

海南岛土地生态适宜性评价

王介勇^{1,2}, 刘彦随^{1*}, 张富刚^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 以海南岛为例, 在区域层面上选择高度、地形坡度、土地覆被等影响工业用地的关键因子, 构建工业用地的生态适宜程度评价模型, 并在GIS技术支持下进行工业用地生态经济适宜性评价, 为将来区域工业开发区及重点工业项目布局提供依据。结果表明: 海南工业用地生态适宜性呈现出由中部山地向四周逐渐增强, 限制利用区占25%, 不适宜利用区占28%, 基本适宜区占41%, 优先利用区占5%。其中优先利用区主要分布在西部和北部沿海地带, 海口、儋州和东方及其连线一带应成为海南省未来工业用地布局的重点区域。

关键词: 工业用地; 生态适宜性; 适宜性评价; 海南岛

中图分类号: X826

文献标识码: A

我国已进入工业化中期阶段, 随着经济全球化进程的不断加快, 其“世界工厂”的地位也逐渐显现。土地是区域经济发展的重要支撑, 工业化的加速发展必然带来工业用地的不断扩张^[1], 1996~2004年, 我国建设用地规模增长 $237.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其中独立工矿用地扩大 $82.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占建设用地增量的35%。在过去几十年里, 由于工业用地的无序扩张及其不合理布局带来了诸多环境与社会问题^[2,3], 并造成环境污染加重、土地闲置浪费及地区间工业结构雷同等严重后果。以往对工业用地适宜性研究存在的不足之处是: (1) 土地利用规划中仅注重用地指标分配, 对区域环境容量和资源承载能力的考虑较少^[4,5], 其土地利用适宜性分析主要集中于农用地^[6], 对工业用地适宜性缺少量化研究; (2) 工业用地生态适宜性评价的尺度大多是在地块水平上进行的, 如城市规划建设中的工业用地选址分析, 虽然在一定程度上避免了工业用地在本开发区或城市内部的不利影响^[7,8], 但就工业用地对区域整体或整个城市影响分析较少。海南省是以

山地为主的沿海待发展地区, 在实施新型工业省战略和工业用地快速扩张的新时期, 迫切需要着眼于全岛开展工业用地生态适宜性评价, 为统筹山区与滨海区土地利用优化配置, 尤其是工业开发区与重大工业项目的合理布局提出决策依据。

1 研究区及数据来源

1.1 研究区概况

海南岛是海南省域的主体部分, 由山地、丘陵、台地、平原等组成的环形圈层状区域自然结构, 山地多平地少, 山地面积占72%。在经济区位上, 海南省地处香港、澳门及珠江三角洲经济发达区为核心的华南经济圈内, 又是东南沿海黄金海岸的南端, 华南、西南大陆与南海周边关键的结合处, 靠近世界环球航线, 有利于借助发达地区经济辐射。随着经济全球化和对外开放格局的不断完善, 海南省的区位优势 and 地缘优势更加凸现。海南作为我国最大的经济特区, 自1988年建省以来 GDP平均增长速度为

收稿日期 (Received date): 2006-12-11; 改回日期 (Accepted): 2007-03-01。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金资助项目。 (批准号: 40635029 & 40171007); 海南省土地利用规划重大问题研究项目 [Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 40635029 & 40171007) and the key research project of land use planning from Hainan Province.]

作者简介 (Biography): 王介勇 (1978-), 男, 博士研究生, 研究方向为土地利用与农村发展。 [Wang Jieyong (1978-), male, presently a candidate for Ph.D. major in land use and rural development.]

* 通讯作者 (Corresponding author): 刘彦随 (1965-), 男, 研究员、博士生导师。主要从事土地利用和农业与农村发展研究。E-mail: liuy@igsn.ac.cn. [Liu Yansui (1965-), male, Professor and Ph.D. advisor, engaged in land use and agro-rural development.]

11%, 2004年人均 GDP已超过 1 000美元, 工业化进入加速发展时期。海南省确立了“一省两地”的发展战略, 即建立“新兴工业省”和“热带休闲度假胜地”、“热带高效农业基地”。1999年, 海南省立足于省情在全国率先建设生态省^[9]。近年来, 海南省生态建设与工业发展的矛盾日益突出, 土地利用既要满足发展工业的需求, 又要保证生态安全以促进农业生产及旅游业的发展, 因此在土地利用规划与管理决策中必须重视考虑工业用地的空间优化布局, 而区域工业用地的适宜性及其空间差异研究是其前提。

1.2 数据来源

土地利用数据来源于 2004 年海南省土地利用现状详查变更数据库及图形库; 高度和坡度数据, 是由 1: 25 万 DEM 生成; 交通便捷程度运用路网密度来度量, 具体把铁路、公路和海岸线看作一个路网整体, 并按照公路的等级进行赋值, 海岸线和铁路与高速公路赋 1, 国道和省道赋 0.7, 县道和乡道赋 0.4, 然后在 ARCGIS9.0 空间分析工具支持下计算得出; 社会经济数据主要来源于海南省统计年鉴。

2 工业用地生态适宜程度评价

区域工业用地的生态适宜程度评价, 是从生态学角度出发, 在区域可持续发展框架下, 根据工业对土地利用的生态要求与区域经济发展水平, 分析区域工业用地的生态适宜性条件, 确定工业用地环境限制因素, 从而寻求区域最佳的工业用地布局方案。在分析评价过程中, 坚持生态安全为先的原则, 即自然保护区、水源保护地及基本农田保护区禁止工业建设, 同时考虑经济效益的最大化及其空间区位上的可行性。

2.1 评价单元划分

评价单元是进行适宜度分析的最小单位, 是土地性状的相对一致性地块。根据区域土地利用的现状特征及评价的空间精度的要求, 在地理信息系统软件 ARCGIS9.0 支持下, 将各因素空间化, 并生成 0.5 km × 0.5 km 大小的栅格。以此作为适宜性评价单元, 可以满足工业用地在微观层面上布局的精度要求。

2.2 评价指标及权重

区域工业用地生态适宜度评价的目的在于合理布局区域工业用地。工业用地对自然因素的适宜性相对于农业生产用地更广泛, 但是影响其利用的人为因素较多。因此, 在分析过程中, 以土地自然属性对区域工业用地的适宜能力及人为因素对区域工业用地的限制程度为主要评定条件, 同时考虑经济社会因素的影响。遵循主导性、稳定性及可操作性的原则, 选择了高度 I_1 、坡度 I_2 、土地覆被与利用状况 I_3 、距离旅游及自然保护地的距离 I_4 、土地开发程度 I_5 (建设用地面积与土地面积的比值)、工业用地效率 I_6 (工业产值与工业用地面积比例)、交通便捷程度 I_7 和人口密度 I_8 指标, 考虑区域不同生态因子对工业用地适宜性影响程度不同, 研究中采用问卷调查和专家打分法, 确定不同生态因子对区域工业用地适宜性影响的权重和生态因子分级方案 (表 1, 图 1), 调查对象主要包括生态环境、土地规划领域的专家。

2.3 限制性指标的临界值

由于土地的自身属性或人为的限定, 某些生态因子在一定条件下对区域工业用地的生态适宜性为零, 如海拔较高的山地、水域、自然保护区及基本农田区等, 不论评价单元的其他生态因子如何, 均被限

表 1 工业用地适宜性评价因子及分级方案
Table 1 The indices and weight of ecological applicability for industrial land use

因子	权重	因子分级				
		5	7	0	1	3
I_1	0.1	> 600	400~ 600	200~ 400	100~ 200	0~ 100
I_2	0.1	> 30	15~ 30	10~ 15	5~ 10	0~ 5
I_3	0.2	保护地、水域、 基本农田	1~ 5	5~ 10	10~ 20	> 20
I_4	0.18		未利用地	林地	园地、草地	普通耕地
I_5	0.12		——	0.176~ 0.265	0.265~ 0.353	0.353~ 0.441
I_6	0.1	——	0~ 50	50~ 100	100~ 200	> 200
I_7	0.1	——	0~ 5	5~ 10	10~ 15	> 15
I_8	0.1	——	0~ 100	100~ 200	200~ 300	> 300

注: I_1 表示海拔 (m), I_2 表示坡度, I_3 表示距旅游与自然保护地距离 (km), I_4 表示土地利用与覆被状况; I_5 交通便捷程度, I_6 土地利用效率 (万元 / hm^2), I_7 土地开发程度 (%), I_8 人口密度 (人 / km^2)。

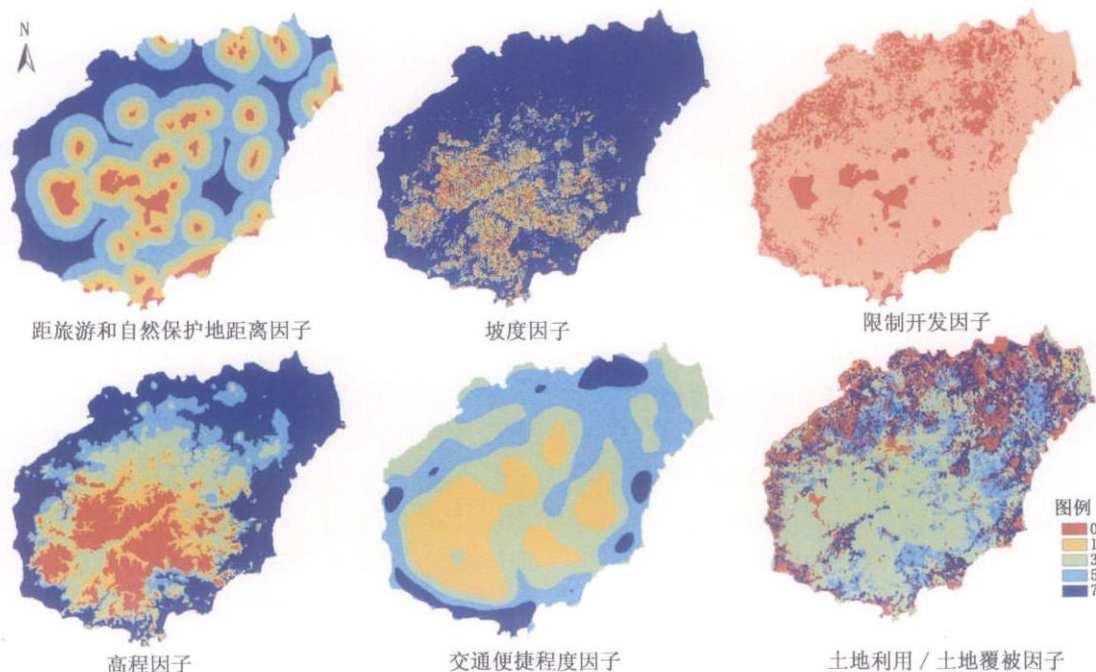


图 1 主要评价因子生态适宜性分析

Fig 1 The ecological suitability analysis of main single factor

制用作工业用地,并假定已建成的居民点、交通、水利设施及独立工矿等建设用地将来不再向工业用地转化,即已有建设用地不再适宜用作新的工业用地。此外,海拔过高、地形陡峭地区难以作为工业用地,因此把海拔 600 m、坡度 30°作为区域工业用地的临界值。对存在临界值的单元采取了最小因子决定法,即如果某一生态适宜程度指标达到了限制利用的临界值,则无论其他指标的适宜程度如何,均被视为限制工业用地。

2.4 生态适宜性分级标准

适宜度计算在 GIS 软件支持下进行,对栅格化的指标图层采用因子加权进行叠加运算,即根据每个图层中不同分级的因子得分乘以指标图层的权重,得到工业用地生态适宜度的综合得分。具体公式如下

$$D = \begin{cases} 0 & I_i = 0 \\ \sum_{i=1}^8 I_i \times w_i & I_i > 0 \end{cases}$$

适宜程度值划分为四个等级,得分为 0 的为限制工业用地,在此类型区内包括禁止工业用地的区域与已建成的建设用地,其中已建成的建设用地包括居民点、工矿及交通过地,假定其未来不存在再向工业用地转化的可能;分值在 [0 3] 内为工业用地不适宜利用区,在现有的生产技术条件和经济发展水平下不适宜将其转化为工业用地;分值在 [3 5]

内为工业用地基本适宜区;分值在 [5 7] 内工业用地的优先利用区,指在现有生态经济条件下应该优先开发利用的区域。

2.5 评价结果分析

1. 从空间分布特征来看,海南岛工业用地生态适宜程度由中部山区向四周逐渐增大,呈现圈层结构(图 2),这与海南岛的地形地貌特征有密切的关系。海南岛中部为山地,地形起伏,森林广布,生态敏感,交通不便,因此不适宜用作工业用地;山地周围是台地和丘陵,再向外是沿海岸线分布的平原,地势平坦,交通便利,有较好的经济基础,适宜用作工业用地。因此,地形条件是决定海南工业用地适宜程度的主要因素。

2. 从工业用地各类适宜利用区的面积比例来看,限制利用区面积为 $86 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占 25%;不适宜利用区面积为 $96 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占 28%;基本适宜区面积 $142 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占 41%;优先利用区面积 $18 \times 10^4 \text{ hm}^2$,仅占 5%。海南土地可以优先用作工业用地的面积较少,因此在工业化进程中不仅要加强生态环境保护,还要集约节约利用土地资源,提高土地产出效益。

3. 限制利用区是由限制性指标的临界值决定的,主要分布在中部山区和沿海岸线的平原地区,中部山区限制利用区主要有五指山、尖峰岭、霸王岭、吊罗山等 10 多个自然保护区,面积约 $4.800 \times 10^4 \text{ hm}^2$

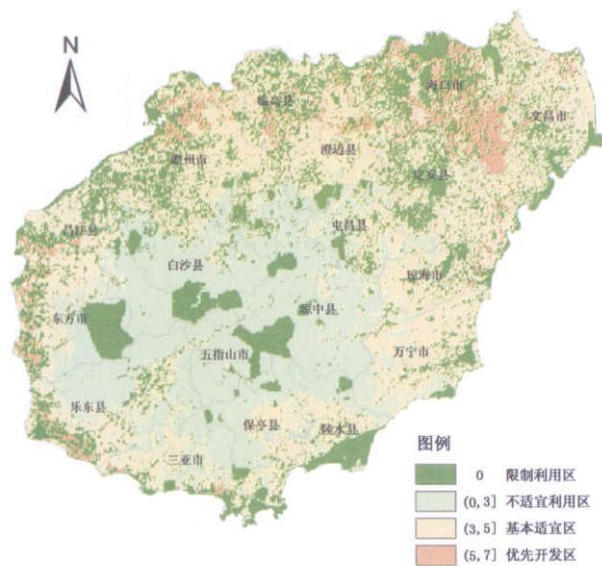


图 2 海南岛工业用地生态适宜程度空间分布
Fig 2 The distribution of ecological suitability of industrial land use in Hainan

沿海岸线分布的主要是基本农田、旅游保护区和已建成的城市居住用地。不适宜区主要分布在海拔较高的中部山区的自然保护区的周围, 生态环境的敏感性强, 而且这一区域是少数民族的聚集区, 其经济发展水平较低, 交通条件差, 地形起伏大, 难以满足工业用地的要求, 同时这一地区是海南岛的“绿心”和河流的发源地, 若布局工业用地会破坏整个海岛的生态系统。

4. 基本适宜区主要分布在台地、丘陵及经济发展中等水平的平原地区。该地区经济处于待发展阶段, 农业比重较大, 在现有经济技术条件下开发为工业用地的适宜程度较低。基本适宜区各市县所占的面积比例除五指山、白沙和乐中较少之外, 其他县市的比例相差不大。其中文昌、儋州、万宁、琼海比例较大, 均大于 8% (图 3)。

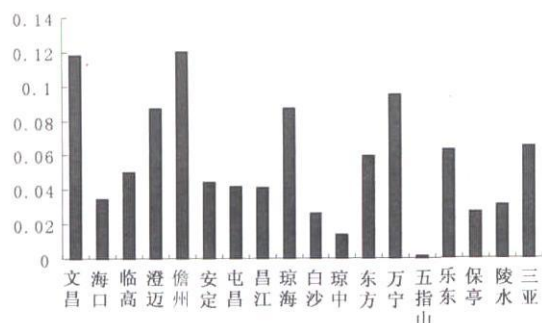


图 3 基本适宜区工业用地面积比例

Fig 3 Proportion of modest suitability area in county

5. 优先利用区主要沿海岸线分布于经济发展水平较高的平原地区。该地区具有较好的经济发展基础和优越的区位条件, 交通便利, 人口集中, 资源丰富, 只要满足生态安全和粮食安全要求, 就可以布局工业用地。该类型区集中分布区为海口市的北部、洋浦开发区周围、澄迈的南部、东方的西部沿海地区及琼海的东部, 其中海口、儋州和东方所占比例大, 分别为 45%、13% 和 11% (图 4)。

基于国家对建设用地控制及海南经济发展实际, 在未来较长一段时间内, 海南省工业开发区和重大工业项目布局应主要集中在优先利用区。海口市具有良好的工业基础、便利的交通条件和优秀的人力资源, 应以此为核心建立综合工业基地, 重点布局高科技、外向型的新型工业, 包括汽车制造、制药、电子信息等; 儋州是西北部海岸的交通枢纽和商品集散地, 农业基础好, 有我国著名的华南热带农业大学和热带作物研究院, 在该地区应以洋浦为中心, 依托洋浦港, 重点布局油气冶炼、石化工业、橡胶产业和热带农产品加工业等; 东方是海南西部工业重镇和交通枢纽, 在此区应以东方化工城为中心, 依托港口经济和海油资源, 以油气石化为主的新型工业应适当向该地区集中。

3 结论与讨论

1. 在区域可持续发展的框架下, 依据科学性和主导性原则, 筛选关键的自然和人文生态因子, 通过专家征询确定参评因子的分级标准和权重, 并在 GIS 的支持下对海南岛工业用地适宜性进行了定量评价, 取得了良好效果。

2. 海南省工业用地适宜程度在空间上呈现出由中部山地向外的圈层环状分布特征。中部山地的

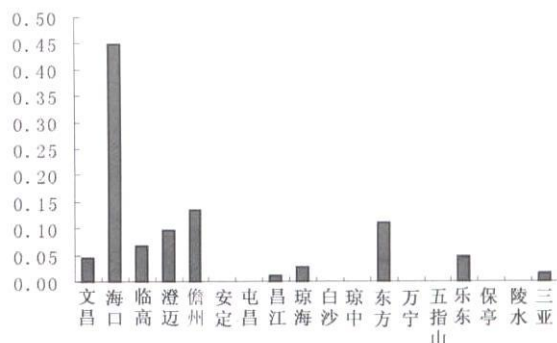


图 4 优先利用区工业用地面积比例

Fig. 4 Proportion of prior utilization area in county

适宜程度最低,向四周逐渐增大。反映了地形条件和生态敏感区域分布,是决定海南岛工业用地适宜程度差异的主导因素。

3. 工业用地无序扩张及不合理布局,不仅给生态环境造成巨大破坏,而且还带来诸多社会问题。从宏观上评价区域工业用地的生态适宜性,是优化工业用地布局,缓解工业用地与生态保护、农业生产之间矛盾的关键。依据评价结果,海口市、儋州市和东方市及其连线一带应作为海南省工业用地布局的重点区域。

4. 本研究在区域层面上为工业用地布局提供了决策指导,目的在于通过定量分析来确定区域工业用地的适宜性,从而为土地利用规划中工业开发区选址提供参考。但是,针对具体工业布局地块在微观层面的选址,仍需要立足具体工程的地质基础、区位条件等进行深入分析。

参考文献 (References)

- [1] Liu Yansui. Optimal Regional Allocation of Land Use [M]. Beijing: The Xueyuan Press, 1999. 11 [刘彦随. 区域土地利用优化配置 [M]. 北京: 学苑出版社, 1999. 11]
- [2] Shi Peijun, Chen Jin. Land use change mechanism in Shenzhen City [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(2): 151~160 [史培军, 陈晋. 深圳市土地利用变化机制分析 [J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151~160]

- [3] Liu Yansui, Chen Baiping. The study framework of land use/cover change based on sustainable development in China [J]. *Geographical Research*, 2002, 21(3): 324~341 [刘彦随, 陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究 [J]. 地理研究, 2002, 21(3): 324~341]
- [4] Yu Shuxia, Guo Huaicheng. Suitability of regional land-use plans [J]. *China Environmental Science*, 2006, 26(2): 248~52 [于书霞, 郭怀成. 区域土地利用规划的适宜性 [J]. 中国环境科学, 2006, 26(2): 248~52]
- [5] Cao Jianhai. The industrial land use and its policy in China [J]. *China Development Observation*, 2006 (5): 10~12 [曹建海. 我国工业性土地利用与土地政策 [J]. 中国发展观察, 2006 (5): 10~12]
- [6] Liu Yansui, Wang Jieyong, Guo Liying. GIS-Based assessment of land suitability for optimal allocation in the Qinling Mountains, China [J]. *Pedosphere*, 2006, 16(5): 579~586
- [7] Chen Bingli, Chen Xingeng. Ecological evaluation of land use suitability in Zhanjiang [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1998, 37(2): 218~221 [陈炳禄, 陈新庚. 湛江市土地利用生态适宜性评价 [J]. 中山大学学报, 1998, 37(2): 218~221]
- [8] Feng Zhiyong, Zeng Gang. Study on the evaluation of investment environment of industrial parks in Shanghai City [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(3): 275~279 [丰志勇. 上海市工业园区投资环境评价研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3): 275~279]
- [9] Hainan Provincial Development and Reform Department. The Eleventh Five Year Plan for National Economy and Social Development of Hainan Province [R]. 2006. [海南省发展与改革厅. 海南省国民经济和社会发展规划纲要 [R]. 2006.]

GIS-based Ecological Suitability Evaluation of Industrial Land Use

——A Case Study of Hainan Island

WANG Jieyong^{1,2}, LU Yansui¹, ZHANG Fugang^{1,2}

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

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract The rapid and somewhat unreasonable expansion of industrial land causes some serious environmental and social problems in China. Then the industrial land arrangement is extremely important in land use plan and management. And the ecological suitability is its prerequisite. Hainan province is chosen as case study area to evaluate the ecological suitability of industrial land in the paper. Some key factors impacting industrial land are chosen to build the model of ecological suitability evaluation of industrial land. And GIS technique is utilized on the basis of the model to evaluate the ecological suitability. The result show that the ecological suitability of the industrial land in the province declines from the central mountainous area to the coastal areas; the forbidden area, unsuitable area, average suitable area and suitable area accounts for 25%, 28%, 41% and 5%, respectively; the suitable area is mainly in northwest coastal region, and so industrial land should be arranged in Haikou, Danzhou and Dongfang city in the future.

Key words industrial land use, ecological suitability, suitability evaluation, Hainan Island