

# 河北省环渤海地区生态经济协调发展的 人工神经网络分析\*

李双成

(中国科学院地理研究所 北京 100101)

高伟明 刘 濂

(河北师范大学地理系 石家庄 050016)

**摘 要** 区域社会经济系统的可持续发展依赖于系统成分的协调程度及与生态系统的增益耦合。传统研究多以系统动力学或多目标规划模型来调控系统。文中以人工神经网络模型来模拟和映射社会经济系统的结构和功能。通过构建、训练、测试、运行河北省环渤海地区生态经济网络模型,提出了以减缓发展速度、降低能量投入水平等措施来达到生态系统和社会经济系统协调发展的目标。

**关键词** 人工神经网络 能量投入 生态经济系统 河北省

**分 类** 中图法 F062.2

环渤海区河北部分位于河北省的中东部,地理位置为:  $37^{\circ}29' \sim 40^{\circ}37'N$ ,  $115^{\circ}42' \sim 119^{\circ}51'E$ 。区内陆域土地总面积  $35\,540.00\text{ km}^2$ , 占河北省国土面积的  $18.91\%$ 。全区 1995 年总人口 1 578 万人, 占河北省总人口的  $24.51\%$ 。国内生产总值为 9 118 100 万元, 占河北省国内生产总值的  $32.0\%$ 。工业总产值 10 950 300 万元, 农业总产值 4 022 500 万元。

近年来, 环渤海地区经济实力迅速增强, 在我国经济发展格局中的地位日益突出, 已逐渐成为继珠江三角洲、长江三角洲后最具经济活力的地区之一。环渤海区河北部分是河北省“两环开放带动”经济发展战略的重要一“环”(环京津、环渤海地区), 其发展规划已列入“河北省国民经济和社会发展的‘九五’计划和 2010 年远景目标纲要”, 在可以预期的 5 至 10 年内, 将成为河北省经济发展新的增长极和对外开放的投资热点<sup>[1]</sup>。以资本输入为主体的能量投入水平的急剧提高, 迫使以原生景观为主体的社会—经济—自然生态系统的自然属性迅速减弱, 系统的环境容量将不断降低。同时, 伴随着经济的快速发展、人口增长的胁迫、自然资源的耗竭, 生态环境对于经济发展的反馈制约将日趋明显。因而, 探讨在不同能量投入水平和经济活动密度下生态系统的演变态势, 以求获得最小生态代价下理想的经济增长速度、产业结构和生产要素配置模式, 实现社会、经济、环境的持续协调发展具有重要的实践价值。

## 1 生态经济系统协调发展的神经网络分析

### 1.1 生态经济系统神经网络构建的理论背景

区域性的社会经济系统的协调发展依赖于系统诸成分联结与整合形成结构的协调程

\* 此文经杨勤业先生悉心指正, 谨此致谢!

收稿日期: 1998-03-05, 收到修改稿日期: 1998-06-30

度。当剖析一个具体的社会经济系统时, 由于系统的层次性和要素联结的复杂性 (联结方式的多样性、联结权重的动态性、联结效能的可变性), 从一个层面或要素上“窥视”系统往往难以把握系统的整体特征<sup>[2]</sup>。以往研究在进行社会经济发展系统模拟时, 多采用系统动力学或多目标规划模型, 此类研究所需参数颇多, 故在获取数据上存在较多困难, 同时系统因子间充斥了大量高阶非线性关系, 而高阶非线性方程的求解到目前为止缺乏强有力的数学理论支持, 迫使系统动力学模型计算采用降阶和线性转换方法, 损失了许多信息, 降低了求解精度<sup>[3,4]</sup>。

人工神经网络是大量简单的神经元广泛联接而成用以模拟人脑思维方式的复杂网络系统, 它以其并行分布处理、自组织、自适应、自学习和具有鲁棒性和容错性等独特的优良性质引起了广泛关注, 尤其在信息不完备情况下, 在模式识别、方案决策、知识处理等方面具有很强的能力<sup>[5]</sup>。人工神经网络设计灵活, 可以较为逼真地模拟真实社会经济系统, 其结构可以认为是真实系统的映射。近年来神经网络技术已应用在许多领域, 如在智能控制、模式识别、生物医学工程等方面取得了一定进展<sup>[6]</sup>。

从理论上讲, 具有复杂结构、联结灵活、权重动态调整的人工神经网络完全可以逼近社会经济系统真实结构和功能<sup>[7,8]</sup>。通过构建人工神经网络并使其学习、“掌握”不同时段的社会、经济、资源、环境系统发展历程的运行参数, 逐渐成为系统结构和功能的映射集成。俟网络测试通过后, 以不同经济发展水平参数输入网络, 通过监测网络各层的联接权重, 计算转移函数, 便可获得经济回报率、资源动态变化特征和环境演变态势, 最终得到经济—资源—环境系统最佳运行方案。

## 1.2 神经网络的选择

目前常用的神经网络有 Perceptron 网、Adaline 网、自组织系统 (Kohonen 网)、后传播网 (Bp 网)、一般回归神经网络 (GRNN 网) 及模糊神经网络 (FNN 网) 等。根据求解问题的特征和实际条件, 本研究采用后传播网 (Back propagation Network, 简称 Bp 网) 为模拟生态经济系统的网络模型。理由为: (1) Bp 网的算法先进成熟。后传播网算法是在 Adaline 网络最小误差学习方法 (Delta 学习规则) 基础上建立起来的, 在 70 年代提出后得到广泛应用, 目前大约有 80% 的应用神经网络的课题采用后传播网这一算法<sup>[6]</sup>; (2) 本文应用的神经网络计算软件 NeuralWorks Professional Plus (Neural Ware 公司) 提供有 Bp 网络构建器 (Bp Builder); (3) Bp 网工作状态稳定, 研究范例较多, 便于借鉴。

## 1.3 Bp 网的基本结构和运行过程

Bp 网络是基于误差反向传播算法的人工神经网络模型, 该模型由一个输入层、一个输出层和一个或多个隐含层 (中间层) 组成。其运行过程大致为: 构建具有以上三种层次的网络模型; 使用一定批量的数据对网络模型进行训练或学习 (Training 或 Learning); 对成型的网络进行测试 (Testing)。

## 1.4 环渤海区生态经济神经网络模型实例

1.4.1 网络的构建 虽然人工神经网络可以建构得如同真实系统一样复杂, 但由于本文数据源主要来自统计部门, 因而在指标选取上受到一定限制。同时, 如果模型结构过于复杂, 网络的运算时间将会延长, 系统的稳定性也会受到影响<sup>[6]</sup>。因此, 同其它研究类似, 在构建网络前应用灰色关联方法首先进行系统辨识, 将系统的主要元素作为网络模型的主要构建成分。网络结构为:

(1) 输入层。选取人口、资源、环境的 12 个要素作为输入层的神经元，这些要素分别是：总人口、耕地、林地、未利用地、建设用地、水资源、煤炭、石油、工业废水排放量、工业废气排放量、化肥使用量、林木覆盖率。

(2) 输出层。选取生态环境质量指数、经济发展指数、社会进步指数 3 个指标作为输出端的神经元。三种指数是生态、经济、社会若干指标的集成，其中生态环境质量指数涵盖环境污染状况、农田环境质量（农药、化肥使用量）、人均绿地、水土流失状况等指标，经济发展指数涵盖国民生产总值、国内生产总值、工业总值、农业总值、固定资产投资量、社会商品零售总额等指标，社会进步指数涵盖城镇化水平、信息交换量、教育水平等指标。

(3) 隐层。一个 Bp 网络可以简单到只有两层，即输入层和输出层，而没有隐含层（中间层），这类情况适合于输入层和输出层之间有高度的线性相关关系。在区域性的生态经济网络中，各种要素相互耦合，充斥大量的非线性关系，所以必须设置隐层，才能使输入模式确切地转换为输出模式，即才能正确模拟系统。根据经验，对于大多数实际问题，只有一层中间层即可，设置两层以上的隐层几乎没有任何益处，因为采用的中间层越多，训练学习的时间就会急剧增加，且容易陷入局部误差最小而无法摆脱<sup>[6]</sup>。因此本文设置一个隐层，该层的神经元数目可用下列公式确定：

$$\text{隐层神经元数} = \sqrt{n * m}$$

其中  $n$  为输入端神经元数目， $m$  为输出端神经元数目。

按此公式隐层单元数目应为 6 个，但考虑到输入端和输出端的要素指标分属人口、资源、环境、经济和社会五大类型，故隐层神经元设置为 5 个。

图 1 所示为依据上述准则构建的河北省环渤海区生态经济网络模型，该图是没有经过学习的初始网络模型。输入层的神经元编号从 2 至 13，隐层的神经元编号从 14 至 18，输出层的神经元编号从 19 至 21。为模拟真实系统的外部扰动，该模型设置了一个偏置结点（Bias），编号为 1。

1. 4. 2 网络的学习 一般来说，网络的学习数据必须满足两个条件，一是数据组中必须包括尽可能多的模式，经验数据越丰富，越全面，学习过的网络性能就会越好；二是设计学习数据时还应适当考虑随机噪声的影响<sup>[6]</sup>。本文所用的学习数据是各要素 1991 年至 1995 年的实际值，所有数据均已做标准化处理（表 1）。用上述学习数据对网络进行训练，运行 1 450

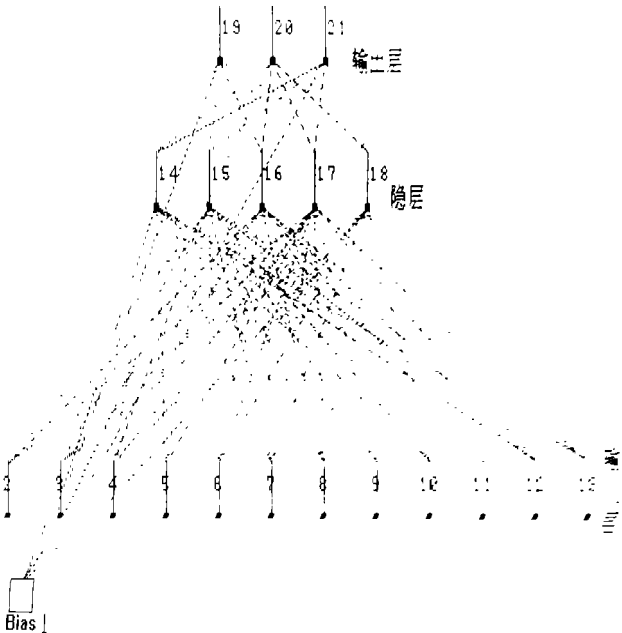


图 1 河北省环渤海区生态经济网络结构图

Fig. 1 The structure of the ecological and economic artificial neural networks around Bohai area of Hebei province

次后, 网络趋于稳定, 学习完成后的网络各神经元的联结权重较初始状态发生了较大变化, 各结点的权重大小以方框以示区别 (图 2)。

表 1 河北省环渤海区生态经济神经网络学习数据表  
Tab. 1 Learning data of the ecological and economic neural networks around Bohai area of Hebei province

年份	网络输入层 (2~13) 和输出层 (19~21) 各神经元学习值														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	19	20	21
1991	0.806	1.000	0.727	1.000	0.832	0.650	1.000	1.000	0.407	0.747	0.668	0.745	0.48	0.60	0.56
1992	0.814	0.999	0.752	0.996	0.848	0.640	0.979	0.990	0.415	0.878	0.678	0.747	0.49	0.62	0.56
1993	0.821	0.997	0.791	0.988	0.894	0.639	0.982	0.985	0.428	0.852	0.753	0.748	0.52	0.62	0.60
1994	0.830	0.997	0.843	0.974	0.878	0.666	0.963	0.982	0.443	0.912	0.850	0.748	0.52	0.63	0.62
1995	0.834	0.997	0.877	0.970	0.893	0.712	0.937	0.982	0.443	1.000	0.855	0.749	0.54	0.64	0.65

表 2 河北省环渤海区生态经济网络测试数据表  
Tab. 2 Test data of the ecological and economic artificial neural networks around Bohai area of Hebei province

年份	网络输入层各神经元测试值和输出层 (19~21) 神经元输出值														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	19	20	21
2000	0.889	0.991	0.920	0.936	0.923	0.855	0.791	0.843	0.584	0.898	0.922	0.806	0.51	0.64	0.61
2010	1.000	0.981	1.000	0.871	1.000	1.000	0.598	0.743	1.000	1.000	1.000	1.000	0.51	0.65	0.63

1.4.3 网络的测试 在网络学习完成后, 用各指标 2000 年和 2010 年两个时段的预测值 (三个输出神经单元除外) 进行网络测试, 获得三种指数的输出结果 (表 2)。

1.4.4 环渤海区生态经济网络运行结果分析 比较生态指数、经济指数、社会指数实际值(1991 年~1995 年)与网络模拟运行值(2000 年和 2010 年)可以看出, 虽然资源、人口、环境等因子对于社会经济系统有单项增益作用或无作为, 然而系统整体的效益指数比 1994 年和 1995 年有所下降, 与 1993 年大致相当, 特别是生态效益指数下降较多, 只有经济效益略有增加 (表 3)。究其原因, 主要是人口、资源、环境和经济、社会系统不能协同发展。对于生态经济系统, 水资源的匮乏、人口的过快增长产生阻遏作用, 环境的人为破坏产生逆作用。

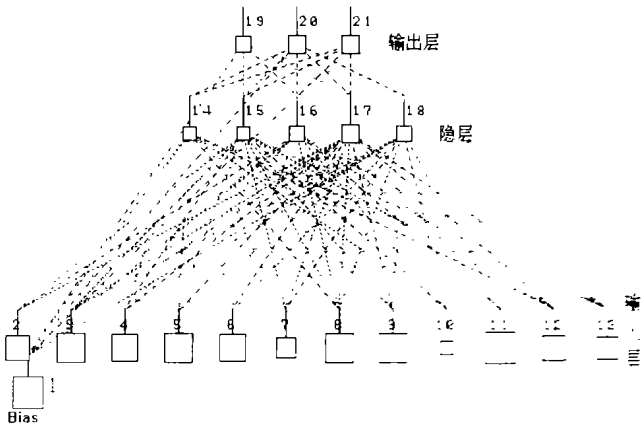


图 2 河北省环渤海区生态经济网络运行结果图  
Fig. 2 The run results of the ecological and economic artificial neural networks around Bohai area of Hebei province

要在预期的时限内实现人口、资源、环境和社会经济系统的协同发展，必须调整前面所做的各要素在 2000 年和 2010 年的预测值。具体步骤是：首先，确定输出端各指数在预测时段的具体数值，实际做法是将秦皇岛市域、唐山市域、沧州市域的经济和社会发展目标（载于各市域《“九五”计划和 2010 年远景目标规划》）细化成生态、经济、社会效益指数。其次逐一调整输入端的指标值，观察输出端各指数的动态变化情况；最后，当输出端各指数值输出值与期望值最接近时（误差最小），将输入端各指标值作为预期年份人口、资源、环境的规划值。

根据上述操作程序，运行河北省环渤海区生态经济网络模型，得出 2000 年和 2010 年各要素指标的规划值（输出端目标值 2000 年为生态：0.55、经济：0.65、社会：0.63；2010 年为生态：0.60、经济：0.68、社会：0.65）。

从表 4 中各指标数据的增减状况来看，要实现 2000 年和 2010 年两个时段的社会、经济、环境规划目标，人口、资源、环境各子系统的主要因子均应做数量上的调整，大致态势是：总人口规模应有所减少，耕地资源递减的势头应加以遏制，建设用地的年递增率应有所下降，水资源供给量同预测量持平，工业废水排放量应大幅度降低，能源消费量比预测量稍有减少。

表 4 河北省环渤海区生态经济系统人口、资源、环境协调表

Tab. 4 Coordinated development among the population, resource and environment of the ecological and economic system around Bohai of Hebei province

年 份	指 标	总人口	耕地资源	水资源	能源资源	建设用地	废水排放量
1995 年	实际值	1 578. 00	156. 87	48. 68	3 374. 27	50. 68	35 263. 00
	预测值	1 683. 24	156. 01	58. 45	3 968. 17	53. 13	46 495. 00
2000 年	调整值	1 673. 21	156. 40	58. 45	3 672. 21	52. 00	43 049. 00
	预测值	1 892. 47	154. 44	68. 36	5 155. 96	57. 53	79 565. 00
2010 年	调整值	1 862. 71	155. 13	68. 36	4 657. 66	55. 67	71 206. 00

指标单位：人口-万人，耕地、建设用地-10<sup>4</sup>hm<sup>2</sup>，水资源-10<sup>8</sup>t 工业废水排放量-10<sup>4</sup>t，能源资源-万吨标煤。

1. 4. 5 不同经济发展水平下资源、环境演替趋势 基于上述的人工神经网络模型运行原理，通过模拟分析不同经济发展参数下，生态经济系统各要素值的变化情况，推断出预期的资源、环境变化趋势：

(1) 按照现行规划中提出的“九五”12.5%（全省平均 11.0%）的经济发展速度，系统不可能正常运行。其表征为能源资源供给量有一定缺口，建设用地年递增量 466.67 hm<sup>2</sup>，耕地年递减率约 0.15%，水资源严重阻遏，环境系统超载（排放增长量大于排放削减增长量）。

表 3 河北省环渤海区生态经济网络运行结果表  
Tab. 3 The run results of the ecological and economic artificial neural networks around Bohai area of Hebei province

年 份	生态效益指数	经济效益指数	社会效益指数
1991	0. 48	0. 60	0. 56
1992	0. 49	0. 62	0. 56
1993	0. 52	0. 62	0. 60
1994	0. 52	0. 63	0. 62
1995	0. 54	0. 64	0. 65
2000	0. 51	0. 64	0. 61
2010	0. 51	0. 65	0. 63

(2) 按照 9.0% ~ 10.0% 的经济发展速度, 生态经济系统在高负载下运行。其表征为能源资源可以支撑, 耕地资源年递减率约为 0.10%, 水资源有 20% 的缺口, 环境质量 (排放量增长量与削减增长量基本持平) 大致同基准年相当。

(3) 按照  $8.0\% \pm 0.5\%$  的经济发展速度, 生态经济系统运行良好。其表征为能源资源可以支撑, 水资源有少量缺口, 耕地资源数量动态平衡, 建设用地年递增量控制在  $166.67 \text{ hm}^2$  左右, 环境质量 (排放增长量小于排放削减增长量) 逐渐提高。

## 2 生态系统和经济系统协调发展的对策

从系统协调进化的角度剖析社会经济系统, 其运行的动力学基础在于资本流转方式、速度和强度, 它决定了生产要素的配置、生产力的布局、经济发展速度、环境负载程度以及资源的耗竭速率。因此, 把握了资本进入系统的通量密度和流转路径 (或称投资强度和投资方向) 便可明晰系统的演化态势<sup>[2]</sup>。从系统的结构和因子的形态来分析, 经济和社会活动是否对环境与资源产生直接作用, 关键在于生产过程中资本由货币向生产资料的形态转化以及在各个社会、经济部门的分配比例。归根结底, 人口、资源、环境、社会、经济各子系统耦合形成的区域性社会经济系统的联结是以资本流转为纽带的, 要实现生态系统与经济系统增益放大联结和良性循环, 必须以控制能量投入 (以资本为衡量指标) 的方向和强度为基点, 调整经济发展速度, 控制人口增长速率, 优化土地使用结构。基于此种理念, 我们对河北省环渤海区社会经济系统进行系统能量学的分析, 其观点是生态与经济子系统联结层面的能量交换, 目标是寻求在满足社会进步和最小资源与生态代价前提下最适经济活动模式。

### 2.1 调整用地结构, 增大生态用地比例

土地是各种经济活动的空间场所, 同时也是自然生态环境的负载体。根据全区目前的生态环境状况, 要在规划时段内为经济建设和社会发展提供良好的生态环境, 实现生态系统对经济系统的增益联结, 除适当减缓经济发展速度、提高公众生态意识, 积极治理环境污染外, 还要调整土地利用结构, 适当增加生态建设和保护用地数量, 为生态环境的显著改善提供空间场景。

在土地利用结构中, 具有自然生态意义 (生态贡献率大于 50%) 的土地约有  $114.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 约占全区土地总面积的 32.32%, 主要是林地、牧草地、水域以及未利用地中除去裸土地和裸岩石砾地的部分。其中纯自然生态用地 (生态贡献率大于 80%) 为  $38.38 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占土地总面积的 10.80%, 主要是林地和牧草地。其它尚有一些土地具有部分生态功能 (生态贡献率小于 50%) 如耕地、果园等, 将其归为经济与生态建设用地。交通用地、城建用地和农村居民点用地虽不具有自然生态意义, 但对社会生态环境意义较大, 将其列入社会发展与公益用地。

在“生态效益为基础, 经济效益为核心, 社会效益为主导”的原则指导下, 利用“交互作用多目标规划”技术<sup>[9]</sup>, 经过几轮迭代比较, 确定了全区 2000 年和 2010 年两个时段生态建设和保护用地规划指标 (表 5)。

表 5 河北省环渤海区生态用地规划表 (单位:  $\times 10^4 \text{ hm}^2$ )

Tab. 5 The land planning for ecological purpose around Bohai of Hebei province

项 目	2000 年	2010 年	项 目	2000 年	2010 年
自然生态用地	118.92	123.39	经济建设用地	4.68	5.01
经济与生态建设用地	177.69	178.02	社会发展与公益用地	45.37	45.71

在规划方案中, 自然生态用地和经济与生态建设用地数量有较大增加, 其中自然用地的增加额由现状的裸岩砾地经过封山育林等自然和人为措施转化而来, 内部结构的显著变化是林地面积扩大较多。经济与生态建设用地中, 耕地增加较少, 基本保持动态平衡, 园地面积增加较多。

2.2 转变经济发展模式, 适当减缓经济发展速度

长期以来, 河北省环渤海区沿用高消耗高产出的外延型经济发展模式, 直接后果是生态破坏、环境恶化、资源耗竭。事实证明, 如果不转变经济发展模式, 单靠采取一些补救性措施, 生态环境逆变、资源枯竭的态势不可能得到抑制。要实现社会、经济、生态三种效益协调统一的发展战略, 经济发展模式应由“速度粗放型”转为“效益集约型”, 由“物质投入主导型”向“科技投入主导型”转变, 建立一在低价维持资源本底自然途径下, 把适度经济活动强度、再循环和持久增长等融为一体的全新的经济发展模式。

(1) 调整经济发展速度。《河北省国民经济和社会发 展“九五”计划和 2010 年远景目标纲要》提出的经济发展速度是国内生产总值年均递增 11.0% 以上, 环渤海区的大多县市经济发展水平较高, 要实现全省的经济增长指标, 应负载更高的增长速度。然而, 要人口、资源、环境、社会、经济系统的持续协调发展, 国民经济的发展速度应适当减缓, 控制在国内生产总值年递增 7.5% ~ 8.5% 为宜。

(2) 控制资本总量投入。能量投入比例与通常衡量经济系统的产出/投入比不同, 它用以表征一个地区经济建设和发展过程中外部能量投入 (主要表现为资本输入) 对于生态环境影响程度。能量投入比例越大, 环境负载越重<sup>[2]</sup>。H. T 奥得姆的能量投入比率计算公式为:  $E = F/I$ 。式中,  $F$  为主系统反馈输出到过程的能量,  $I$  为输入过程的能量。

$I$  项 (输入生产过程能量) = 总投资+ 非更新资源消耗量+ 更新资源消耗量。其中, 总投资按 20.50 万元/ $10^4 \text{ t}$  价格 (1995 年) 折合成  $10^4 \text{ t}$  标煤。更新资源消耗量用农林牧渔中间消耗量代替 (大农业生产主要消耗更新资源)。1995 年总投资为 405.48 亿元, 相当于能量投入  $197\,795 \times 10^4 \text{ t}$  标煤, 非更新资源消耗量为  $3\,374.27 \times 10^4 \text{ t}$  标煤, 农林牧渔业中间消耗量为 178.02 亿元, 按资源消耗系数 0.60 计算, 更新资源消耗量  $52\,103.41 \times 10^4 \text{ t}$  标煤。 $I$  项总计为  $253\,273 \times 10^4 \text{ t}$  标煤。

$F$  项 (主系统反馈输出能) = 劳动者报酬+ 生产商品价值= 475.13+ 766.50= 1 241.63 (亿元)。相当于  $605\,673 \times 10^4 \text{ t}$  标煤。

$E$  (能量投入比率) =  $F/I = 605\,673/253\,273 = 2.39$ 。

1995 年全区能量投入比率相当于 1975 年美国能量投入水平 (Boynton, Odum, 1975)。预计到 2000 年能量投入比例可达 2.50。根据国外的研究结果<sup>[2]</sup>, 在此数值之上, 环境负载将进一步加重, 应适当控制对生产过程的能量输入, 特别是资本总量水平。

(3) 调整产业结构, 推进生态化经济产业建设进程。在调整产业结构时应坚持“巩固第

一产业的基础地位，突出第二产业的主导作用，大力发展第三产业”的原则。

当经济活动与自然生态系统发生联系时，它将消耗自然生产系统的一些产物，林业、渔业和畜牧业即是这方面的例子。生产具有经济用途的项目的链条被拉紧。一个好的共生耦合系统要求有一个加强那个被如此之多的使用以致它的经济用途将被耗尽的链条的反馈环，农业是具有这种反馈环的产业<sup>[2]</sup>。因此生态农业是维系生态系统和经济系统耦合共生的链条之一。因而，第一产业发展中应大力推行生态农业建设步伐。在滨海、山区、半山区推广旱作农业、雨养农业等生态经济型农业。第二产业的结构调整应优先发展能耗少、污染轻、资源经济的行业。适时推进清洁产业（环保产业）的发展速度，加快生态化经济产业的建设进程。在一定时段内宁可牺牲一些经济利益，也应杜绝区外（特别是京津和国外）重污染企业进入本区。第三产业要加快发展速度，秦皇岛市域的旅游资源十分丰富，应加大开发力度。

参 考 文 献

1 河北省人民政府. 河北省经济统计年鉴. 北京 中国统计出版社, 1996.

2 H T 奥德姆. 系统生态学. 北京 科学出版社, 1993.

3 苏懋康. 系统动力学. 上海 上海交通大学出版社, 1988.

4 张超等著. 地理系统工程. 科学出版社 1993.

5 胡守仁等. 神经网络导论. 北京 国防科技大学出版社, 1993.

6 张际先等. 神经网络及其在工程中的应用. 北京 机械工业出版社, 1996.

7 Sovan Lek, Marc Delacoste. Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. *Ecological Modelling*, 1996, **90** 39~52

8 Jose M. Paruelo, Fernando Tomasel. Prediction of functional characteristics of ecosystems: a comparison of artificial neural networks and regression models. *Ecological Modelling*, 1997, **98** 173~186

9 李双成等. 秦皇岛市土地生态环境保护规划, 1994.

作 者 简 介

李双成，男，1961年生。现为中国科学院地理研究所博士，专业方向为地球系统科学与可持续发展。近年主要论著有《河北植被》等十余篇（本）。



# AN ANALYSIS ON COORINATED DEVELOPMENT OF THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC SYSTEM AROUND BOHAI AREA OF HEBEI PROVINCE

Li Shuangcheng

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Gao Weiming Liu Lian

(*Department of Geography, Hebei Teachers University, Shijiazhuang 050016*)

## Abstract

Sustainable development of regional social and economic system depends on the coordinated degree of system components and the gain coupling with ecosystem. Stimulating and regulating socioeconomic system become a challenging work due to its complexity. The weakness in dealing with diffusely coupling, nonlinear and high order equation makes the traditional methods, such as system dynamics and multiobjective planning analysis, become less important in modeling behavior and dynamic character of socioeconomic system.

In this paper, a feed forward artificial neural network (ANN) with back propagation (BP) is tested to simulate structure and function of socio-economic system.

A BP model established by BP builder consists of input layer, hidden layer and output layer. We choose 12 factors, such as total population, cropping land, forest land, water resource and forest-cover rate, as variables of neurons at input layer. At output layer, three neurons stand for the ecological quality index, economic development index and social development index. We generate a set of training data by means of real value of socioeconomic system's components from 1991 to 1995 and then train the BP model.

Having served to predict and regulate real socioeconomic system around Bohai area of Hebei province, the BP model shows that a goal of coordinated development between ecosystem and socioeconomic system will become true by slowing down the economic development speed, increasing land area for ecological purposes, and reducing capital investment and energy input to the ecosystem.

**Key words** artificial neural networks, energy input, ecological and economic system, Hebei province