

文章编号: 1007-4619 (2000) 02-0136-05

# 基于遥感和 GIS 的中国土地潜力资源的研究

高志强, 刘纪远

(中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘要:** 在对中国土地资源综合研究基础上, 利用已有研究成果, 借助 GIS 工具, 利用层次分析法, 对中国土地潜力资源进行了综合分析和评价, 在评价基础上, 对中国土地资源的耕地潜力、生产潜力、生产潜力总量、人口容量潜力及综合潜力的大小和空间展布特征进行分析。结论为: 中国土地资源潜力很大, 但时空分布不均, 在开发利用中, 应因地制宜, 采取不同的开发、利用的战略方针, 在保护好现有土地资源和合理科学利用的基础上, 谨慎开发, 以持续发展利用的观点对待潜力资源的开发和利用。

**关键词:** 土地潜力资源; 综合评价; 层次分析

**中图分类号:** TP79/P208 **文献标识码:** A

我国土地资源是绝对数量多, 相对数量少, 我国人均耕地仅为 1.7 亩, 为世界人均占有耕地 5.5 亩的 1/3, 中国以占世界 7% 的耕地养活了占世界 22% 的人口, 取得了举世瞩目的成绩, 但是布朗先生于 1994 年向世人提出了“Who will feed China (谁来养活中国)?”的问题, 向我们及世人敲响了警钟, 让我们不得不重新审视我们的家底, 研究一下我们国人赖以生存的土地资源, 靠我们现有的土地资源养育我们国人还有多大潜力, 这些潜力在空间上是如何分布的, 哪个地方优先开发, 哪个地方应加以保护, 这不但是生态环境保护的需要, 更是为了下个世纪解决我们 16 亿人生存的战略问题所需要研究的课题<sup>[1-5]</sup>。

## 1 中国土地潜力资源的评价

本文基于对中国耕地资源、耕地后备资源、土地利用程度、土地生态环境、土地生产潜力、土地潜力总量、土地人口承载力研究的基础上, 利用其研究成果, 对中国土地资源综合潜力及其单项潜力进行评价, 为土地资源的利用及保护提供理论依据和策略<sup>[1]</sup>。

根据以前研究工作基础, 将中国土地资源综合潜力分为中国土地资源耕地潜力、土地资源生产潜力、土地资源生产潜力总量、土地资源人口容量潜力, 基于以上分析的基础上, 又进一步选定评价指标和权系数, 对中国土地资源综合潜力进行评价分析, 为科学的利用和保护我们的土地资源提供理论依据。

### 1.1 评价指标的选定

对于中国土地资源综合潜力的评价, 是基于对中国土地资源耕地潜力、土地资源生产潜力、土地资源生产潜力总量、土地资源人口容量潜力评价的基础上进行的, 整个评价的思想是依据层次分析法的理论进行的, 其评价指标的选定和层次分解如图 1。

以上所选指标数据都是来自相关研究的结果, 因数据来源问题, 土地资源综合潜力评价很难基于县级行政单元基础上进行, 仅以省级行政单元基础上进行。其中土地未利用程度 = 400 - 土地利用程度, 相对人口容量 = 绝对人口容量 - 现实人口, 如为负值, 则相对人口容量为零, 相对饱和度 = 1 - 饱和度, 如为负值, 则相对饱和度为零<sup>[6]</sup>。

**收稿日期:** 1998-11-26; **修订日期:** 1999-12-16

**基金项目:** 中国科学院九五重大项目“国家资源与环境信息系统与农情速报”, 编号: KT95T-01 及中国科学院知识创新工程重大项目“国土资源遥感时空信息分析与数字地球相关理论技术研究”编号 KZCX1-Y-02。

**作者简介:** 高志强(1966—), 男, 博士后。1989年毕业于山东师大地理系, 1993年毕业于中科院新疆地理所, 获地图学与遥感硕士学位, 1998年获地图学与地理信息系统博士学位。从事过多项遥感和 GIS 的应用和研究工作, 现正从事着国家科委“九五”国家重中之重“3S”课题的研究任务及院重大课题的研究任务。已发论文多篇。

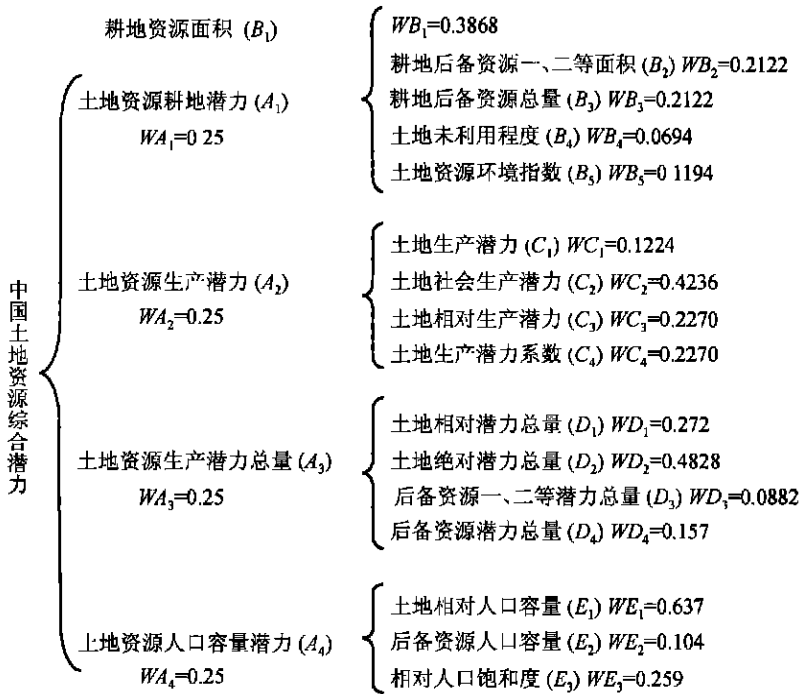


图 1 中国土地资源综合潜力层次分解

Fig. 1 The layer structure of comprehensive potential resources in Chinese land

### 1.2 评价权系数的生成

评价权系数生成是整个评价过程中关键的一步，权系数的大小分配是否合理关系到评价成果是否合理的关键。近年来因数学方法的发展，人们将层次分析法(The Analytic Hierarchy process 简称 AHP)引入了权因子的确定中，此法理论严谨，便于操作，它是在定性方法基础上发展起来的确定因素权重的一种科学方法，是美国运筹学家 A·L· Saaty 于本世纪 70 年代提出的，是一种定性与定量相结合的决策方法，它是一种将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化的过程。应用此方法，决策者通过将复杂问题分解为若干层次和若干因素，在各因素之间进行简要的比较和计算，就可以得出不同方案的权重。

AHP 确定因子权重的步骤是：

- (1) 确定目标和评价因子集  $U$
- (2) 构造判断矩阵

以  $A$  表示目标， $U_i$  表示评价因素， $U_i \in U (i=1, 2, 3, \dots, n)$ ， $u_{ij}$  表示  $u_i$  对  $u_j$  的相对重要性数值， $(j=1, 2, 3, \dots, n)$ ， $u_{ij}$  的取值如表 1。

- (3) 计算重要性排序

根据  $A-U$  矩阵，求出最大特征根所对应的特征向量，所求特征向量即为各评价因素重要性排序，

也就是权数分配。

本次评价权系数的生成是用以上层次分析法生成的。权系数生成的判断矩阵如下：

表 1 判断矩阵标度及其含义

Table 1 The values and meanings of judgment matrix

标度	含义
1	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较，具有同等重要性
3	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较， $u_i$ 比 $u_j$ 稍微重要
5	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较， $u_i$ 比 $u_j$ 明显重要
7	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较， $u_i$ 比 $u_j$ 强烈重要
9	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较， $u_i$ 比 $u_j$ 极端重要
2, 4, 6, 8	分别表示相邻判断 1-3, 3-4, 5-7, 7-9 的中值
例数	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较得判断 $u_{ij}$ ，则 $u_j$ 与 $u_i$ 比较得判断 $u_{ji}=1/u_{ij}$

$A_1-B$  判断矩阵如下：

$$A_1-B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 & 5 & 3 \\ 1/2 & 1 & 1 & 3 & 2 \\ 1/2 & 1 & 1 & 3 & 2 \\ 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 1/2 & 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其最大特征根  $\lambda_{max}=5.0173$  对应的特征向量为

$XA_1 = [-0.7604, -0.4172, -0.4172, -0.1363, -0.2343, -0.2348]$ , 对其标准化即得到  $A_1$  评价系统的权重(图 1)。

$A_2-C$  判断矩阵如下:

$$A_2-C = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 & 1/2 \\ 3 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1 \\ 2 & 1/2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

其最大特征根  $\lambda_{\max} = 4.0104$  对应的特征向量为  $XA_2 = [0.2243, 0.7766, 0.4163, 0.4163]$ , 对其标准化, 即得到  $A_2$  评价系统的权系数(图 1)。

$A_3-D$  判断矩阵如下

$$A_3-D = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 3 & 2 \\ 2 & 1 & 5 & 3 \\ 1/3 & 1/5 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1/3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

其最大特征根  $\lambda_{\max} = 4.0145$  对应的特征向量为  $XA_3 = [-0.4667, -0.8287, -0.1513, -0.2694]$ , 对其标准化, 即得到  $A_3$  评价系统的权系数(图 1)。

$A_4-E$  判断矩阵如下:

$$A_4-E = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

其最大特征根  $\lambda_{\max} = 3.0385$ , 对应的特征向量为  $XA_4 = [-0.9161, -0.1506, -0.3715]$ , 对其标准化即得到  $A_4$  评价系统的权系数(图 1)。

对于中国土地资源综合潜力系统( $A$ )的 4 个子系统( $A_1, A_2, A_3$  和  $A_4$ )的权重确定: 认为 4 个子系统  $A_1, A_2, A_3$  和  $A_4$  对于  $A$  是同等重要的, 故它们的权重系数都为 0.25。

### 1.3 土地资源综合潜力评价

因为所用指标众多, 单位不一, 彼此之间可比性差, 故首先对每一个指标都按如下公式  $S_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 10$  进行标准化, 化为 0—10 之间的数值, 以便进行比较和运算, 之后对  $A$  的 4 个子系统( $A_1, A_2, A_3$  和  $A_4$ ), 用如下公式进行评价,

$$Ob_i = \sum_{j=1}^n S_j * W_j (j \text{ 为指标数})$$

基于对  $A_1, A_2, A_3$  和  $A_4$  评价的基础上, 用公式:  $A = 0.25 * A_1 + 0.25 * A_2 + 0.25 * A_3 + 0.25 * A_4$ , 即得到土地资源综合潜力评价结果, 评价结果如表 2、封二图版 I 图 2 和图 3。

## 2 评价结果分析

经过以上评价, 所得结果如表 2 和封二图版 I 图 2 和图 3。对其结果分析如下:

中国土地资源耕地潜力资源最大的省(市)是黑龙江, 其次是内蒙、河南和四川; 最小的是西藏和青海; 东部沿海除了山东和河北还有一定的潜力外, 别的省的耕地资源进入应保护的行列。北京、天津、上海、青海、西藏耕地潜力开发不大, 现有的耕地在充分保护好的基础上, 在深度利用上下功夫。

中国土地资源生产潜力最大的是南方热带及亚热带的海南、云南、广东、广西、福建等省, 生产潜力都在 60% 以上, 土地生产潜力最小的省为东北三省及位于西北及青藏高原的省份。

中国土地资源潜力总量最大的是四川、云南、山东、河南、河北和黑龙江等省, 西藏、青海、上海、北京、天津、宁夏等省土地资源生产潜力总量开发上处于劣势, 应进入资源保护之列。

中国土地资源人口容量最大的省份是云南和黑龙江二省, 其次是内蒙、四川、新疆、山东。土地资源人口容量最小的是上海、天津、北京、浙江、福建等省, 人口已处于过载状态, 应注意生态环境保护。

中国土地资源综合潜力评价结果是: 综合潜力资源最大的是云南, 其次是四川、山东、黑龙江; 最小的是青海、西藏和北京、上海、天津 3 大直辖市。将综合潜力评价结果分 6 级进行制图(封二图版 I 图 3), 如按面积计, 潜力 3 级(包括 3 级)以上的面积仅占国土面积的 30%, 这部分省份的土地资源综合潜力不很大, 应以保护为主, 土地资源开发以深度利用为主, 广度开发为辅的战略方针; 潜力 4 级(包括 4 级)以上的地区占了国土面积的 70%, 这些地区土地资源都有一定的开发潜力, 对土地资源的开发利用应采用广度和深度利用同时兼顾的战略方针。

综合以上分析, 中国土地资源潜力巨大, 但潜力时空分布不均, 并且所在地区地形、地貌、气候条件不一, 应因地制宜, 采取不同的开发、利用的战略

方针,在保护好现有土地资源 and 合理科学利用的基础上,对应有的潜力资源在生态环境许可的条件下,

谨慎开发,以防生态环境失去平衡甚至被破坏,应以持续发展利用的观点对待潜力资源的开发和利用。

表2 土地资源综合潜力评价结果

Table 2 The evaluated results of comprehensive potential resources in Chinese land

综合潜力评价		耕地潜力评价		生产潜力评价		潜力总量评价		人口容量潜力评价	
顺序	结果	顺序	结果	顺序	结果	顺序	结果	顺序	结果
云南 53	7.146	黑龙江 23	6.909	海南 46	9.814	四川 51	7.352	云南 53	8.982
四川 51	5.365	内蒙 15	5.020	云南 53	9.323	云南 53	7.201	黑龙江 23	6.658
山东 37	4.931	河南 41	4.690	广东 44	7.629	山东 37	6.175	内蒙 15	5.372
黑龙江 23	4.808	四川 51	4.678	广西 45	6.951	河南 41	5.528	四川 51	5.007
广西 45	4.486	新疆 65	4.480	福建 35	5.653	河北 13	4.281	新疆 65	4.753
河南 41	4.266	湖南 43	4.093	贵州 52	5.585	黑龙江 23	4.097	山东 37	4.726
海南 46	4.058	山东 37	3.968	山东 37	4.855	广西 45	3.972	广西 45	4.653
内蒙 15	3.879	安徽 34	3.898	江西 36	4.576	安徽 34	3.963	贵州 52	4.080
贵州 52	3.832	河北 13	3.742	湖南 43	4.435	广东 44	3.759	陕西 61	4.056
广东 44	3.826	湖北 42	3.558	四川 51	4.423	湖南 43	3.565	吉林 22	3.944
安徽 34	3.718	江苏 32	3.451	河南 41	4.257	江苏 32	3.468	甘肃 62	3.746
河北 13	3.707	山西 14	3.441	湖北 42	4.134	内蒙 15	3.412	海南 46	3.564
陕西 61	3.508	江西 36	3.180	安徽 34	4.120	湖北 42	3.301	安徽 34	2.893
新疆 65	3.437	吉林 22	3.157	河北 13	4.117	贵州 52	3.201	宁夏 64	2.692
湖南 43	3.033	辽宁 21	3.109	陕西 61	3.975	陕西 61	3.096	河北 13	2.687
江苏 32	3.024	云南 53	3.079	江苏 32	3.907	新疆 65	2.999	辽宁 21	2.648
湖北 42	2.909	陕西 61	2.906	天津 12	3.856	江西 36	2.426	河南 41	2.589
甘肃 62	2.857	甘肃 62	2.781	浙江 33	3.840	甘肃 62	2.300	山西 14	1.930
江西 36	2.771	贵州 52	2.462	上海 31	3.602	辽宁 21	2.268	广东 44	1.607
辽宁 21	2.523	广西 45	2.368	甘肃 62	2.600	山西 14	2.063	江苏 32	1.269
山西 14	2.507	广东 44	2.309	山西 14	2.592	吉林 22	1.728	江西 36	0.904
吉林 22	2.442	浙江 33	1.826	宁夏 64	2.394	浙江 33	1.313	湖北 42	0.641
福建 35	2.121	福建 35	1.665	北京 11	2.270	海南 46	1.195	西藏 54	0.276
宁夏 64	1.783	海南 46	1.658	辽宁 21	2.066	福建 35	1.163	湖南 43	0.038
浙江 33	1.745	宁夏 64	1.412	内蒙 15	1.713	宁夏 64	0.633	青海 63	0.024
天津 12	1.295	上海 31	1.213	黑龙江 23	1.568	天津 12	0.243	福建 35	0.003
上海 31	1.235	北京 11	1.132	新疆 65	1.515	北京 11	0.187	北京 11	0.003
北京 11	0.898	天津 12	1.082	西藏 54	0.978	上海 31	0.124	浙江 33	0.001
西藏 54	0.462	青海 63	0.696	吉林 22	0.937	青海 63	0.062	天津 12	0.000
青海 63	0.272	西藏 54	0.593	青海 63	0.306	西藏 54	0.003	上海 31	0.000

## 参考文献 (References)

- [1] Liu Jiyan. Macro-Scale Survey and Dynamic Study of Natural Resource and Environment of Chinese by Remote Sensing [C]. Beijing: Chinese Science & Technology Press, 1996, 262-275 [刘纪远主编. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究 [C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996, 162-178].
- [2] Wu Chuanjun, Guo Huancheng. Chinese Land Use [M] Beijing:

- Chinese Science & Technology Press, 1994, 1-171. [吴传钧·郭焕成. 中国土地利用, [M]. 北京: 中国科学技术出版社 1994, 1-171].
- [3] Chinese Academy of Sciences. The Trend and Strategies of Chinese Land Potential Resources [C]. Beijing: Chinese Science & Technology Press, 1993, 22-67. [中国科学院地学部编. 中国资源潜力趋势与对策 [C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994, 22-

- 67]
- [4] Chinese Natural Resources seminar. The theories and Methods of Natural Resources Studies [C]. Beijing: Chinese Science & Technology Press, 1985, 12—90. [中国自然资源研究会编. 自然资源研究的理论和方法 [C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1985, 12—90.]
- [5] Chenbaiming. The Discussion “Who Will Feed China?” [J]. *Journal of Natural Resources*. 1996, **11**, (3):23—34[陈百明. 论“谁来养活中国”[J]. 自然资源学报, 1996, **11**(3): 23—34.]
- [6] Shiyulin, Chenbaiming. The Studies of Land Resources Yield and Carrying Capacity in China [M]. Beijing: Chinese People University Press, 1991, 4—20. [石玉林、陈百明等. 中国土地资源生产能力及人口承载力研究[M]. 中国人民大学出版社, 1991年]

## The Research of Land Potential Resources in China Based on Remote Sensing & GIS

GAO Zhi-qiang, LIU Ji-yuan

(*Institute of Remote Sensing Application, CAS, Beijing 100101, China*)

**Abstract:** On the basis of the results of studying the land resources, the land potential resources of China were analyzed and evaluated with Geographic Information System (GIS) technology and Analytic Hierarchy Process (AHP) method. The quantity and distribution characteristics of farmland potential, land productivity potential, land productivity gross potential, land people capacity potential and land comprehensive potential were then analyzed and studied. The conclusions are that the land potential resources in China is tremendous, but the distribution of these potential resources is unbalanced. Therefore, in the development and use of potential land resources, different strategies and policies should be used in difference places. On the basis of protecting and scientifically using the current land resources, the exploitation and utilization of potential land resources in the future should be conducted with the viewpoints of sustainable development.

**Key words:** land potential resources; comprehensive evaluated; AHP