

地理信息系统支持下的区域土壤资源 适宜性动态评价*

邱炳文¹ 周 勇² 李学垣

(华中农业大学亚热带土壤资源与环境农业部开放实验室, 武汉 430070)

摘 要 土地持续利用是持续发展的重要保证, 土地利用的持续性是适宜性在时间上的扩展。本文在探讨区域土地适宜性研究方法的基础上, 运用人工神经网络模型, 在地理信息系统支持下, 以地块为评价单元, 实现了武汉市狮子山区 1982、1994、1998 年间三个时段的土地适宜性评价, 进一步分析研究其具体变化情况和蔬菜地、果园地适宜状况。研究结果表明: (1) 二、三等宜菜地占狮子山区总面积的 80% 以上: 1982~ 1998 年间二等宜菜地总的增加了 29 12hm²; 三等宜菜地减少了 62. 52hm²。(2) 1982~ 1994、1994~ 1998 年间果园适宜地的各级间面积变幅很大, 一等宜果地连续减少了 246. 78hm², 下降五十几个百分点, 二等宜果地连续增加了 137. 31hm², 并出现了 46. 42hm² 的三等宜果地。

关键词 地理信息系统, 土地适宜性, 动态, 评价

中图分类号 S159. 3

对于国内外土地资源评价的问题, 前人在研究方法、理论以及手段等各方面进行了深入的研究, 取得了一定的进展, 在实践中也得到了广泛的应用^[1~3], 但还存在一些不足, 主要表现在以下方面: (1) 多以现状评价为主, 很难看到土地资源在时间上的变化, 限制了指导土地可持续利用作用的发挥^[4]; (2) 在研究方法和手段上, 多以土地类型或单个评价指标的图件叠加作为评价单元, 采用加权综合评分法进行评价, 很难将规划的结果落实到地块之上, 而且权重确定的过程中主观性较强^[5,6]。

针对这些问题, 在地理信息系统的支持下, 本研究以湖北省武汉市狮子山地区为对象, 采用人工神经网络方法, 对该地区土地资源进行三个不同时期的土地适宜性评价, 试图寻求解决该领域中存在问题的有效途径, 为该领域土地可持续发展提供决策依据。

1 研究区概况及信息来源

狮子山地区位于武汉市洪山区, 南邻武昌县, 西接洪山区南湖乡, 总面积 500hm², 地

* 国家自然科学基金(49801010 和 49831004)、“测绘遥感信息工程”国家重点实验室开放基金(WKL(99)0303)和湖北省自然科学基金(99J123)资助

- 华中农业大学硕士研究生毕业。现工作单位: 福州大学地球信息与科学技术研究所, 福州 350002

-- 通讯作者. Email: yzqh@public.wh.hb.cn

收稿日期: 2000- 09- 30; 收到修改稿日期: 2001- 18- 20

形为低丘岗地,成土母质主要为石英砂岩、泥质砂岩、第四纪黏土,主要土壤为黏化湿润富铁土、黏盘湿润淋溶土和水耕人为土。有旱地、菜地、果园、水田、林地等多种土地利用方式,其中菜地和果园面积均呈上升趋势。

信息来源为:1990年研究区彩红外航片8张,比例尺为1:10000;地形图1张,比例尺为1:10000;1982年土壤普查资料;1994年土地利用详查资料和1998年土壤详查资料(包括土地利用图、土系分布图等图件和报告);1994年和1998年土壤理化分析资料等。

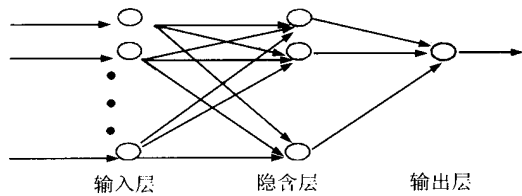
2 研究方法

2.1 MAPGIS 地理信息系统简介

MAPGIS是中国地质大学信息工程学院开发的工具型地理信息系统软件,是一种基于Windows平台的高效全中文大型智能软件系统。

MAPGIS采用矢量和栅格混合的结构,分为“输入”、“图形编辑”、“库管理”、“空间分析”、“输出”以及“实用服务”六大部分,共计十六个系统。它能够方便地进行图形、图像、属性等数据的输入、整饰、校准和维护,具有直观实用的属性动态定义编辑功能和多媒体数据、外挂数据的管理能力。它提供了较全的矢量空间分析、DEM分析、网络分析以及拓扑空间分析和三维实体叠加分析能力,并且可输出较高质量的图件和自定义报表。本研究利用其强大的功能对各种图件进行输入、编辑、修改和分析以及对属性数据的动态管理和最终结果的输出。

2.2 人工神经网络法



本研究取所示的三层BP网络模型(图1),第一层为输入层,节点数取评价指标个数;第二层为隐节点数,隐节点数没有统一的规则,根据具体情况而定,本研究取6;第三层为输出层,只有一个节点,代表评价对象总的评价级别。将评价标准作为样本输入BP网络,采用改进的算法^[7],对连接系数进行学习和调整,得到训练后的网络权值和阈值^[8]。

图1 用于土地适宜性评价的三层BP神经网络模型

Fig 1 3-layer BP network for land suitability assessment

已经证明,三层BP网络可以实现多维单位立体 R^m 到 R^n 的映射^[9](多指标评价问题本质上是 R^m 输入到 R^n 输出的映射),故只要给定的样本集是真正科学的,具有很强的权威性,利用BP神经网络进行评价,其结果是令人信服的。按照该模型,在地理信息系统的支持下,土地资源适宜性评价流程如图2。

3 GIS 支持下的土地适宜性动态评价

3.1 土地资源空间数据库和属性数据库的建立

将武汉市狮子山区1982年、1994年、1998年三个时段的各种图件,如土地利用图、地块图、土壤类型图、地形图等基础工作底图用手扶跟踪数字化仪或扫描仪,在MAPGIS支持下,按特征编码要求输入计算机,注意各图层空间特征点、线和面的相互匹配,形成各层评价管理的图形库。

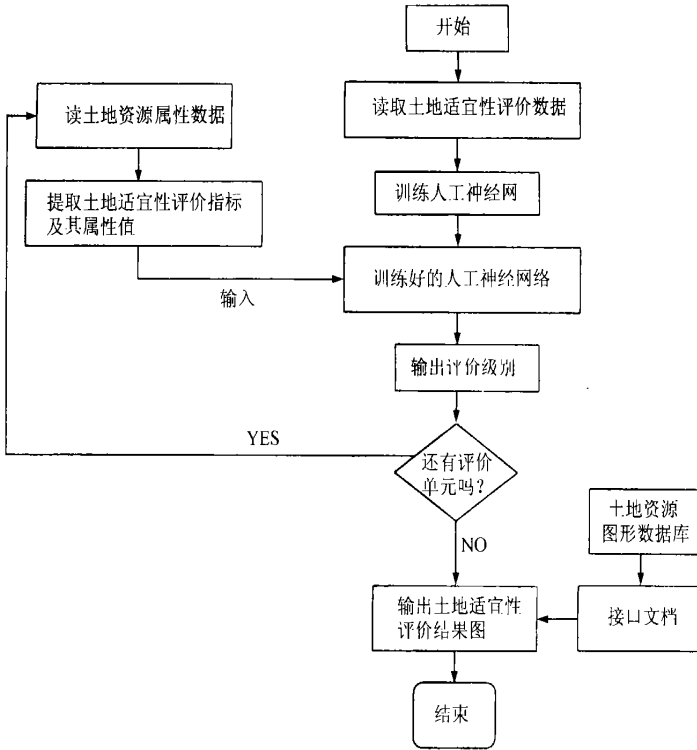


图2 土地适宜性评价流程图

Fig. 2 Flow of the land suitability assessment

从键盘输入该地区 1982 年、1994 年、1998 年三个时段的土壤理化分析和环境条件数据, 建立土地适宜性评价属性数据库。并在 MAPGIS 的支持下, 将属性数据和空间数据通过地块编码进行连接。

3.2 土地适宜性评价

3.2.1 评价对象和评价单元的选择 根据狮子山的实际情况和土地利用变化形式, 选定蔬菜和果园作为评价对象。土地评价单元是土地评价的最小单位, 为便于将规划的结果落实到地块, 本研究选地块作为评价单元。

3.2.2 评价标准的建立 参照联合国粮农组织《土地评价纲要》中所提出的土地适宜性评价的原则和方法^[10], 根据狮子山区的实际情况, 确定前述两种评价对象的评价指标, 并将每一项评价指标分为若干个适宜程度等级, 然后分别指出每一适宜等级对蔬菜、果园的适宜级(表 1、表 2), 适宜级采用 4 级划分, 即最适宜、适宜、临界适宜和不适宜, 分别对应 1~4 等级, 各指标表示土壤耕层值。

表 1 蔬菜适宜性评价分级指标

Table 1 Grading index of vegetable suitability evaluation

等级 Class	有机质 O. M. (g kg ⁻¹)	速效磷 Available P (mg kg ⁻¹)	速效钾 Available K (mg kg ⁻¹)	速效氮 Available N (mg kg ⁻¹)	表层厚度 Horizon (cm)	代换量 CEC (cmol(+) kg ⁻¹)	质地 Texture	水源保证率 Irrigation (%)	土壤重金属 污染指数 Heavy metal pollution
1	30	40	190	150	25	25	壤土	90	1
2	20	30	150	120	20	20	黏壤	70	2
3	15	20	120	90	15	15	黏土	50	3
4	10	10	80	60	12	12	初骨土	30	4

表 2 果园适宜性评价分级指标

Table 2 Grading index of orchard suitability evaluation

等级 Class	有机质 O. M. (g kg ⁻¹)	全氮 Available N (g kg ⁻¹)	速效磷 Available P (mg kg ⁻¹)	速效钾 Available K (mg kg ⁻¹)	土体厚度 Soil thickness (cm)	代换量 CEC (cmol(+) kg ⁻¹)	容重 Volume weight (g cm ⁻³)	pH (H ₂ O)	质地 Texture
1	20	1.2	25	100	100	25	0.9~1.1	5.5~6.5	壤土
2	15	1.0	20	80	80	20	1.1~1.2	4~5.4	黏壤
3	10	0.8	10	60	50	15	1.2~1.3, 0.8~0.9	6.6~7.6, <3.9	黏土
4	5	0.5	5	40	30	10	>1.3, <0.8	>7.6	初骨土

3.2.3 土地适宜性动态评价 按照土地适宜性评价流程图,在地理信息系统的支持下,完成了狮子山地区 1982 年、1994 年、1998 年的蔬菜、果园的适宜性评价,输出评价结果图,并统计其适宜等级面积与百分比(表 3)。

表 3 样区不同年份蔬菜、果园适宜等级及百分比

Table 3 Area of suitable grade and its percentage for vegetable and orchard in different years in test area (hm²)

利用 方式 Land use	年份 Year	一等 Class 1		二等 Class 2		三等 Class 3		四等 Class 4	
		面积 Area(%)	面积 Area(%)	面积 Area(%)	面积 Area(%)	面积 Area(%)	面积 Area(%)	面积 Area(%)	面积 Area(%)
蔬菜	1982	41.53	11.95	162.40	46.72	143.85	41.33	0	0
	1994	58.29	19.19	129.52	42.64	115.92	38.17	0	0
	1998	32.76	11.42	191.52	66.72	62.72	21.85	0	0
果园	1982	321.84	92.59	25.75	7.41	0	0	0	0
	1994	140.67	46.31	143.36	47.20	19.70	6.49	0	0
	1998	75.26	26.24	163.14	56.88	48.42	16.88	0	0

从表 3 可以看出:狮子山区一等宜菜地面积不大,80% 以上为二、三等宜菜地;1982~1994、1994~1998 年间变化较大的为二、三等宜菜地;二等宜菜地先下降了 32.88hm² 后又

上升, 总的增加了 29.12hm^2 ; 三等宜菜地减少了 27.93hm^2 后继续减少, 总共减少了 81.13hm^2 ; 一等宜菜地变化相对较小, 1982~1994 年增加了 16.76hm^2 , 但至 1998 年又有所下降, 总的下降了 8.77hm^2 。由此可见, 三等宜菜地呈下降趋势, 一、二等宜菜地略有起伏, 但总的来说, 二等宜菜地在增加, 一等宜菜地稍有下降。通过各年份评价结果图叠加分析产生上述现象的原因表明: 1982~1994 年 16.76hm^2 的二、三等宜菜地转变为 一等宜菜地外, 其余减少的 44.05hm^2 均被非农业用地占用; 1994~1998 年 25.53hm^2 的一等宜菜地、 46.35hm^2 的三等宜菜地在向二等宜菜地转化, 并且非农用地占用 8.95hm^2 的二等宜菜地和 7.76hm^2 的三等宜菜地。该地区有效磷、速效氮、代换量大部分呈上升趋势, 其平均值分别上升了 13.02mg kg^{-1} 、 45.73mg kg^{-1} 、 8.29mol kg^{-1} , 而蔬菜对有效磷要求较高, 这都将导致蔬菜适宜性等级上升, 但另一方面, 土壤有机质下降, 尤以有机质高的下降幅度大, 因此总体上导致了三等宜菜地向二等宜菜地转化, 而一等宜菜地略有减少。

相对蔬菜适宜地而言, 果园适宜地各级面积变幅大、变化趋势明显; 1982~1994 年一等宜果地减少了 181.17hm^2 , 下降四十几个百分点, 二等宜果地增加了 117.61hm^2 , 并出现了 19.70hm^2 的三等宜果地; 1994~1998 年一等宜果地继续减少, 减少了 65.43hm^2 , 其比重已从原来的 92.59% 降为 26.24%, 二、三等宜果地继续增加, 其中二等宜果地增加 19.70hm^2 , 其比重已从 1982 年的 7.41% 上升为 1998 年的 56.88%, 三等宜果地增加 28.72hm^2 。分析表明, 1982~1994 年一等宜果地的去向主要为二、三等宜果地和非农用地; 1994~1998 年一、二等宜果地分别在向二、三等宜果地转化, 新增的非农用地多占用二等宜果地。从狮子山地区土地适宜性评价数据库中可以看出, 该地区有机质、pH 值呈明显下降趋势, 其平均值分别下降了 7.4g kg^{-1} 、1.4 个 pH, 从而导致了一、二等适宜地逐渐向二、三等适宜地转化。

利用 MAPGIS 空间分析功能, 将狮子山地区蔬菜地、果园这两种土地利用方式与各自的适宜性评价结果图叠加, 并统计其面积, 得各年份蔬菜地、果园地的各适宜级面积(表 4)。从表中可看出: 菜地中, 1982 年, 85.11% 的为临界适宜地, 其余的为二等适宜地; 1994 年仍有 72.62% 的为临界适宜地, 但此时已有 20.38% 的一等适宜地; 1998 年三等适宜地继续下降, 降为 48.29%, 二等适宜地上升为 37.71%; 1982~1998 年各适宜级面积总的均有所增加; 一等适宜地先增后减, 总的增加了 5.99hm^2 ; 二等适宜地连续增加了 15.58hm^2 , 上升为总面积的 37.71%; 三等适宜地先增后减总的也增加了 17.47hm^2 , 但其比重却下降了三十几个百分点。总的情况是: 菜地中一等适宜地面积偏小, 占总菜地面积 10% 以下, 二、三等适宜地所占比重较大, 二等适宜地面积在增加, 其比重也在上升, 三等适宜地总的在增加, 但其比重呈下降趋势。分析产生上述现象的原因有以下几点: (1) 狮子山区地处武汉市城郊, 蔬菜生产规模扩大, 各适宜级面积相应地增加。(2) 蔬菜生产周期短, 见效快, 因此农民投入高, 生产积极性大, 逐渐将原来的临界适宜地改造为适宜地, 但菜农多注重短期经济效益, 化肥施用量高, 忽视了对土壤的培肥改造, 因此一等宜菜地未见明显增加。

果园中, 1982 年, 一、二等适宜地分别为 21.93hm^2 、 28.75hm^2 , 各占 43.27%、56.73%, 没有三等适宜地, 至 1994 年一等适宜地下降为 7.95hm^2 , 仅占 13.97%, 二等适宜地略有增加, 增加了 2.43hm^2 , 此时已有 17.76hm^2 的三等适宜地; 至 1998 年一等适宜地继续下降,

下降了 1.23hm^2 , 二等适宜地降幅较大, 下降了 24.85hm^2 , 仅剩 6.33hm^2 , 三等适宜地则继续上升, 上升了 27.14hm^2 , 此时已占总面积的 77.86% 。很显然, 总的趋势是: 果园中 1982~1994 年间一等适宜地在退化为二等适宜地, 1994~1998 年间二等适宜地又继续退化为三等适宜地。造成这种现象的原因是果园地生产周期相对较长, 果园承包后基本处于一种粗放式、掠夺式的经营状况, 原来大片果园地由于经营不善, 土壤呈酸化、退化趋势。

表 4 样区不同年份蔬菜、果园分布图与其相应的适宜性评价图的空间叠置分析

Table 4 Spatial overlay of the distribution map of vegetable and orchard with their suitable evaluation map in different years in the test area (hm^2)

利用方式 Land use	年份 Year	一等 Class 1		二等 Class 2		三等 Class 3		四等 Class 4	
		面积 Area(%)		面积 Area(%)		面积 Area(%)		面积 Area(%)	
蔬菜	1982	0.00	0.00	0.56	14.89	3.2	85.11	0	0
	1994	8.35	20.38	2.93	7.00	30.39	72.62	0	0
	1998	5.99	14.00	16.14	37.71	20.67	48.29	0	0
果园	1982	21.93	43.27	28.75	56.73	0.00	0.00	0	0
	1994	7.95	13.97	31.18	54.81	17.76	31.22	0	0
	1998	6.72	11.40	6.33	10.74	45.90	77.86	0	0

4 结论与建议

1. 地理信息系统可以将空间数据与属性数据进行综合, 通过土地数据的更新, 在区域内快速、准确地实现土地适宜性动态评价。

2. 采用人工神经网络法克服了人为确定权重的困难及模糊性和随机性的影响, 使评价结果更客观准确。

3. 以地块为评价的基础单位, 对狮子山区进行三个年段的土地适宜性评价, 结果与实际吻合, 使土地利用结果落实到地块成为可能。

4. 通过土地适宜性动态评价, 动态监测不同时期土地利用适宜性状况, 从而及时纠正不良的土地利用行为, 更好地优化土地利用结构, 以确保土地的可持续利用。

在该地区很大部分土地为蔬菜适宜地, 并且蔬菜适宜性水平总体上有所提高, 但在一等宜菜地略有下降的情况下, 建议适当扩大蔬菜生产规模, 积极引导农民合理栽培耕作, 眼前效益与长远效益相结合, 加强菜地土壤培肥, 并且合理规划非农用地。鉴于目前果园生产水平普遍偏低, 适宜性水平逐渐下降的趋势, 应加强原有果园地的改造, 深耕培肥, 提高土壤有机质, 增大有效土层厚度, 以利于果园的持续高效优质生产。

参 考 文 献

1. Burrough P A, MacMillan R A, VanDeusen W. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observation and topography. *Journal of Soil Science*, 1992, 43, 193~ 210
2. Davison D A, Theodoropoulos S P, Bloksma R J. A land evaluation project in Greece using GIS and based on Boolean and fuzzy set methodologies. *Int. J. Geographical Information System*, 1994, 8(4): 369~ 384
3. Jose M C Pereira, Lucien Duckstein. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. *Int. J. Geographical Information System*, 1993, 7(5): 407~ 424
4. 周勇, 贺纪正, 李学垣等. ARC/INFO 信息系统在农用土地分等定级中的应用. *土壤学报*, 1998, 35(4): 450~ 460
5. 尹君, 达华, 林培. 土地多宜性评价. *河北农业大学学报*, 1997, 20(3): 92~ 97
6. 宋如华, 齐实, 孙保平等. 地理信息系统支持下的区域土地资源适宜性评价. *北京林业大学学报*, 1996, 18(4): 57~ 63
7. 高洪深, 陶有德. BP 神经网络模型的改进. *系统工程理论与实践*, 1996, (1): 67~ 71
8. 戴文战. 基于三层 BP 网络的多指标综合评价方法及应用. *系统工程理论与实践*, 1999, 19(5): 29~ 34
9. 李子勇. 模糊控制与智能控制. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1996
10. 倪绍详主编. 土地类型与土地评价概论. 北京: 高校出版社, 1998 150~ 194

DYNAMIC ASSESSMENT OF REGIONAL LAND RESOURCE SUITABILITY BASED ON GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Qiu Bing-wen Zhou Yong Li Xue-yuan

(Key Laboratory of Subtropical Soil Resource & Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Summary

Sustainable land use is an important guarantee of sustainable development. Land suitability assessment of the Shizi Mountain area in Wuhan City was carried out by using Geographical Information System technology and the neural network model in 1982, 1994 and 1998 separately. Results showed that land most suitable for vegetable was small, above eighty percent of the area was land suitable or less suitable for vegetable and this percentage showed an increasing trend in area. Land suitable for vegetable increased by 29.12hm², occupying 66.72 percents, while the land less suitable for vegetable dropped by 62.52hm², down to 21.85%. From 1982 to 1994 and from 1994 to 1998, land the most suitable for orchard decreased by 246.78hm², an over fifty percent drop. Land suitable for orchard increased by 137.31hm². 48.42hm² of land less suitable for orchard emerged in 1998. After the vegetable plot distribution map and orchard distribution map was overlaid on their suitability evaluation map, respectively, through MAPGIS software, results showed that, in vegetable plot area, the most suitable area increased by 5.99 hm². Suitable area increased by 15.58hm² and less suitable area by 17.47hm², but their ratio dropped by over thirty percent, and in orchard area, the most suitable area decreased by 31.87hm², suitable area first increased then decreased sharply, it dropped by 22.42hm². Less suitable area increased by 45.90hm².

Key words GIS, Land Suitability, Dynamic, Evaluation