

城市土地的生态适宜性评价方法

——以江西萍乡市为例

梁 涛¹, 蔡春霞^{1,2}, 刘 民³, 彭小雷⁴

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 中日友好环境保护中心, 北京 100029;
3 江西省萍乡市规划勘察设计院, 萍乡 337000; 4 中国城市规划设计研究院, 北京 100044)

摘要: 基于 ArcGIS 8.3 空间数据分析和可视化功能, 提出了一种实用的城市土地生态适宜性评价方法, 并以江西省萍乡市总体规划区土地生态适宜性评价为例, 探讨了此方法的实际应用。该方法首先选择城市的主要土地利用类型, 然后建立土地生态适宜性评价因子体系, 并对各种用地类型进行单因子生态适宜度评价, 再通过层次分析法确定评价因子权重, 并运用 GIS 技术将单因子适宜度图层加权叠加, 最后生成综合的城市用地生态适宜度分布图, 从而从空间上相对准确地表征了不同类型土地的生态适宜度。

关键词: 城市土地; 生态适宜性评价; 方法; 萍乡

文章编号: 1000-0585(2007)04-0782-08

土地生态适宜性评价是城市生态规划的核心问题^[1], 也是城市总体规划制定的基础依据。土地生态适宜性评价的理论基础是景观生态学, 其理论方法强调生态的合理性, 是一种对复杂系统的多变量分析^[2]。简单地说, 从生态保护和土地可持续利用的角度对不同土地利用方式的适宜度进行定量分析, 即是对土地的生态适宜性评价。

国外许多学者在规划环境影响评价方面开展了大量研究工作, 并已广泛结合地理信息系统手段^[3,4]。综合考虑生态和环境要素的土地可持续利用分析仍是目前城市规划和土地利用规划研究的热点和难点^[5,6]。近些年来国内在城市土地生态适宜性评价研究中提出了很多方法, 例如模糊数学综合评价^[7]、生态综合评价法^[8]、地图重叠法^[9]、因子加权评分法^[10]、生态因子组合法^[11]等, 但都未能很好地解决评价精度与方法可操作性之间的矛盾。为此, 本研究尝试提出一种新的城市土地生态适宜性评价方法, 并以江西省萍乡市总体规划范围(以下简称“规划区”)的土地生态适宜性评价为例, 探讨这种方法的实际运用。

1 评价方法

本文所提出的生态适宜性评价方法是在确定评价对象的基础上, 结合城市生态和环境特征提出评价因子体系, 再运用层次分析法确定评价因子的权重值, 通过 ArcGIS8.3 的缓冲区处理、网格分析、数据统计、叠加等功能对城市土地的生态适宜性进行评价, 具体步骤如下。

收稿日期: 2006-08-20; 修订日期: 2007-01-29

作者简介: 梁涛(1970-), 男, 辽宁沈阳人, 博士, 研究员, 博士生导师。主要从事环境生物地球化学、环境地理学研究, 已在国内外学术期刊发表论文 70 余篇。

1.1 确定城市主要土地利用类型

土地生态适宜性评价是对土地特定用途的适宜性评价,能否准确、全面地把握评价区内主要土地利用类型决定了土地生态适宜性评价结果的科学性和完整性。为此,可以通过分析城市土地利用现状图,把握城市主要生态环境问题,兼顾城市经济发展现状以及城市用地发展政策,来确定评价对象,提出研究区内的主要土地利用类型。

1.2 建立评价体系

评价体系的建立包括两方面内容:一是评价因子的选择;二是评价标准的确定。评价因子的选择应遵循以下原则:

(1) 系统性原则:城市生态系统是一个自然、经济、社会复合的生态系统,城市用地由诸多要素组成,进行城市用地生态适宜性评价应综合考虑自然因子、经济因子和社会因子;

(2) 主导因素原则:选取因子不宜过多,要是最能直接影响城市各用地类型因子,突出主导因素对土地生态环境异化的影响;

(3) 因地制宜原则:由于城市土地生态环境具有地域差异性,选取因子应充分考虑城市的实际情况和城市土地利用政策,做到因地制宜;

(4) 可操作性原则:评价因子的数据在现实中应该是可获取的,保证评价方法具有可操作性。

评价标准是根据生态学中的生态幅原理提出。原理认为,生物的生长在生态因子的某个域值范围内是最适宜的,超过这个范围,生态因子就会成为制约生物生长的限制性因子。城市生态系统是否处于最佳适宜的生态因子范围内,对于城市的发展至关重要。

1.3 评价因子权重值的确定

土地生态适宜度的分布状况并不是在单因子作用下简单地加和。各评价指标、因素之间存在着错综复杂的、相互联系又相互制约的关系,对于生态适宜度作用的重要性也不一样,因此需要考虑各因子的权重。权重值把握准确与否决定了评价结果的科学性,是土地生态适宜性评价的一个难点。对此,本研究采用层次分析法(AHP)来确定各评价因子权重值^[17]。具体步骤为:首先建立层次结构模型,然后构造土地生态适宜度两两判断矩阵,求得判断矩阵的特征向量和特征值,再计算各评价因子的权重,最后通过一致性检验来判断所确定的权重值是否接近客观实际。通过该种判断,能够在一定程度上缓解传统的专家打分法确定权重值的主观性。

1.4 单一用地类型的生态适宜性评价

进行单一用地类型的生态适宜性评价时运用了 ArcGIS 8.3 技术平台。首先将各生态因子的统计数据用评价标准进行定量化处理,确定评价因子适宜度属性值;再将各专题地图,如城市地形图、城市行政边界图、城市土壤类型图、城市水系分布图等输入计算机,经配准后使其成为具有地理坐标的底图;然后将底图进行数字化,并将评价因子适宜度属性值输入底图属性数据库,生成矢量格式的适宜性评价底图;最后将适宜性评价底图经过缓冲区处理、栅格化处理生成栅格格式的单因子适宜度分布图。通常将单因子适宜程度分为 3 个等级,分别赋值为 5、3、1,值为 5 的区域为生态最适宜区,3 为一般适宜区,1 为最不适宜区。

1.5 综合用地生态适宜度评价

运用 GIS 软件的叠加分析功能,将影响各用地类型适宜度分布的单因子适宜度图层

进行加权叠加, 生成各用地类型的综合生态适宜度图。进行综合适宜度分析时应遵循以下原则:

- (1) 某土地单元的土地利用适宜性为单项适宜性分析中的最适宜土地利用类型;
- (2) 当各土地利用类型发生冲突时, 按照区域土地开发的优先等级确定冲突区域的土地利用类型。

在技术上, 开发优先度通过对各用地类型适宜度分布图赋予不同的权重值实现。权重值的计算方法采用层次分析法, 如前文 1.3 节所述。此外, 作为自然保护区、水源保护区、文物保护单位、公园、政府机关、学校、医院等具有重要生态地位的区域不作适宜度评价, 而作为重点保护区域单独标记^[8]。此方法的总体技术路线如图 1 所示。

2 实例分析

将以上提出的城市土地生态适宜度评价方法应用到江西省萍乡市 2004~ 2020 年总体规划区的土地生态适宜性评价中, 进行方法的实例论证。

萍乡市位于江西省西部, 地处东经 113°35′~ 114°17′, 北纬 27°20′~ 28°00′ 之间。境内以丘陵地貌为主, 山地、丘陵和盆地错综分布, 地貌较为复杂。气候属亚热带季风气候, 四季分明、气候温和、雨量充沛、光照充足。区内分布最广的地带性土壤为红壤。主要河流有萍水、栗水、草水、袁水和莲水。境内主要发生的自然灾害为伏旱、秋旱、少数年份出现过春旱。地质灾害有泥石流、滑坡、地陷等。

2.1 规划区的主要用地类型

根据规划内容, 确定居住用地、工业用地、林业用地、农业用地为生态适宜性评价的用地类型。在此, 居住用地指纯居住用地及居住配套设施用地; 工业用地指纯工业用地及配套设施用地; 林业用地指纯林业用地、城市绿化带及组团间的绿化隔离带等绿地系统用地; 农业用地指纯粹意义的供给粮食、蔬菜等农产品的用地。

2.2 规划区用地生态适宜性评价体系

选取的规划区土地生态适宜性评价因子如表 1 所示。

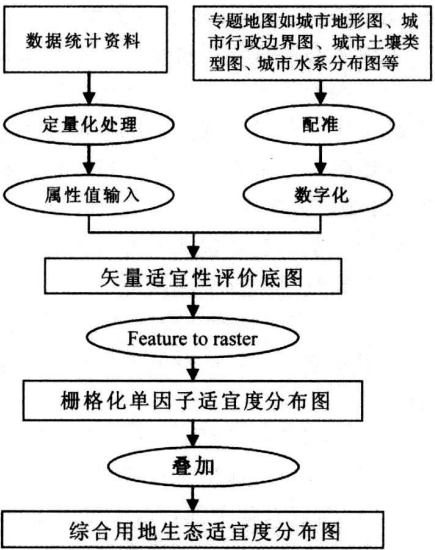


图 1 城市用地生态适宜性评价技术路线
Fig 1 Technical routine of ecological suitability assessment of urban landuse

表 1 规划区土地生态适宜性评价因子

Tab 1 Factors of ecological suitability of assessment on planning area

用地类型	评价因子
居住用地	区域生态敏感度、大气环境敏感度、交通、文教医疗设施网点分布、城市绿地广场
工业用地	坡度、高程、区域生态敏感度、大气环境影响度、人工自然特征
农业用地	土壤条件、植被状况、高程、坡度、土地利用现状
林业用地	高程、坡度、土壤条件、土地利用现状

从表 1 看出，包括的评价因子主要有：坡度、高程、交通、城市绿地广场、文教医疗设施网点分布、大气环境敏感度、土壤条件、区域生态敏感度、人工自然特征、植被状况、土地利用现状等 11 个因子，各因子的评价标准在表 2 中描述。对评价因子的选择，原则上应尽可能全面的反映对各类用地生态适应性的影响因素，但在实际的操作中，有些具体因素常常会受到数据可获取性的限制。

表 2 规划区土地生态适宜性评价因子量化标准^[2 8 10, 12- 16]

Tab 2 Standard of factors of ecological suitability assessment on planning area

用地类型	评价因子		评价因子描述	因子量化描述		
	一级指标	二级指标		适宜	比较适宜	不适宜
				适宜度值= 5	适宜度值= 3	适宜度值= 1
居住用地	自然生态因子	生态敏感性	生态敏感区的分布状况	生态不敏感区	生态弱敏感区	生态敏感区
	环境质量因子	大气环境敏感度	到工业区的距离	> 500m	100m~ 500m	< 100m
	居住协调性因子	交通	到交通点及道路的距离	100m~ 500m	500m~ 1500m	> 1500m& < 100m
		文教、医疗	到文教医疗设施的距离	< 1000m	1000~ 2000m	> 2000m
	绿地景观	绿地、广场	到城市绿地、广场距离	< 500m	500m~ 1500m	> 1500m
林业用地	自然生态环境因子	坡度	单元的坡度值	0~ 15 度	15~ 25 度	> 25 度
		高程	单元的高程值	< 500m	500~ 800m	> 800m
		土壤质地和土壤成分综合因子	土壤中各种粒径的组合含量。土壤质地越粗, 适宜性越差。土壤养分含量越低, 适宜性越差	灰棕红黄石灰土 白膏泥土, 棕壤 淡红砂壤	淡红色粘土砂壤土	偏酸性红壤、红壤
	用地现状	土地利用现状图	现状林地应作为林业用地适宜区加以保护	成片分布的林地	较为分散的林地	细碎分布的林地
工业用地	自然生态环境因子	坡度	地块的坡度值	0~ 2 度	2~ 16 度	> 16 度
		高程	单元的高程值	< 50m	50m~ 100m	> 100m
		生态敏感性	充分考虑对区域内生态敏感区的保护	生态不敏感区	生态弱敏感区	生态敏感区
	环境协调性因子	大气环境影响度	工业用地对周围大气环境影响程度	评价点为一类工业, 下风向为工业或农业用地; 评价点为二类工业, 下风向为工业用地	评价点为一类工业, 下风向为居住、商业用地; 评价点二类工业, 下风向为农田地	评价点为二类工业, 下风向为居住、商业用地
		人工与自然特征	到文物保护单位、医疗文教区、风景旅游区、行政和居民区等敏感区的距离	> 2000m	1000~ 2000m	< 1000m
农业用地	自然生态环境因子	坡度	单元坡度值	< 6 度	6~ 15 度	> 15 度
		高程	单元高程值	< 150m	150~ 250m	> 250m
		土壤质地和土壤成分综合因子	土壤中各种粒径的组合含量。土壤质地越粗, 适宜性越差。土壤养分含量越低, 适宜性越差	灰棕红黄石灰土 白膏泥土, 棕壤 淡红砂壤	淡红色粘土砂壤土	偏酸性红壤、红壤
		植被状况	植被状况在一定程度上反映了地块的生产能力	较好	一般	较差
	土地利用现状	土地利用现状分布状况	根据区域土地利用现状图中农田的分布状况	成片分布的农田	较为分散的农田	细碎分布的农田

2 3 规划区评价因子权重值的确定

通过对规划区自然环境背景以及各用地现状的分析，确定规划区内的层次分析模型结构，然后建立两两判断矩阵，计算得出各因子权重值（表 3），如果 $C.R < 0.1$ ，则通过一致性检验，所求得单因子权重值合理。

表 3 规划区生态适宜性度评价因子权重值*

Tab 3 Weight of individual factor of ecological suitability assessment on planning area						
土地生态适宜性 评价类型	评价因子	因子权重值	C I	R I	C R = C I / R I	是否通过 一致性检验
居住用地生态 适宜性评价	生态敏感性	0.03				
	大气环境敏感度	0.51				
	交通	0.26	0.07	1.12	0.06	✓
	文教医疗	0.13				
	绿地、广场	0.06				
林业用地生态 适宜性评价	坡度	0.26				
	高程	0.64	0.02	0.58	0.03	✓
	土壤因子	0.10				
	土地利用现状图	—				
工业用地生态 适宜性评价	坡度	0.26				
	高程	0.04				
	生态敏感性	0.13	0.08	1.12	0.07	✓
	大气环境影响度	0.06				
	人工与自然特征	0.51				
农业用地生态 适宜性评价	坡度	0.56				
	高程	0.12				
	土壤质地	0.26	0.04	0.90	0.04	✓
	植被状况	0.06				
	土地利用现状图	—				

* C I 和 R I 的计算方法参见文献 [17]

2 4 规划区单一用地类型的生态适宜度分析

运用上文的方法，基于 ArcGIS 8.3 技术平台，获得四种主要用地类型的生态适宜度分布图（图版 3，图 2）。

2 5 规划区综合用地生态适宜度评价

首先需要确定的是不同用地类型的评价权重。由于此方法突出对规划区生态环境的保护，为此将规划区用地类型的开发优先度确定为林业用地> 农业用地> 居住用地> 工业用地。采用层次分析法确定各用地类型生态适宜度图层的权重值，具体步骤参见 1.3。将各类用地生态适宜度分布图进行加权叠加得出规划区用地综合生态适宜度分布图。各用地类型权重值如表 4 所示。

表 4 规划区各用地类型叠加重值

Tab 4 Weight of landuse factor of ecological suitability assessment on planning area					
用地类型	林业用地	农业用地	居住用地	工业用地	C R
权重值	0.56	0.26	0.12	0.06	0.04

对各用地生态适宜度图层赋予不同的权重值来体现不同的开发优先度。将各类用地生态适宜度分布图层进行加权叠加得出规划区用地综合生态适宜度分布图（图版 3，图 3）。

林业用地最适宜分布的区域主要在规划区东北部,即规划区的上风向区域,道路、河流两侧。农业用地最适宜分布的区域主要在现状土壤条件较好,坡度 $< 15^\circ$,现状土地生产力较高的区域,城市的扩张不能盲目地以牺牲农业用地为代价,要保证城市发展的后备力量。居住用地最适宜分布的区域主要在远离现状工业用地下风向分布的区域,交通道路两侧 500~1500m 缓冲区内,以及距离学校医院较近的区域。工业用地的分布较为零碎。

3 讨论

本研究所提出的评价方法在思路与传统的评价方法有所不同。传统的生态适宜性评价方法是按照“自下而上”的思路:将评价区域划分为若干评价单元,对各个单元生态登记,进行单元评价,得出区域用地综合生态适宜度分布图。本文所提方法的思路是“自上而下”,即首先生成单因子生态适宜度分布图,再利用 ArcGIS8.3 中的“feature to raster”功能,将矢量单因子图层转化为栅格图,最后利用“raster calculator”功能,对单因子栅格图进行叠加分析,得出综合用地生态适宜度分布图。相比之下,本方法极大减少了评价者主观的判断和工作量,并提高了评价的合理性。

但此方法在实际应用中,仍有一些问题需要注意。首先,数据资料的获取是本方法应用的制约因素,一些重要的评价因子数据将在很大程度上影响评价结果的科学性;其次,由于目前城市生态规划研究领域缺乏一套统一的生态环境因子评价标准,因此对不同区域进行生态适宜性评价时不易规范;再次,确定评价因子权重所采用的层次分析法具有一定的局限性,因为判断矩阵的数值是根据数据资料、专家意见和作者的认识加以平衡得出的,受主观认识影响较大。可见,建立一套科学、可行、易用的城市土地生态适宜性评价方法仍有很多工作需要去做。

另外,通过该方法得到的综合评价图,其基础数据的真实性越高,所表现出的适应性斑块将越零碎。出于评价目的的考虑,为了更好地为规划编制部门提供参考,对于生态适宜性评价的最终展示成果图,在斑块的整合方面,还有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 黄光宇,陈勇.生态城市理论与规划设计方法.北京:科学出版社,2003 71~73
- [2] 敬松.大城市郊区土地生态适宜性评价的理论和方法探讨.西南师范大学学报,1995,20(1):84~90
- [3] Riki Therivel. Strategic environmental assessment of development plans in Great Britain. Environmental Impact Assessment Review, 1998, 18: 39~57.
- [4] Brail R K, Klosterman R E (eds). Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools. 2001. ESRI Press, Redlands, CA.
- [5] Carsjens G J, van Lammeren R J A, Ligtenberg A. STEPP: Strategic tool to integrate environmental aspects into planning procedures. In: Geertman S, Stillwell J (eds). Planning Support Systems in Practice. Heidelberg: Springer Verlag, 2002. 139~154
- [6] Malczewski J. GIS-based land use suitability analysis: A critical overview. Prog Plan, 2004, 62: 3~65
- [7] 王雅秋,郑宝源.生态适宜度的模糊数学综合评价.福建环境,1998,6(15)3:7~13
- [8] 郑爱榕,陈慈美,等.厦门地区主要用地生态适宜度评价.台湾海峡,1997,16(4):393~401
- [9] 李勇,苏文贵,肖笃宁.地理信息系统在典型区土地利用适宜性评价中的应用——以大洼县小三角洲为例.土壤,1996,(1):14~20
- [10] 郑爱榕,蔡阿根,等.市域环境区划和用地生态适宜度分析方法——以晋江市市域环境区划为例.台湾海峡,2000,19(4):434~440

- [11] 邹涛, 栗德详. 城市设计实践中的生态学方法初探. 建筑学报, 2004, (3): 18~ 21
- [12] 范谦, 李升峰, 等. 生态适宜度评价在开发区环评和环境规划中的应用. 四川环境, 2004, 23(2): 48~ 52
- [13] 杨士弘, 等. 城市生态环境学. 北京: 科学出版社, 2003
- [14] 黄光宇, 陈勇, 等. 生态规划方法在城市规划中的应用——以广州科学城为例. 城市规划, 1999, 23(6): 48~ 51
- [15] 高中贵, 李升峰, 等. 工业园生态型土地功能区构建探讨——以常熟市国际工业园为例. 长江流域资源与环境, 2001, 10(6): 523~ 529
- [16] 欧阳志云, 等. 生态位适宜度模型及其在土地利用适宜性评价中的应用. 生态学报, 1996, 16(2): 113~ 120
- [17] 边馥萍, 杨正方. 城市用地选择的系统分析与程序设计. 城市规划, 1997, (2): 48~ 51

Study on methodology of ecological suitability assessment of urban landuse: An example of Pingxiang

LIANG Tao¹, CAI Churxia^{1,2}, LIU Min³, PENG Xiaolei⁴

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2 Sino-Japan Friendship Centre for Environmental Protection, Beijing 100029, China;

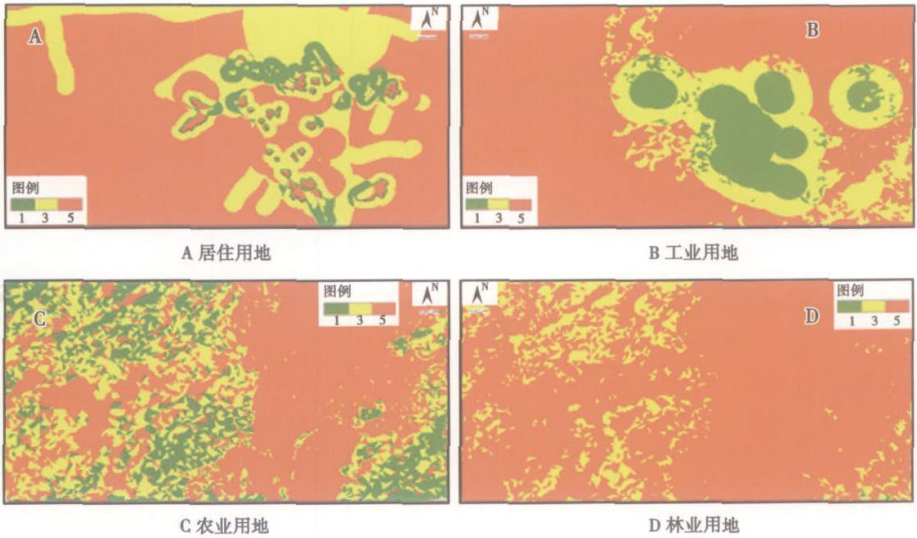
3 Urban Planning Bureau of Pingxiang, Jiangxi Province, Jiangxi 337000, China;

4 Chinese Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100044, China)

Abstract: Landuse ecological suitability assessment is very important in urban ecological planning. It is essential for this integrative approach that environmental aspects are incorporated into the planning process at an early stage, instead of being evaluated afterwards. This paper describes a methodology that incorporates ecological and environmental aspects in urban planning processes. Based on the functions of spatial data analysis and digital picture visualization of ArcGIS 8.3, a practical method of ecological suitability assessment of urban landuse was supplied. Pingxiang in Jiangxi province was taken as an example and applied to assess the ecological suitability of its urban landuse.

With this method, the main urban landuse types were selected firstly and then factors of ecological suitability assessment were chosen. Furthermore, single factor assessment on all urban landuse types was carried out. And then weights of all factors were determined by hierarchical analysis. Through overlaying of all single factor assessment layers, map of ecological suitability assessment of urban landuse could be generated. This easy-use assessment method aims to support the work of local authorities and urban planning offices, especially with regard to identifying options in the early phases of the landuse planning process.

Key words: urban landuse; ecological suitability assessment; methodology; Pingxiang



注：1 为最不宜区 3 为一般适宜区 5 为生态最适宜区

图 2 规划区不同用地类型的生态适宜性分布图

Fig.2 Map of ecological suitability assessment on various landuse of planning area

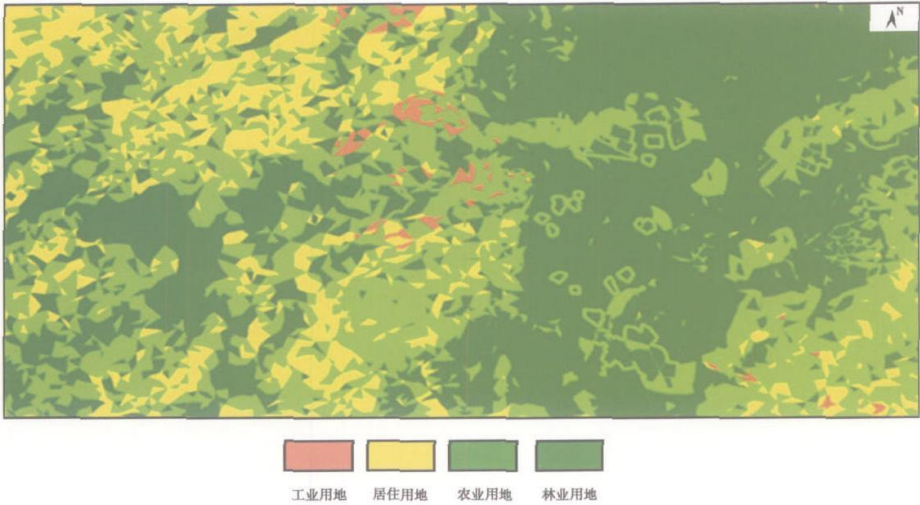


图 3 规划区综合生态适宜性分布图

Fig.3 Map of ecological suitability integrated assessment on whole planning area