

文章编号: 1001-1498(2000) 02-0160-07

乡村景观规划研究

周再知, 蔡满堂

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东广州 510520)

摘要: 依据土壤养分、降水量和主要经济作物的平均经济产量对研究区域土壤资源的适宜性和作物土地适宜性进行了初步评价。运用具有S-型特征函数的B-P人工神经网络技术,从景观生态学的角度,以及3个时期6种主要斑块类型的面积及其斑块数作为标准训练样本的输入特征,建立了面向乡村景观规划的神经网络模型。利用该模型,从9个随机方案中筛选出3个优化、可行的景观规划方案。在优化方案的实施过程中,提出必须考虑或遵循的几点原则。

关键词: 乡村景观; 规划; 模拟; 神经网络; B-P算法

中图分类号: S757.4 文献标识码: A

乡村生产性土地的高度利用导致乡村景观结构的连续变化。受农产品市场和土地利用、经济发展政策的影响,在土地的开发利用上,十分注重短期效益的获得,往往忽略了一条重要的原则——乡村的可持续发展。景观结构与功能的持续有助于乡村的可持续发展^[1]。因此在乡村景观的规划上,既要注重经济效益的获得,又要注重保持景观的结构与功能,提高景观的异质性和多样性,真正使景观的规划建立在乡村可持续发展的基础上。

常规意义上的土地利用规划,目前普遍采用线性规划方法。因受产品市场价格波动的影响,收益系数一般难以准确确定,所做出的规划方案很少有说服力。乡村景观结构的优化设计因具有多变量、非线性等特点,采用线性规划方法一般难以实现。本文采用具有处理非线性系统行为能力,在人工智能研究领域具有较大影响的信息处理技术——人工神经网络技术^[2~5],进行景观的规划,旨在为乡村景观的规划提供设计方案,同时探索一种新的合理可行的、对其它景观类型的规划有借鉴意义的方法。

1 材料与方法

1.1 研究地概况及景观格局特点

国营南华农场位于雷州半岛南端,广东省徐闻县中部(20°11' N, 110°11' E)。地势平缓,属缓坡台地。气候属热带季风气候,旱季明显,夏秋季台风频繁。年平均温度 22.7 °C,年平均相对湿度 86%。降水多集中在 5~10 月份,占年降水量的 80%以上,年平均降水量 1 580 mm。全场土地总面积 5 954.2 hm²,已开垦利用地 5 909.0 hm²^[6]。

50~70年代,以林网式橡胶(*Hevea brasiliensis* (H. B. K.) Muell. -Arg.)林经营为主。景观优势度大,但多样性和均匀性指数低,80年代初期,农场确定“以胶为主,以林保胶,结合发

收稿日期: 1998-11-18

基金项目: 中国林科院基金项目(9786121)“热带农林复合生态系统景观格局研究”的部分内容

作者简介: 周再知(1963-),女,山东单县人,副研究员,硕士。

展多种经营”的政策,开展了橡胶林下、防护林带下间种经济作物,土地利用结构得到调整,景观优势度下降,异质性增大,景观、生物多样性、系统稳定性以及系统的生产力明显提高。90年代初,受橡胶及农产品市场影响及管理体制的制约,农场确定“压胶、下树、上甘蔗(*Saccharum officinarum* L.)”的发展策略,大面积橡胶林及防护林带被砍掉,种上了甘蔗。间作地、热作地斑块逐渐消失。景观基质发生了变化,同时景观异质性、多样性指数明显下降。由于连年种植甘蔗,地力消耗大,产量较低。

1.2 景观规划目标

- (1)提高景观的多样性和异质性
- (2)建立复合生态经济系统,提高系统的稳定性和生产力。

1.3 土壤资源及作物土地适宜性评价方法

1.3.1 土壤资源的适宜性 土壤资源的适宜性是从土壤资源的角度,以土壤资源的特定用途为主体,讨论对某利用方式或某作物的适宜程度。包括宜农、宜林、宜灌溉等不同用途^[7]。本研究主要依据不同土壤种类的养分状况及长年的生产观测作出判断。

1.3.2 作物土地适宜性 作物土地适宜性是从作物角度出发,以作物的经济性状为主体,讨论对土壤及其环境的要求。对所研究的区域进行东、南、西、北、中5个方位的划分。依据各区土壤养分,主要经济作物平均经济产量和当地降水量高低衡量指标来判断作物的土地适宜性。

1.4 景观规划优化方法

本文采用误差反向传播(B-P)网络模型及其算法,建立面向景观规划的人工神经网络模型。利用网络所具有的联想推理功能,进行景观规划方案的模拟,从中选出符合景观结构要求的优化方案。

1.4.1 B-P网络模型 人工神经网络(简称神经网络)是模仿人脑结构进行高度并行处理的智能化处理系统,它具有学习、记忆能力,可以处理模糊的、非线性的、含有噪音的数据。神经网络的基本结构单元为神经元(加工元),神经元以层次结构的形式组织,每层上神经元以加权的方式与其它层上的神经元连接构成神经网络。B-P网络模型由一个输入层、一个或多个隐含层及一个输出层组成(图1)。

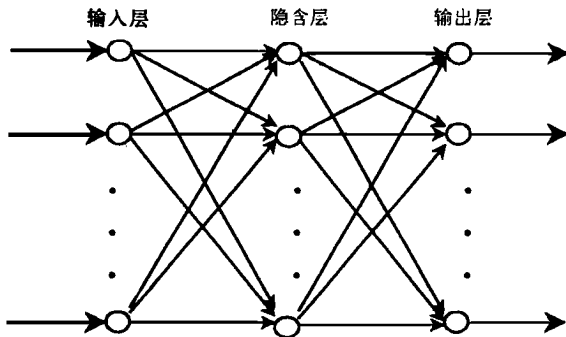


图1 B-P网络模型

1.4.2 学习样本的训练过程 学习过程由正向传递和反向传递过程组成。从输入层输入信息,经隐含层逐层处理后传向输出层。将输出值与预期目标输出值进行比较,如果没有差异,则

停止训练,否则,转向反向传播,将误差信息沿原来的连接通路返回,由输入层经隐含层逐层修正连接权,以减少误差,如此循环,直到误差收敛于给定的值为止^[9]。

1.4.3 B-P学习算法 设网络为一个3层BP网络,输入层有 m 个节点($i=1,2\cdots m$),隐含层有 n 个节点($h=1,2\cdots n$),输出层有 L 个节点($j=1,2\cdots L$)。用 x_i^k 表示输入信息, y_h^k 表示隐含层节点的输出, y_j^k 表示输出层节点的输出, T_j^k 表示输出层节点的期望输出, W_{ih} 表示由输入层节点至隐含层节点的权值, W_{hj} 表示由隐含层节点至输出层节点的权值, θ_h 、 φ_j 分别表示隐含层节点和输出层节点的阈值,上标 k 表示样本的序号。

(1)为网络的连接权 W_{ih} 、 W_{hj} 和神经元阈值 θ_h 、 φ_j 赋初值;

(2)将一个样本及期望的输出向量输入网络;

(3)计算隐含层和输出层的输出:

隐含层 h 节点的输入加权和 S_h^k 为:

$$S_h^k = \sum_{i=1}^m W_{ih} x_i^k \quad (1)$$

隐含层输出:

$$y_h^k = F(S_h^k) = F\left(\sum_{i=1}^m W_{ih} x_i^k + \theta_h\right) \quad (2)$$

输出层 j 节点的输出加权和为:

$$S_j^k = \sum_{h=1}^n W_{hj} y_h^k \quad (3)$$

输出层输出为:

$$y_j^k = F\left(\sum_{h=1}^n W_{hj} F\left(\sum_{i=1}^m W_{ih} x_i^k + \theta_h\right) + \varphi_j\right) \quad (4)$$

其中: $F(x)$ 为非线性转移函数,一般采用S型函数,

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (5)$$

(4)计算输出层节点误差(δ_j^k)和隐含层节点误差(δ_h^k):

$$\delta_j^k = F'(\delta_j^k)(T_j^k - y_j^k) \quad (6)$$

$$\delta_h^k = F'(S_h^k) \sum_{j=1}^L W_{hj} \delta_j^k \quad (7)$$

(5)调整连接权和阈值^[9,10]:

$$\Delta W_{ih} = \beta \delta_h x_i \quad (8)$$

$$\Delta W_{hj} = \beta \delta_j y_h \quad (9)$$

$$\Delta \theta_h = \eta \delta_h \quad (10)$$

$$\Delta \varphi_j = \eta \delta_j \quad (11)$$

β 为学习速率(迭代步长), η 为学习参数,通常取值(0.1,0.5)之间。

(6)将 m 个学习样本依次输入网络,返回(3~5),直至全部学习样本训练完毕,计算均方误差和 E 值。

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^L (y_j^k - T_j^k)^2 \quad (12)$$

当 E 值小于给定的精度 ϵ 时,停止训练,否则转入(2)步继续训练,直到满足精度要求为止。

2 结果与分析

2.1 土壤资源适宜性评价

据南华农场 1981 年对全场进行的土壤普查可知,玄武岩发育的砖红壤占 95.2%,浅海沉积物发育土壤占 4.8%。从土壤肥力高低(表 1)和多年生产实践可知,玄武岩水化铁铝型砖红壤和赤泥土(分布于 1、8、10、23 生产队)是全场土壤肥力最高的土种,高度适宜各类热带作物的种植。浅海沉积物风化的红色砖红壤和赤泥土(分布于 5、25 队),土壤养分含量最低,不适宜热带农作物的种植,应当考虑种植林木。玄武岩发育的砖红壤土壤肥力介于前两者之间(分布于 27 个生产队),比较适宜热带作物的种植。

表 1 土种养分含量

成土母岩	土种	比例/ %	质地	有机质/ (g · kg ⁻¹)	全 N/ (g · kg ⁻¹)	碱解 N/ (mg · kg ⁻¹)	速效 P/ (mg · kg ⁻¹)	速效 K/ (mg · kg ⁻¹)	pH
玄武岩	厚有机质层砖红壤	82.13	粘重	32	1.54	140.3	3.86	29.92	5.01
	赤泥土(亦称耕作土)	11.6	中、轻粘	29	1.34	125.7	13.1	57.6	5.46
	水化铁铝型砖红壤	1.0	中、轻粘	41.3	1.49	151.3	13.7	31.9	4.90
	水化铁铝型赤泥土	0.47	中粘	37.6	1.73	140.9	11.3	22.0	4.78
浅沉积物	厚有机质层砖红壤	4.5	轻粘	12.8	0.84	68.7	2.05	16.5	5.67
	赤泥土	0.3	中粘	13.8	—	66.3	1.45	10.0	4.93

2.2 作物土地适宜性评价

2.2.1 各区土壤养分 玄武岩发育的砖红壤是研究基点的主要土种。对其上种植的主要作物进行土地适宜性的评价是景观规划的基础。各区土壤养分的测定结果见表 2。

表 2 各区土地分配及土壤养分状况

区段	土地面积/hm ²	有机质/ (g · kg ⁻¹)	全 N/ (g · kg ⁻¹)	碱解 N/ (mg · kg ⁻¹)	速效 P/ (mg · kg ⁻¹)	速效 K/ (mg · kg ⁻¹)	pH
东区	1 252.6	35.1	1.51	154.4	4.14	25.0	4.95
南区	1 087.5	30.0	1.35	122.0	3.55	33.78	5.0
西区	1 331.0	30.3	1.30	127.0	4.2	26.05	4.97
北区	402.1	35.3	1.47	142.35	6.77	29.03	4.93
中区	1 149.8	33.0	1.63	147.35	3.76	41.67	5.14

表 2 表明各区土壤有机质、全 N 和碱解 N 含量较高,速效 P 和速效 K 普遍较低。有机质含量东区、北区较高;东、北区和中区土壤养分含量略高于西、南区。

2.2.2 各区经济产量 各区主要经济作物,橡胶、咖啡(*Coffea sp.*)、茶叶(*Camellia sinensis* O. Ktze.)和胡椒(*Piper nigrum* L.)1994、1995 年和 1996 年连续 3 a 的平均经济产量统计结果(表 4)可以看出,橡胶树平均单株干胶产量,西、南区高于东、北区和中区;甘蔗和茶叶平均产量,东、北区和中区高于西、南区;咖啡中区最高;胡椒西、南区较高。

2.2.3 各区降水量水平 由长年经营橡胶园生产实践经验可知,橡胶树开割日期的早、晚可作为各区降水量高低判断指标。橡胶树开割日期早,说明该区比较干旱,反之,则相反。南华农场西、南区的降水量低于东、北区和中区。以 1995 年和 1996 年为例(表 3),西、南区橡胶树比

东、北和中区一般提前 15~30d 开割。另外,从各区甘蔗和茶叶产量高低亦可判断出西、南区较东、北区和中区干旱。

表3 主要经济作物连续3a的平均产量及橡胶开割日期

区 段	甘蔗/ (t·hm ⁻²)	咖啡/ (t·hm ⁻²)	茶叶/ (t·hm ⁻²)	胡椒/ (t·hm ⁻²)	橡胶/ (kg·株 ⁻¹)	1995年 (月-日)	1996年 (月-日)
东 区	61.16	0.152	14.445	0.281	2.128	05-22	06-16
南 区	44.90	0.339	0.188	0.372	2.933	04-29	05-18
西 区	41.06	—	1.177	0.482	2.824	05-02	05-18
北 区	56.66	0.432	6.035	—	2.245	05-24	06-17
中 区	55.35	0.822	7.587	—	2.370	05-22	06-15

综上所述,南华农场主要经济作物的生态适宜区分别为:橡胶和胡椒——西区和南区;甘蔗和茶叶——东、北区和中区;咖啡——北、中区。为获得较高的经济效益,在作物生产布局上,应依据作物的生态适宜区进行规划设计。随农产品市场的变化,可适当调整作物品种。一些新品种在玄武岩发育的砖红壤上种植时,可主要依据其对水分的需求选择种植区域。

2.3 景观规划人工神经网络模型的建造

(1)选择训练样本:依据景观格局评价研究结果,选取1972、1987年和1995年3个样本为学习样本。考虑到非生产性用地(水域、交通与居民工矿用地和废弃地)在整个景观中变化不大,故只选取生产性用地中6种主要斑块类型及其块数做为标准训练样本的输入特征,进行网络的训练和模拟。即:橡胶林网 x_1 , 斑块数 x_2 , 用材林 x_3 , 斑块数 x_4 , 甘蔗林网 x_5 , 斑块数 x_6 , 热作地 x_7 , 斑块数 x_8 , 果园 x_9 , 斑块数 x_{10} , 庭园地 x_{11} , 斑块数 x_{12} 。

表4 训练样本的输入特征

样本	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
1	1.494	0.945	1.210	0.553	0	0	0	0	0	0	0.818	0.506
2	0.855	1.254	0.817	1.553	0.473	1.561	2.936	2.804	0.769	1.680	1.118	1.656
3	0.650	0.801	0.973	0.895	2.527	1.439	0.064	0.196	2.231	1.320	1.064	0.838

(2)本文采用12个输入单元,1层隐含层,3个期望输出的3层B-P神经网络模型进行网络的训练。依据不同时期景观格局水平(高、中、低),确定期望输出向量 $T_1(0.9, 0.1, 0.1)$, $T_2(0.1, 0.9, 0.1)$, $T_3(0.1, 0.1, 0.9)$ 。将训练样本特征进行标准化处理后,输入计算机,经过2159次的迭代运算,均方误差和(E)小于给定的精度 $\epsilon(0.01)$,此时学习参数 $\beta=0.19$, $\eta=0.3$ 。

2.4 景观规划方案的模拟优化

首先,通过随机产生0~1之间随机数的方法产生大量的随机数(λ),以0.1为间隔从前往后选出9个随机数(即0.121, 0.211, 0.321, 0.436, 0.576, 0.657, 0.749, 0.852, 0.927),其次设定各输入点的上下限,依据公式 $x_i = x_{\min} + \lambda(x_{\max} - x_{\min})$ 产生9个随机规划方案,经标准化处理后依次输入优化的神经网络,依据网络输出(y 值)大小,及景观多样性的高低判断规划方案的取舍。景观规划设计方案模拟及网络输出结果列入表5。

从9个方案的模拟结果看,方案7、8和9的网络输出 y_1 达到0.8以上,其景观多样性指数亦分别达到47%以上。说明这3种景观规划设计方案可使景观格局达到较高水平。

表5 景观规划设计方案模拟及网络输出

斑块类型	项目	规划设计方案								
		1	2	3	4	5	6	7 ^①	8 ^①	9 ^①
胶园林网	面积/hm ²	2 121	2 211	2 321	2 436	2 576	2 657	2 749	2 852	2 927
	块数/块	113	119	125	132	141	145	151	157	162
纯用材林	面积/hm ²	259.4	273.8	291.4	309.8	332.2	345.1	359.8	376.3	388.3
	块数/块	26	29	33	38	43	46	49	53	56
甘蔗林网	面积/hm ²	1 060.5	1 105.5	1 160.5	1 218	1 288	1 328.5	1 374.5	1 426	1 463.5
	块数/块	81	82	83	84	86	87	87	89	89
热作地	面积/hm ²	44.5	55.3	68.5	82.3	99.1	108.8	119.9	132.2	141.2
	块数/块	31	46	63	81	104	117	131	148.3	160
果园	面积/hm ²	38.5	44.8	52.5	60.5	70.3	76.0	82.4	89.6	94.9
	块数/块	10	11	11	12	12	13	13	13	14
庭园地	面积/hm ²	106.1	110.6	116.1	121.8	128.8	132.9	137.5	142.6	146.4
	块数/块	33	38	45	52	60	65	70	76	81
网络输出 y_1		0.399	0.490	0.595	0.683	0.754	0.780	0.801	0.817	0.824
网络输出 y_2		0.389	0.368	0.341	0.317	0.299	0.293	0.290	0.290	0.291
网络输出 y_3		0.237	0.188	0.143	0.110	0.085	0.076	0.068	0.062	0.059
景观多样性指数/%		46.36	47.37	47.52	47.60	47.69	47.73	47.77	47.81	47.84

①为优化可选方案。

3 结论与建议

本文运用B-P人工神经网络技术,建立了面向乡村景观规划的神经网络模型。利用该模型和随机模拟的方法,选出3个优化方案,为乡村景观规划提供了决策依据。农场可依据土地利用现状,从3个优化方案中选择一个方案加以实施。实施的过程中,除保证各种土地利用类型(斑块类型)的面积和斑块数外,还须注意以下几点原则,以期达到提高系统的多样性、异质性、生产力和保持乡村的可持续发展的目的。

(1)对主要作物,依据其土地适宜区进行布局。东区发展甘蔗、茶叶;南区发展橡胶、胡椒;西区发展橡胶、胡椒和芒果(*Mangifera indica* L.);北区和中区发展甘蔗、茶叶和咖啡。

(2)斑块类型内部空间配置多样化。如热作地斑块类型,可依据市场变化增加作物品种,同时注重农林复合经营模式的营建,进行立体种植。果园斑块类型,亦可在初期间种农作物。

(3)尽量避免占优势的斑块类型连片。该场占优势的斑块类型主要有橡胶和甘蔗林网。目前连片的橡胶和甘蔗林网面积过大,应考虑减少面积,增加斑块的数量。甘蔗林网面积应控制在5 hm²范围内(即林网为300 m×150 m)。

(4)保护和增加防护林带廊道数量。尤其对甘蔗林网斑块类型而言,不应以砍伐防护林网为代价来发展甘蔗的种植。

(5)为维持地力和乡村的可持续发展,对甘蔗地斑块类型必须实行轮作制。

参考文献

- [1] Grant J, Manuel P. A framework for planning sustainable residential landscapes [J]. Journal of the American Planning Association, 1996, 62(23): 331 ~ 344.
- [2] Jones R D. Function approximation and time series prediction with neural networks [R]. Los Alamos Nat Lab Tech Rep, LA-UR-90-21, 1989.
- [3] Weigend. A S, Huberman B A, Rumelhart D E. Predicting the future: a connectionist approach [R]. Stanford PDP Research Group Tech. Rep. Stanford-PDP-90-01. Stanford Univ Press. Stanford, CA, 1989.
- [4] Widrow B. 30 years of adaptive neural network: Preceptron Madaline and B-P Proc. [J]. IEEE, 1990, 87(9): 1415 ~ 1442.
- [5] Bing T G, George G. Moderling red pine tree survival with an artificial neural network [J]. Forest Science, 1991, 37(5): 1429 ~ 1440.
- [6] 南华农场志编委会. 南华农场志 [M]. 广州: 中山大学出版社, 1991.
- [7] 陈焕伟, 张凤容. 土地资源调查 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997.
- [8] Rumelhart D E, Hinton G E, Williams R J. Learning internal representations by error propagation. Paralle Distributed Processing [M]. MIT Press, Cambridge, MA, 1986, 1: 318 ~ 362.
- [9] 茨木俊秀, 福岛雅夫. 最优化方法 [M]. 曾道智译. 北京: 世界图书出版公司, 1997.
- [10] 施鸿宝. 神经网络及其应用 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1993.

Research on Rural Landscape Planning

ZHOU Zai-zhi, CAI Man-tang

(The Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

Abstract: Research on rural landscape planning was conducted at Nanhua Farm, which is located in the south of the Leizhou Peninsula, Guangdong Province. Based on the soil nutrient status, rainfall and mean yield of major crops, the soil suitability and land adaptability were evaluated. An artificial neural network was introduced as an alternative for modeling the landscape planning. A model was developed using back-propagation as the learning procedure, the sigmoid function as the transfer function and 6 patch types and its number of three phases as input factors. 3 optimum planning schemes were selected by using the model. Strategies were proposed for improving diversity and heterogeneity, productivity and sustainability within the system through the planning scheme.

Key words: rural landscape; planning; neural networks; back-propagation; modeling