

可持续发展自组织特征映射神经网络评价^{*}

厉红梅¹, 李适宇¹, 林卫强²

(1. 中山大学环境科学与工程学院, 广东 广州 510275;

2. 深圳市环境保护局, 广东 深圳 518026)

摘 要: 针对目前可持续发展评价模型存在的缺点和不足, 提出了一种基于可持续发展多维空间体系的自组织特征映射神经网络评价方法, 并用该方法对 2000 年广东沿海地区可持续发展情况进行了评价。结果表明: ① 珠三角沿海地区可持续发展整体水平高于其它沿海地区; ② 可持续发展自组织特征映射神经网络评价结果不仅能反映区域可持续发展相对程度, 而且能区别不同区域的发展类型, 该方法用于可持续发展评价具有一定的可行性。

关键词: 可持续发展; 自组织神经网络; 评价; 广东

中图分类号: F061.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 06-0159-04

20 世纪 90 年代以来, 国际上涌现出多种可持续发展评价模型。这些模型基本上可以归纳为两种类型: 一类为概念模型, 另一类主要为线性加权模型。概念模型可操作性较差; 线性加权模型从数学上讲是可持续发展指标的一维线性叠加。然而, 由于可持续发展系统是由经济、社会、资源环境三大系统及其子系统和要素所构成的多维空间非线性巨系统, 一维线性叠加损失了多维空间的几何属性^[1], 因此, 难以反映多维空间中各指标间的非线性关系。

神经网络是 19 世纪末期发展起来的一种人工智能方法。本文利用自组织特征映射神经网络 (self organizing feature map neural network, 简称自组织神经网络或 SOM) 强大的非线性映射能力, 研究可持续发展综合测度问题, 旨在建立一种更合理的可持续发展评价方法。

1 SOM 网络简介

SOM 网络由芬兰 Helsinki 大学的 Kohonen 教授在 1981 年首先提出。SOM 网络的拓扑结构共两层, 即输入层与输出层 (也称竞争层)。SOM 网络工作原理是: 当网络接受外界输入模式时, 将会分为不同的区域, 各区域对输入模式具有不同的响应特征, 特征相近的输入模式距离较近, 否则相反。

在 SOM 网络分析中, 通过计算自组织图中每一神经元权向量与其相邻神经元权向量间的距离得

到的矩阵称为统一距离矩阵 (Unified distance matrix, 简称 U matrix), 通过 U matrix 矩阵, 可以直观地观察整个自组织图中各神经元间的相对距离。网络性能的好坏, 主要由平均量化误差和拓朴图形误差这两个参数来反映。

2 可持续发展系统

2.1 可持续发展多维空间

根据可持续发展的组成结构, 将可持续发展系统分为经济子系统、社会子系统和资源环境子系统 3 个基本子系统, 每子系统和要素都可以看成是可持续发展的一维 (一种属性), 所有子系统和要素一起构成了多维的可持续发展系统空间。区域可持续发展评价, 本质上是对该区域的发展状态在可持续发展多维空间中所处的几何位置 (状态点) 进行的描述和评价, 如图 1 所示。

2.2 可持续发展理想状态与目标状态

由于可持续发展系统随时间动态变化, 其理想状态也随时间动态变化。人类社会只能无限接近, 而不能真正达到可持续发展的理想状态^[2]。人们很难确定可持续发展各指标的理想值, 常常通过制定目标值的方法来评价当前发展状态距离可持续发展目标的远近^[3]。当对多个区域的可持续发展程度进行比较时, 由于区域差异性, 它们具有各自不同的理想值, 通过制定目标值, 不同区域评价具有相同的衡量尺度和参考标准, 评价结果具有一定的可比

* 收稿日期: 2003-11-07

基金项目: 广东省“科技创新百项工程”资助项目 (ZKB06202S)

作者简介: 厉红梅 (1975 年生) 男, 博士研究生; 通讯联系人: 李适宇, 博士生导师; E-mail: eeslsy@zsu.edu.cn

性 (图 1)。

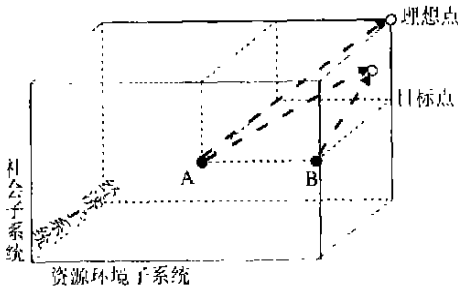


图 1 可持续发展多维空间

Fig 1 Multidimensional space of sustainable development

A、B 分别代表 2 个不同的可持续发展状态点

3 可持续发展 SOM 网络评价

3.1 理论基础

可持续发展系统是一个多维空间系统, 而 SOM 网络本质是一种多维空间到低维空间的非线性映射, 这种映射能使这两种原在多维空间中的信息损失量最小, 因此, SOM 网络非常适于处理多维非线性系统, 如可持续发展系统。可持续发展多维空间映射到低维空间后, 原来分布在多维空间中的状态点就投影到低维空间中, 这时人们就非常容易观察各个点在原多维空间中的分布情况, 据此判断各状态点所代表的不同区域或时段时的可持续发展情况, 或观察系统的演化运动轨迹。

3.2 评价程序

3.2.1 指标的筛选 可持续发展评价要求所选指标必须相互独立。在进行可持续发展评价前, 应该对所选指标进行独立性检验, 筛选独立性较强的关键指标进行评价^[4]。

3.2.2 指标的标准化 由于不同指标的量纲不同, 不能进行相互比较, 必须对指标进行标准化处理。通常采用的标准化方法是将所有指标归一化到(0, 1)的单位区间中。因为指标的理想值很难确定, 这里采用目标值代替理想值对各指标进行标准化处理^[5]。

3.2.3 指标权重的设置 本文采用专家打分与层次分析法相结合的方法来确定各指标的权重。

3.2.4 SOM 评价 指标被赋予不同的权重后, 可持续发展单位多维空间变成以各指标权值为各维长度的多维空间。把标准化的各指标值乘以各自的权重, 作为 SOM 网络的输入参数, 对 SOM 网络进行训练, 当训练结束后, 可持续发展多维加权空间就投影到低维 SOM 网络中, 区域可持续发展状态点落到 SOM 网络的某一神经元上, 与目标点所在神经元进行比较, 就可以直观观察和评价该区域可持

续发展的相对程度。

4 广东沿海地区可持续发展 SOM 网络评价实例分析

为了检验 SOM 网络评价方法的实用性, 用该方法对广东省 15 个沿海地区 2000 年的可持续发展状况进行评价。

4.1 指标选取与权重确定

根据指标选取的原则, 经独立性检验, 从初始选取的近 100 个指标中筛选出 32 个主要指标构成广东沿海地区可持续发展评价指标体系。各指标原始数据主要来源于“广东统计年鉴”^[6]、“广东农村统计年鉴”^[7]、“中国城市统计年鉴”^[8]及广东省环境保护局和广东省水利厅发布的公报和报告等。指标目标值的确定主要以广东“十五”规划、广东省现代化基本目标、广东省“十五”环境规划和各指标世界同期平均水平及全国平均水平等作为参考, 少量难以确定目标值的指标暂以所有区域中的最优值作为参考标准。

在广泛调查不同领域专家意见的基础上, 利用层次分析法确定各指标的权重。具体指标及权重见表 1。

4.2 SOM 网络评价模型构建

(1) 输入层: 输入层参数为 32 个评价指标, 具体数据是各指标经标准化和加权后的数据。

(2) 输出层: 输出层为二维平面空间, 由 108 个神经元构成 (12×9)。

(3) 训练参数: 初始学习速率 $\eta(0)$ 为取 0.1, 最大训练次数为 50 000 次。

5 结果与讨论

5.1 评价结果

通过编写 Matlab 程序, 计算得出 2000 年广东省 15 个沿海地区的可持续发展水平 SOM 网络评价结果。各地区在 SOM 网络神经元上的分布情况见图 2, 其对应的 U matrix 见图 3。

SOM 网络的平均量化误差为 0.003, 拓扑图形误差为 0.012, 表明 SOM 评价结果能比较真实地反映各评价区域在原可持续发展多维空间中的分布情况。

在图 2 中, 可持续发展的目标点位于 SOM 网络最左下角的神经元上, 其余各区域分别分布于 SOM 网络的不同神经元上。对照图 2 和图 3, 可以看出, 从 SOM 网络的最底部到最顶部, 在各神经元上分布的各区域可持续发展水平大致呈逐渐降低的趋势。深圳离可持续发展目标最近, 可持续发展

表 1 可持续发展评价指标及权重

Tah 1 Sustainable development evaluation indicators and their weights

经济子系统		社会子系统		资源环境子系统	
指标	权重	指标	权重	指标	权重
人均 GDP	0.1000	人口密度	0.0256	森林覆盖率	0.0290
第三产业产值占 GDP 比重	0.0825	人口自然增长率	0.0061	城市建成区绿化覆盖率	0.0107
工业全员劳动生产率	0.0267	每万人大专以上人口	0.0466	人均水资源拥有量	0.0644
万元工业产值电耗	0.0056	人均教育年限	0.0466	人均耕地面积	0.0644
万元工业产值废水排放量	0.0056	每万人医生数	0.0083	空气质量综合污染指数	0.0454
万元工业产值废气排放量	0.0056	城市人均公共绿地面积	0.0083	水质综合污染指数	0.0454
公路密度	0.0572	人均住房面积	0.0250	工业废水处理率	0.0074
人均港口货物吞吐量	0.0143	失业率	0.0093	城市生活污水处理率	0.0074
固定资产投资额占 GDP 比重	0.0286	社会保险覆盖率	0.0146	工业废气治理率	0.0074
		城乡收入差别倍数	0.0278	工业固体废弃物处理率	0.0074
		财政投入占 GDP 比重	0.0938	环保投入占 GDP 比重	0.0523
		教育投入占 GDP 比重	0.0313		

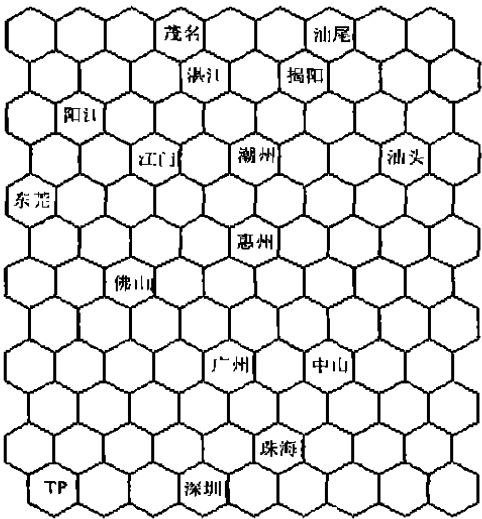


图 2 可持续发展总体水平 SOM 网络评价

Fig 2 SOM evaluation for total level of sustainable development
TP 代表可持续发展目标点

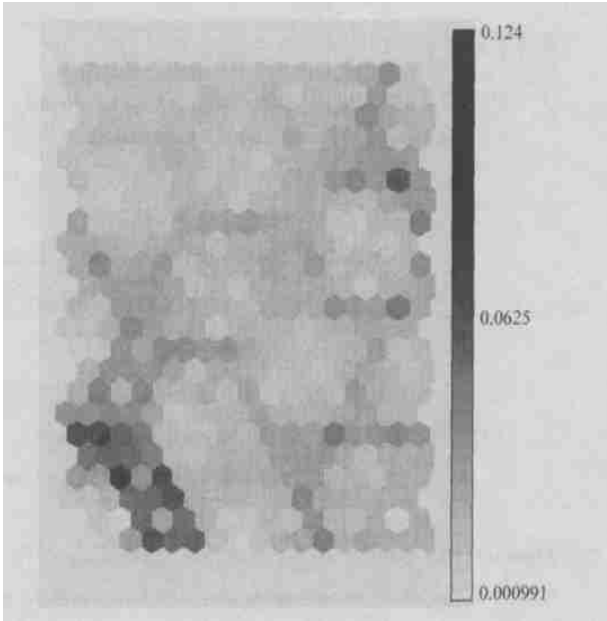


图 3 统一距离矩阵

Fig.3 The U matrix

水平相对最高，其次是珠海，而茂名和汕尾则距离可持续发展目标较远，可持续发展水平相对最差。通过计算 U matrix，得出各地区可持续发展水平从高到低顺序依次为：深圳、珠海、广州、中山、佛山、惠州、东莞、江门、潮州、汕头、阳江、揭阳、湛江、汕尾和茂名。因此，从整体上看，在广东省沿海地区中，珠江三角洲区域的可持续发展整体水平明显高于其它地区。

通过观察各地区在 SOM 网络中所处神经元的位置，还可以比较不同地区间的可持续发展类型是否相似。例如，尽管汕头和阳江地区的可持续发展整体水平较为接近，然而，从图 2 和图 3 可以看出在

可持续发展多维空间中这两个地区相距较远，它们的整体发展类型有较大差异。分析各指标原始数据，发现这种差异主要是它们在经济社会与资源环境发展水平上相互不一致造成的。如 2000 年汕头地区的人均 GDP 为 10 509 元，而阳江地区人均 GDP 仅为 6 721 元；汕头地区人均水资源拥有量为 418.62 m³/人，是广东沿海人均水资源量较为稀少的地区，已低于人均水资源 500 m³/人的警戒线，而阳江地区的人均水资源拥有量为 2 775.60 m³/人，在沿海地区中仅次于惠州，是人均水资源拥有量相对较为丰富的区域。

5.2 讨 论

统是一个复杂的巨系统。对小系统的评价比较容易, 评价结果较为准确。但是, 随着系统越来越庞大, 结构越来越复杂, 系统中不确定因素就越来越多, 因此, 对系统的评价就越困难, 评价中的人为因素逐渐增大, 评价结果的可信度变差。正是由于系统的复杂性, 不同研究者可能从不同的角度去观察它, 使得可持续发展评价仁者见仁、智者见智, 这是可持续发展评价方法层出不穷, 至今仍没有公认的衡量方法和体系的根本原因^[9]。

可持续发展 SOM 网络评价结果是在低维空间上对多维空间中各指标属性关系的映射和再现, 它不仅能反映可持续发展的相对程度, 而且还能揭示可持续发展的类型。将该方法应用于 2000 年广东沿海地区可持续发展评价, 表明该方法评价结果较为合理, 具有一定的可行性。

参考文献:

[1] RONCHI E, FEDERICO A, MUSMECI F. A system oriented integrated indicator for sustainable development in Italy[J] .

Ecological Indicators, 2002, (2): 197—210.

[2] 周海林. 可持续发展评价指标(体系) 及其确定方法的探讨[J] . 中国环境科学, 1999, 19(4): 360—364.

[3] RAVEITZ J. Integrated assessment for sustainability appraisal in cities and regions[J] . Environmental Impact Assessment Review, 2000(20): 31—64.

[4] GUSTAVSON K R, LONERGAN S C, RUITENBEEK H J. Selection and modeling of sustainable development indicators: a case study of the Fraser River Basin, British Columbia[J] . Ecological Economics, 1999(28): 117—132.

[5] PHILLIS Y A, ANDRIANTSAHOLINAINA L A. Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic[J] . Ecological Economics, 2001, 37: 435—456.

[6] 广东省统计局. 广东统计年鉴(2000)[M] . 北京: 中国统计出版社, 2001.

[7] 《广东农村统计年鉴》编纂委员会. 广东农村统计年鉴(2000)[M] . 北京: 中国统计出版社, 2001.

[8] 国家统计局城市社会经济调查总队. 中国城市统计年鉴(2000)[M] . 北京: 中国统计出版社, 2001.

[9] 匡耀求, 乔玉楼. 区域可持续发展的评价方法与理论模型研究述评[J] . 热带地理, 2000, 20(4): 327—330.

Sustainable Development Evaluation Using Self-organizing Feature Map Neural Network

LI Hong mei¹, LI Shi yu¹, LIN Wei qiang²

(1. School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Shenzhen Environment Protection Bureau, Shenzhen 518026, China)

Abstract: Sustainable development evaluation is one of the interesting areas in sustainable development research fields. Aiming at the shortcomings and weaknesses of the present sustainable development models, a self-organizing feature map neural network evaluation method based on sustainable development multidimensional space system is put forward in this paper and then applied to the sustainable development evaluation of coastal areas of Guangdong Province. The results showed that: ① The total level of sustainable development of coastal areas in the Pearl River delta was higher than that of the other coastal areas. ② The evaluation results of self-organizing feature map neural network not only reflect the relative level of sustainable development, but also can distinguish the development types between different areas. This method is practicable for applying to sustainable development evaluation.

Key words: sustainable development; self-organizing neural network; evaluation; Guangdong