果表明：（1）研究区西南部的生态风险整体较高，建设用地和湖泊水面的生态风险性较大。（2）生态系统服务价值较低，低生态系统服务价值区域占 52.24%。（3）土地生态环境质量比较均衡且具有显著的空间分布特征，其中低价值中风险土地类型分布最广，主要分布于西南部返湾湖的外围区域。（4）建设用地管制分区与土地生态环境质量分布比较协调，能够达到控制建设用地空间扩展和保护生态环境的基本目的，但管制分区划分中存在以用地需求为导向和分区依据不足的问题。

关键词：土地生态环境质量；建设用地；空间管制分区

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2012)01-0222-05 **中图分类号**：F301.2

Evaluation of Spatial Control Division of Construction Lands Based on Land Eco-environmental Quality

XU Li, ZHOU Yong, XU Bei-shen

(*School of Urban and Environmental Sciences, Huazhong Normal University, Wuhan, Hubei* 430079, *China*)

Abstract: A comprehensive evaluation system for land eco-environmental quality is built based on land ecological risk and ecosystem service value. By taking Qianjiang City in Hubei Province as an example, the spatial control division of construction lands in the new general landuse planning(2006—2020) is evaluated according to the result from the evaluation of land eco-environment quality. Results show that high ecological risk occurs mainly in the southwest part of Qianjiang City and construction lands and lakes are faced with relatively high ecological risk. Ecosystem service value in the whole area is quite low and land with low ecological service value accounts for 52.24% of the whole city. Land eco-environmental quality of the study area is relatively uniform and has remarkable spatial distribution characteristics. The land with low ecosystem service value and medium ecological risk widely distributes around Fanwan Lake in the southwest. The spatial control division of construction lands coordinates well with land eco-environmental quality, which meets the needs in preventing the expansion of construction lands and protecting the ecological environment. However, there still exist such problems as land requirement-oriented supply and lack of classification evidences in the spatial control division.

Keywords: land eco-environmental quality; construction land; spatial control division

我国于 1998 年起开始实行土地用途管制制度，但土地用途管制主要局限在土地用途分类及其数量规模控制上，没有直接涉及土地的空间属性及其影响，因而在规范土地利用空间秩序，引导土地利用布局方面有较大局限[1]。因此，新一轮土地利用总体规划为加强对城乡建设用地的空间管制，规定应当在划定土地利用功能区的基础上，进行建设用地空间管制分区[2]。

土地生态环境质量的好坏从根本上反映了土地质量的高低，因此土地生态环境的质量状况能够引导管制分区的空间布局，并能反映建设用地管制分区布局的合理性。国内外学者主要利用 RS/GIS、综合指数法、P—S—R 模型、景观生态法等对土地生态环境进行评价[3-6]。目前，建设用地空间管制仅有定性的分区规则，没有正式出台相关的技术规程。

收稿日期：2011-03-12 **修回日期**：2011-05-24

资助项目：湖北省自然科学基金重点项目“区域可持续土壤养分精准管理机理、模型与决策支持系统”(2010CDA059)

作者简介：徐理(1988—)，女(汉族)，重庆市荣昌县人，硕士，主要从事土地利用与规划研究。E-mail：xu-guangjing@163.com。

通信作者：周勇(1964—)，男(汉族)，湖南省沅江市人，教授，博士生导师，主要从事 3S 与资源评价等研究。E-mail：yzhou@mail.ccnu.edu.cn。

本文从土地生态风险和生态系统服务价值两方面构建了土地生态环境质量的综合评价方法,并以湖北省潜江市为例对其土地生态质量进行了评价,然后将评价结果与潜江市新一轮土地利用总体规划(2006—2020 年)的建设用地空间管制分区进行耦合分析,评估其布局的合理性,旨在为土地利用总体规划中建设用地空间管制分区提供科学依据,促进区域人口、资源、环境与经济的协调发展。

1　研究区概况

潜江市位于长江和汉水之间,地理坐标 112°29′—113°01′E,30°05′—30°38′N,属湖北省中南部江汉平原腹地。受亚热带季风气候影响,光照充足,四季分明,雨水充沛。境内地势平坦,耕地比例最大,其次是林地、园地和湖泊河流,土地利用受人为因素影响明显。该市是湖北省重要的粮棉油生产基地,江汉平原上唯一的石油资源型城市。

2　研究方法

2.1　数据来源与处理

本文采用潜江市新一轮土地利用规划(2006—2020 年)的土地利用现状图和建设用地管制分区图,将全市土地类型归类合并后分为耕地、园地、林地、城镇建设用地、水域、未利用地 6 个一级分类。然后在 ArcGIS 9.2 中进行系统采样,将研究区划分为 418 个样方,每个样方的大小为 2.5 km×2.5 km。

2.2　土地生态环境质量评价方法

土地生态系统受人类活动和自然界诸多因素的影响,且不同区域的影响因素存在特定的差异,但土地生态质量的状况可以通过生态价值和景观形态得以表现。生态系统服务功能是生态系统与生态过程所形成及所维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用[7]。由于生态系统服务价值理论仅从生态系统的服务功能角度出发,探索生态系统内在的自然属性,无法反映土地生态系统受人类干扰面临的生态风险,因此本文将基于景观生态学的土地生态风险评估与生态系统服务价值评价相结合对区域土地生态环境质量进行评价。

2.2.1　土地生态风险评价　本文从生态风险的定义出发,将生态系统作为黑箱,根据土地利用/覆盖和区域系统外在表现出的生态景观特征,构建土地生态风险评价方法。选取耕地垦殖率、植被覆盖率等土地利用指数和多样性、优势度、破碎度等景观格局指数作为风险指标,将各项土地生态风险指数线性归一化后,加和得到综合风险指数[8-9]。其中土地利用指数反映土地生态系统的结构和变化情况,景观指数反映土地生态系统的景观格局变化。这两类指标从物理属性和景观尺度反映了土地利用变化对土地生态系统带来的风险。将各项土地生态景观指数线性归一化后,加和得到景观生态风险指数。生态风险指数(ERI)的计算公式如下:

$$ERI=1/5(K+C+H+D+FN_i)$$

$$K=F/L$$

$$C=(W+G)/L$$

$$H=-\sum_{i=1}^{n}P_i\log_2 P_i$$

$$D=H_{max}+\sum_{i=1}^{n}P_i\log_2 P_i$$

$$FN_i=\sum_{i=1}^{n}N_i/\sum_{i=1}^{n}A_i$$

式中:K——耕地垦殖率(%);F——耕地面积(hm^2);L——土地总面积(hm^2);C——植被覆盖率(%);W——林地面积(hm^2);G——园地面积(hm^2);H——景观多样性;P_i——第 i 种土地利用类型的面积比例(%);n——土地利用类型总数(类);D——景观优势度;$H_{max}=\ln N$;FN_i——景观破碎度;A_i——第 i 类土地类型面积(hm^2);N_i——第 i 类斑块个数(个)。

2.2.2　生态系统服务价值量化　生态系统的结构和功能的改变,对生态系统维持其服务功能起决定性作用,也就直接影响到生态系统的服务价值。生态系统服务功能包括气体调节、气候调节、水源涵养、废物处理、土壤形成与保护、生物多样性保护、食物生产、原材料生产、娱乐休闲等多项功能[10]。单位面积生态系统服务价值系数(ESVPA)的计算公式如下:

$$ESVPA=\sum A_kC_k/A_T$$

式中:ESVPA——生态系统服务价值系数(元/hm^2);A_k——单元面积内第 k 类土地类型的分布面积(hm^2);A_T——单元面积内所有土地类型的面积之和;C_k——第 k 类土地的生态系统服务价值系数(元/hm^2)。

2.2.3　土地生态环境质量分区　通过对每个样方分别计算生态风险指数和生态系统服务价值系数,并在综合考虑区域差异的基础上,将研究区土地划分为 9 个生态环境质量区(表 1)。

2.3　建设用地管制分区评价

按照建设用地管制分区的基本要求,生态服务价值越大且生态风险较高的土地类型,对于维护整个区域生态系统的贡献就越大,其保护的意义也更大,应将其列为禁止建设区和限制建设区;而对于生态服务价值较低且生态风险较低的区域则更适于作为满足城市未来空间扩展的优先选择,应将其列为允许建设区和有条件建设区。

表 1 土地生态环境质量分区划分标准

分区类型	生态系统服务价值系数	生态风险指数
V_1R_1	0<ESVPA≤1.0	0<R≤0.4
V_1R_2	0<ESVPA≤1.0	0.4<R≤0.47
V_1R_3	0<ESVPA≤1.0	R>0.47
V_2R_1	1.0<ESVPA≤1.5	0<R≤0.4
V_2R_2	1.0<ESVPA≤1.5	0.4<R≤0.47
V_2R_3	1.0<ESVPA≤1.5	R>0.47
V_3R_1	ESVPA>1.5	0<R≤0.4
V_3R_2	ESVPA>1.5	0.4<R≤0.47
V_3R_3	ESVPA>1.5	R>0.47

注：V_1R_1 为低价值低风险；V_1R_2 为低价值中风险；V_1R_3 为低价值高风险；V_2R_1 为中价值低风险；V_2R_2 为中价值中风险；V_2R_3 为中价值高风险；V_3R_1 为高价值低风险；V_3R_2 为高价值中风险；V_3R_3 为高价值高风险。下同。

利用所得的土地生态环境质量分区结果，在 ArcGIS 9.2 中用 Identity 模块将土地利用规划的建设用地管制分区图与土地生态环境质量分区图叠加，分析和评价建设用地管制分区与土地生态环境质量分布的协调性。

3 结果分析

运用 ArcGIS 9.2 对各样方分别计算生态风险指数（图 1）；根据生态系统服务价值量化公式计算各样方的生态系统服务价值系数（图 2），两者叠加得到土地生态环境质量分区结果（表 2）。

3.1 土地生态风险分析

潜江市耕地垦殖率普遍较高，各样方的平均值为 70.04%，全市仅有少量的有林地和园地分布，植被覆盖指数较低。各样方的植被覆盖指数平均值为 4.12%，指数较高的样方主要分布在东荆河沿岸和潜江市北部的高石碑、王场和周矶农场地区。景观多样性指数值的范围集中在 0.5～1.5，说明景观的异质性较低。汉江与东荆河交汇处以及西南部以返湾湖为中心的地区大小湖泊、湿地星罗棋布，景观结构较为复杂，多样性指数偏高。景观优势度指数的范围在 1.063～6.326，平均值为 4.259，反映出潜江市境内少数景观类型占主导地位，各景观类型的比例差异较大。其中北部的耕地和城镇用地比例较高，是主要的用地类型，导致北部的优势度指数明显高于南部。景观破碎度指数的空间差异明显，东北部因人口密集，干扰强烈，致使全市土地细碎化以园林办事处为核心向外逐渐降低。

综合各项生态风险因子得到全市的综合生态风险结果（图 1）。空间分布上，西南部的生态风险整体较高，其中以返湾湖为高风险核心。生态风险中等区域位于东荆河两侧的平原农业区，而低等风险区集中在东荆河周围。地类分布上，城市建设用地和湖泊水面的生态风险性较大，在土地利用中应当注意适当的生态保护。



图 1 土地生态风险评价结果

3.2 生态系统服务价值分析

空间分布上（图 2），潜江市土地生态系统服务价值系数呈现出以西南为核心的“高值—低值”扩散形态，即以市域中部后湖管理区、龙湾镇、浩口镇的相接地带为高值核心逐步向外扩展降低。另外，潜江市北部沿汉江流域形成一个规模较小的高值区。数量分布上，低等生态价值区分布最广，面积 104 135.62 hm^2，占 52.24%；中等生态价值区域次之，面积为 64 729.57 hm^2，占 32.47%；高生态价值区域面积最少，为 30 646.32 hm^2，占 15.28%。



图 2 生态系统服务价值空间分布

3.3 土地生态环境质量分区

本研究根据土地生态风险性及生态服务价值系数的评估结果，综合得到潜江市的土地生态环境质量

(表 2)。结果表明,全市土地生态环境质量比较均衡且具有显著的空间分布特征,其中低价值中风险区分布最广,面积 7 1716.03 hm^2,比例为 35.98%,主要分布于以西南部返湾湖为中心的外围区域,即西北部的运粮湖、高石碑和王场,东北部的竹根滩以及东南部的老新镇和渔阳镇等。其次是中价值中风险区和中价值低风险区,占地比例分别为 15.08% 和 12.88%,主要分布于中西部的浩口镇、后湖管理区和周矶办事处以及东部的总口镇。然后是高价值高风险区,比例为9.22%,主要分布于龙湾镇与浩口镇相接地带的返湾湖水域,西大垸的白露湖。之后是低价值高风险区,占地比例为 9.06%,主要分布于中心城区园林办事处的城镇区,西南部的张金镇和西大垸。其他的生态用地类型零星地分布于市内。

3.4　建设用地管制分区分析

根据县级土地利用规划编制规程,为节约集约用地及保护耕地和环境,建设用地管制分区分为允许建设区、有条件建设区、限制建设区和禁止建设区 4 个区域[2]。通过将潜江市建设用地管制分区图与土地生态环境质量分区图叠加,得到各管制分区的土地生态环境质量分布结果。

根据表 2 的分析结果,允许建设区主要分布于各建成区内的低价值中风险区和低价值高风险区,可见新一轮规划的城乡建设项目主要是在存量用地的基础上继续开发利用。这有利于推进存量建设用地的潜力发挥,但前期的土地利用造成允许建设区的生态风险性较高,因此后续的开发利用中必须注意生态环境的保护。

有条件建设区作为建成区的扩展弹性区,占地面积较小,为 8 906.89 hm^2。有条件建设区是城乡建设用地规模边界之外,扩展边界之内的区域,因此其分布与允许建设区比较集中,也主要分布于低价值中风险区和低价值高风险区,此外中价值低风险区、中价值中风险区、低价值低风险区也有一定分布。

表 2　建设用地管制分区评价结果

分区	允许建设区		有条件建设区		限制建设区		禁止建设区	
类型	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%
V_1R_1	2 171.42	8.50	920.30	10.33	10 824.20	7.43	441.38	2.29
V_1R_2	9 844.26	38.51	3 746.18	42.06	56 401.10	38.74	1 724.49	8.95
V_1R_3	4 190.01	16.39	909.57	10.21	12 427.10	8.54	535.61	2.78
V_2R_1	3 599.43	14.08	1 097.90	12.33	18 948.40	13.01	2 036.04	10.57
V_2R_2	2 914.32	11.40	1 016.01	11.41	23 184.88	15.92	2 945.25	15.28
V_2R_3	839.39	3.28	386.59	4.34	6 545.76	4.50	1 215.60	6.31
V_3R_1	706.09	2.76	54.26	0.61	2 439.85	1.68	669.15	3.47
V_3R_2	577.85	2.26	196.95	2.21	5 790.33	3.98	1 645.69	8.54
V_3R_3	718.32	2.81	579.13	6.50	9 029.48	6.20	8 057.22	41.81
合计	25 561.09	100.00	8 906.89	100.00	145 591.10	100.00	19 270.44	100.00

限制建设区的主导用途为农业生产空间,是开展土地整治和基本农田建设的主要区域。其占地面积较大,为 145 591.10 hm^2,主要分布于扩展边界之外的低价值中风险区、中价值低风险区和中价值中风险区。潜江市的土地生态环境质量比较均衡,主要以中低等生态服务价值和中低等生态风险环境质量为主,因此限制建设区也主要分布于这 3 类生态区域内,这对于落实耕地保护责任和促进农业现代化有重要意义。

禁止建设区的土地利用目标是改善土地生态环境和促进土地资源的可持续利用。潜江市新一轮土地规划的禁止建设区主要分布于汉江流域、东荆河、返湾湖、白露湖等水源保护区。这些地区正是高价值高风险区的集中区域,有利于对生态资源的保护。

综合看出,潜江市的建设用地管制分区的划分比较符合控制建设用地空间扩展和保护生态环境的原则,但是仍然反映出规划过程中分区依据不明确的问题。潜江市市内地势平坦,水源充足,全市土地生态环境以低价值中风险区为主,因此允许建设区、有条件建设区应当尽量布局在中低等生态价值及中低等生态风险区域,避免占用高价值高风险土地类型,而禁止建设区则应当严格禁止与主导功能不相符的建设活动。根据表 2 中的评价结果,各类管制分区在各类土地生态环境质量分区中均有一定分布,可见,新一轮规划中的建设用地空间管制主要着重于用地指标的控制上,而在分区引导控制中缺乏与土地生态环境的适应性依据,说明在土地利用规划中仍然存在以用地需求为导向或建设用地空间管制依据不明确的现象。

4 结 论

本文从土地生态服务价值功能和生态风险性出发对潜江市土地生态环境质量进行了评价及分区，避免了单因子评价对土地利用的生态环境影响的认识误差。结果表明，研究区西南部的生态风险整体较高，建设用地和湖泊水面的生态风险性较大。生态系统服务价值较低，其中低生态价值区域分布最广，占地 52.24%，其次是中等生态价值区域，占地 32.47%。土地生态环境质量比较均衡且具有显著的空间分布特征，其中低价值中风险土地类型最多，主要分布于以西南部返湾湖为中心的外围区域。其后依次是中价值中风险区、中价值低风险区、高价值高风险区和低价值高风险区。

通过将土地生态环境质量分区图与建设用地管制分区耦合分析发现，各建设用地管制分区的布局与土地生态环境质量现状比较协调，能够达到控制建设用地空间扩展和保护生态环境的基本目的，但存在以用地需求为导向和建设用地空间管制依据不足的问题。

建设用地空间管制分区作为新一轮土地利用总体规划中引导土地可持续利用的重要手段之一，目前相关的分区划定和空间管制还处于不断探索之中。本文从空间管制的基本目的出发，根据土地生态环境质量对建设用地布局的合理性进行了评价，研究表明土地生态环境质量能够为建设用地空间管制分区提供理论依据，并促进区域社会经济与资源环境的协调发展。

[参 考 文 献]

[1] 刘康. 为什么要建立“城乡建设用地空间管制制度”[N]. 北京：中国国土资源报，2008-11-28(第 1 版).

[2] 中华人民共和国国土资源部. 市(地)级土地利用总体规划编制规程(TD/D1023—2010)[S]. 北京：中国标准出版社，2010.

[3] 徐明德，李静，彭静，等. 基于 RS 和 GIS 的生态系统健康评价[J]. 生态环境学报，2010，19(8)：1809-1814.

[4] 王瑞燕，赵庚星，周伟，等. 县域生态环境脆弱性评价及其动态分析：以黄河三角洲垦利县为例[J]. 生态学报，2009，29(7)：3790-3799.

[5] 尹海伟，徐建刚，陈昌勇，等. 基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析[J]. 地理科学，2006，26(1)：64-69.

[6] 谢花林. 基于景观结构和空间统计学的区域生态风险分析[J]. 生态学报，2008，28(10)：5020-5026.

[7] Daily G C. Natures services：societal dependence on natural ecosystems [M]. Washington D C：Island Press，1997：1-10.

[8] 曾勇. 区域生态风险评价：以呼和浩特市区为例[J]. 生态学报，2010，30(3)：668-673.

[9] 刘勇，张红，尹京苑. 基于土地利用变化的太原市土地生态风险研究[J]. 中国土地科学，2009，23(1)：52-55.

[10] 谢高地，鲁春霞，冷允法，等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报，2003，18(2)：189-196.

(上接第 9 页)

[6] 尹国康，陈钦峦. 黄土高原小流域特性指标与产沙统计模式[J]. 地理学报，1989，44(1)：32-46.

[7] 陈劭锋，刘全友，陆中臣，等. 黄土高原多沙粗沙区侵蚀产沙的多维临界[J]. 生态学报，2007，27(8)：3277-3285.

[8] 陈浩，陆中臣，李忠艳，等. 流域产沙中的地理环境要素临界[J]. 中国科学：D 辑，2003，33(10)：1005-1012.

[9] 方开泰. 实用多元统计分析(上)[M]. 上海：华东师范大学出版社，1989：142-175.

[10] 王协康，方铎. 土壤侵蚀产沙量的人工神经网络模拟[J]. 成都理工学院学报，2000，27(2)：197-201.

[11] 王协康，方铎. 坡面产流模式的神经网络模拟[J]. 水动力学研究与进展：A 辑，2004，19(2)：202-206.

[12] 彭清娥，曹叔尤，刘兴年，等. 坡面产沙 BP 神经网络模型研究[J]. 水土保持学报，2002，16(3)：79-82.

[13] 张婷，汤国安，王春，等. 黄土丘陵沟壑区地形定量因子的关联性分析[J]. 地理科学，2005，25(4)：468-472.

[14] 周开利，康耀红. 神经网络模型及其 MATLAB 仿真程序设计[M]. 北京：清华大学出版社，2004：69-90.

[15] 袁曾任. 人工神经网络及其应用[M]. 北京：清华大学出版社，1999：127-143.

[16] 闻新，周露，王丹力，等. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京：科学出版社，2002：207-232.

[17] 李曦. 神经网络信息传输函数 Sigmoid 与 tanh 比较论证[J]. 武汉理工大学学报：交通科学与工程版，2004，28(2)：312-314.

[18] 汤国安，刘学军，闾国年. 数字高程模型及地学分析的原理与方法[M]. 北京：科学出版社，2005：355-357.

[19] 周毅. 基于 DEM 的黄土正负地形特征研究[D]. 南京：南京师范大学，2005：50-51.

[20] 张文鸽，吴泽宁，逯洪波. BP 神经网络的改进及其应用[J]. 河南科学，2003，21(2)：202-206.