

供需网企业动态合作影响因素分析^{*}

何源^a, 徐福缘^{a,b}

(上海理工大学 a. 管理学院; b. 超网络研究中心, 上海 200093)

摘要: 面对复杂多变的市场环境, 供需网成员企业之间更多地是要考虑寻求建立合作伙伴关系, 以在更大范围内实行专业化分工, 有效降低企业各类经营成本, 充分实现系统规模效应。基于此, 讨论了供需网及其企业的基本特征, 结合博弈理论分析方法和最小二乘曲线拟合思想, 构建了供需网企业动态合作演化博弈模型, 并对合作博弈的结果进行了分析, 得出最优合作期望收益函数以及合作收益系数这一影响供需网成员企业动态合作选择的重要因素。

关键词: 供需网; 合作伙伴关系; 博弈分析; 收益函数

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)12-3667-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.12.038

Analysis of factors influencing dynamic cooperation between enterprises of supply and demand network

HE Yuan^a, XU Fu-yuan^{a,b}

(a. School of Business, b. Center for Supernetworks Research, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Confronted with the complex and changeable market environment, the supply and demand network member enterprises should consider putting more energy on establishing the cooperative partnerships to realize division of labor based on specialization within a greater range, effectively reduce the various operating costs of enterprises and fully realize the scale effect of the system. Based on this situation, this research first introduced the essential features of enterprises in supply and demand network. Then set up the evolutionary game model on the dynamic cooperation between the enterprises of supply and demand network by applying the analytical methods of game theory and incorporating the theory of least-square curve fitting, in addition, the expected income function on optimum cooperation and the cooperative income coefficient—the important factor influencing the selections during the dynamic cooperation between the supply and demand network member enterprises were worked out by analyzing the game results in this article.

Key words: supply and demand network; cooperative partnership; game analysis; revenue function

0 引言

随着科技的进步和经济的发展, 市场已从传统的相对稳定逐步演变为动态多变的局面, 任何一家企业想稳固维持独领风骚局面的状况已经受到严峻挑战。为此, 许多有识之士呼吁企业经营须由“以竞争为主”向“以合作为主, 竞争为辅”的战略转变, 学术界因而相应地提出了一些企业经营管理的新模式。多功能开放型企业供需网(supply and demand network with multi-function and opening characteristics for enterprises, SDN)^[1,2], 这是指以全球资源获取、全球制造、全球销售和提高企业综合能力为目标, 相关企业之间由于供需流的交互作用而形成的多功能开放式的供需一体化动态网络模式。其中, 供需流包括产品、资金、管理、技术、知识、人才等在内的诸多显性和隐性供需, 这些供需之间以一种非常紧密的相关性相互依存, 并始终处于全球范围内流动的动态变化之中。总体说来, 企业之间的关系可以划分为合作关系、中立关系(无关系)和竞争关系三种情况。以合作为主战略的基本点之一是要尽量

地扩大合作关系和减少竞争关系以实现 $1+1>2$ 的系统集成功效。正因如此, 供需网的特征理念主张企业间需进行多样性合作、包容性合作、充分开放性合作以及动态网络性合作。从系统论的观点来看, 系统的产出需有必要的投入(需有输入转换为输出), 那么在既定的资源和系统目标等约束条件下, 供需网企业不可能、也没有必要与所有企业都成为合作伙伴, 也不可能都成为竞争者, 即绝大多数企业是以中立者角色存在的。因此, 面对市场环境的变化和资源要素的短缺, 企业节点之间更多地是在寻求合作。

1 供需网及其企业的基本特征

归结起来有以下的几个基本特征^[3,4]:

1) 功能多样性(或多样性合作)

供需网突破了传统供应链主要围绕产品而进行合作的模式, 而强调将资源交互扩展至多方面以满足不同节点的不同供需合作关系。显然, 根据系统理论, 这种强调企业间建立多供需流的交互将有利于产生 $1+1>2$ 的系统集成效应(提高企业

收稿日期: 2013-02-03; **修回日期:** 2013-05-03 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(71171135); 上海市一流学科资助项目(S1201YLXK)

作者简介: 何源(1987-), 男, 江西南昌人, 硕士研究生, 主要研究方向为企业供需网及其管理(heyuanmvp@163.com); 徐福缘(1948-), 男, 浙江绍兴人, 教授, 博导, 主要研究方向为系统工程、企业供需网及其管理。

的综合能力)。

2) 开放充分性(或充分开放性合作)

供需网突破了传统供应链的理念,转变供应链与供应链之间的竞争模式(因供应链依然强调链内合作、链际竞争的理念)为企业间充分合作与共赢的合作模式,从而可促进真正意义上的全球资源共享和全球经济社会的和谐发展。

3) 内涵包容性(或包容性合作)

供需网与供应链相比,其网络节点内涵更为丰富,即既可以是单个企业,也可以是传统企业联盟(如供应链等)和其他各种最终消费者等。这种特性可使传统企业联盟摒弃以竞争为主的思维定势和逐步融入供需网的合作环境。

4) 结构网络性(或动态网络性合作)

供需网是一种由企业、企业联盟及最终消费者共同组成的网络,在该结构中所有的成员都可处于平等的地位。通过供需信息的驱动,在立体网络结构中的任意节点之间可以动态地建立起随时间变化的供需合作关系^[5]。

在供需网环境下,企业合作伙伴关系是指供需网企业节点之间为了实现某个特定的组织目标,在一定时期内基于有效的供需信息而形成的一种共享资源、共同获利、共担风险的供需合作关系^[6]。这种关系的建立既是一种动态演化过程,也是一种不断选择的过程。因此,可以考虑用博弈论的思想来分析供需网企业合作伙伴的选择及其动态合作过程。

2 影响企业动态合作的因素

供需网企业节点之间的动态合作演化,是由于在经过一定时期的供需合作后,合作各方会根据自身或其他企业的情况作出是否继续合作的决策结果^[7]。

1) 博弈假设设定

先作以下基本假设:

假设 1 供需网企业节点 E_1 和 E_k ($k=2,3,\dots,m$) 在一段时间 T 内进行供需合作。这种合作的总产出与合作企业的合作执行力(具体合作过程中的投入执行程度)以及多功能合作执行力(企业要不断地挖掘新的合作需求、机会和合作伙伴,以增强企业自身多功能合作的执行力)密切相关。假设企业进行合作的总产出是

$$Y = (1 + \lambda)(\alpha_1 X_1 + \alpha_k X_k + \beta_1 Z_1 + \beta_k Z_k) + \varepsilon \quad (1)$$

式中: X_1, X_k 分别表示企业节点 E_1 和 E_k 的合作执行力; α_1, α_k 表示 E_1 和 E_k 的合作执行力需求系数; Z_1, Z_k 表示 E_1 和 E_k 的多功能合作执行力,即企业寻求多功能合作的努力程度; β_1, β_k 表示 E_1 和 E_k 的多功能合作执行力需求系数; λ 表示 E_1 和 E_k 进行供需合作的合作收益系数,其取值根据合作的实际收益而定; $\alpha_1, \alpha_k, \beta_1, \beta_k > 0$ 且系数的大小取决于企业双方的合作执行力在供需合作中发挥的作用; ε 是均值为 μ 、方差为 σ^2 的外部随机变量。

假设 2 供需网企业节点 E_1 和 E_k 均依赖供需合作获得收益,且两企业的总成本分别由以下三部分组成^[8]:

a) 企业为维系已有的核心能力所采取的一切措施而产生的成本,称为核心能力投入成本,假设为常数;

b) 企业在供需合作过程中执行创造性活动而产生的成本,称为执行力产出成本,假设为合作执行力的以 e 为底的指数函数;

c) 企业在寻求多功能合作时付出的成本,称为多功能合

作成本,假设为多功能合作执行力的以 e 为底的指数函数。企业节点 E_1 和 E_k 的供需合作总成本函数可分别表示为

$$U_1 = C_1 + \theta_1 e^{X_1} + \xi_1 e^{Z_1} \quad (2)$$

$$U_k = C_k + \theta_k e^{X_k} + \xi_k e^{Z_k} \quad (3)$$

式中: U_1, U_k 分别表示 E_1 和 E_k 的供需合作总成本函数; θ_1, θ_k 表示 E_1 和 E_k 的合作执行力产出成本系数; ξ_1, ξ_k 表示 E_1 和 E_k 为多功能合作而付出的成本系数; C_1, C_k 表示 E_1 和 E_k 的核心能力投入成本; $\theta_1, \theta_k, \xi_1, \xi_k > 0$ 且均为常数。

假设 3 供需网企业节点 E_1 和 E_k 的合作收益分配形式是按一定比例分配的^[9]。此时,企业 E_1 和 E_k 在合作总收入中的分配比例系数分别为 γ_1, γ_k , 而且 $0 < \gamma_1, \gamma_k < 1$ 与 $\gamma_1 + \gamma_k = 1$, 企业 E_1 和 E_k 的合作收入分别为

$$\gamma_1(1 + \lambda)(\alpha_1 X_1 + \alpha_k X_k + \beta_1 Z_1 + \beta_k Z_k) \quad (4)$$

$$\gamma_k(1 + \lambda)(\alpha_1 X_1 + \alpha_k X_k + \beta_1 Z_1 + \beta_k Z_k) \quad (5)$$

2) 基于基本假设的博弈结果分析^[10,11]

合作收益分配模型:设 V_1 和 V_k 分别为企业节点 E_1 和 E_k 的期望收益,其收益函数表达式分别表示为

$$V_1 = \gamma_1(1 + \lambda)(\alpha_1 X_1 + \alpha_k X_k + \beta_1 Z_1 + \beta_k Z_k) - (C_1 + \theta_1 e^{X_1} + \xi_1 e^{Z_1}) \quad (6)$$

$$V_k = \gamma_k(1 + \lambda)(\alpha_1 X_1 + \alpha_k X_k + \beta_1 Z_1 + \beta_k Z_k) - (C_k + \theta_k e^{X_k} + \xi_k e^{Z_k}) \quad (7)$$

为求得整体收益最大化,可将式(6)对 X_1 求偏导,将式(7)对 X_k 求偏导,并均令其等于零,即

$$\frac{\partial V_1}{\partial X_1} = \gamma_1 \alpha_1 (1 + \lambda) - \theta_1 e^{X_1} = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial V_k}{\partial X_k} = \gamma_k \alpha_k (1 + \lambda) - \theta_k e^{X_k} = 0 \quad (9)$$

通过求解上述方程,可得企业 E_1 和 E_k 在纳什均衡条件下的合作执行力为

$$X_1^* = \ln\left(\frac{\gamma_1 \alpha_1 (1 + \lambda)}{\theta_1}\right), X_k^* = \ln\left(\frac{\gamma_k \alpha_k (1 + \lambda)}{\theta_k}\right)$$

同理,可得在收益最大化时,多功能合作执行力为

$$Z_1^* = \ln\left(\frac{\gamma_1 \beta_1 (1 + \lambda)}{\xi_1}\right), Z_k^* = \ln\left(\frac{\gamma_k \beta_k (1 + \lambda)}{\xi_k}\right)$$

从上述求解结果中可以看出,在追求自身收益最大化时,企业 E_1 和 E_k 分别以最优均衡合作执行力 X_1^*, X_k^* , 以及最优均衡多功能合作执行力 Z_1^*, Z_k^* 进行供需合作,则企业双方都将获得最优的期望收益 V_1^* 和 V_k^* , 此时企业的合作成本分别为 U_1^*, U_k^* 。

3 最优均衡条件下的企业动态合作

若对于企业 E_1 来说,在一定时期 T 内寻求与企业 E_k ($k=2,3,\dots,m$) 合作,其最优期望收益可以看做是它所付出成本的函数,即能够得出一系列数据点 $(U_1^{*(k)}, V_1^{*(k)})$, 其中 $k=2,3,\dots,m$; $U_1^{*(k)}$ 表示企业 E_1 与 E_k 合作所付出的成本; $V_1^{*(k)}$ 表示企业 E_1 与 E_k 合作所能得到的最优期望收益。

假设 $u = U_1^{*(k)}, v = V_1^{*(k)}$, 则有

$$v = f(u) \quad (10)$$

根据得到的 $m-1$ 个数据点 $(U_1^{*(k)}, V_1^{*(k)})$ ($k=2,3,\dots,m$), 可以在一定的假设曲线 $v=f(u)$ 下, 寻找到一个最接近于这些点的描述函数 $f(u)$, 以衡量企业 E_1 进行供需合作的最优期望收益趋势^[12]。

若函数 $f(u)$ 是已知的, 那么可直接计算各个 u_i 所对应的 $f(u_i)$ 值及其最优期望合作收益值 v_i^* ($i=2,3,\dots,m$)。这样就

能够得到在 u_i 点上的实际合作收益值与最优期望合作收益值之间的一个误差 $\delta_i = v_i^* - v_i$, 这个误差也是一个确定值。但是由于 $f(u)$ 在事先是未知的, 所以得设法予以求出。因为对应每一个 u_i 就有一个误差 δ_i , 且要使 δ_i 尽可能小, 所以就要找到一个值, 使其能够取代这 $m-1$ 个 δ_i 最小。在实际操作中, 常采用误差 δ_i 的平方和来度量误差 δ_i 的整体大小。

$$\text{令} \quad \delta = \sum_{i=2}^m \delta_i^2 \quad (11)$$

通过对该 δ 假设函数中的 $f(u)$ 求导数, 并令其等于零以求极值。该极值点实际上就是函数 $f(u)$ 的最小值点, 从几何意义上说, 就是要找到与给定点 $(U_1^{*(k)}, V_1^{*(k)})$ 的距离平方和为最小的曲线 $v=f(u)$, 如图1所示。这种函数称为拟合函数或最小二乘解, 求拟合函数的方法称为曲线拟合的最小二乘法^[13]。

本文采用多项式拟合形式, 来描述供需合作的最优合作收益趋势。现给定数据点 (x_k, v_k) ($k=2, 3, \dots, m$), v_k 表示企业 E_1 和 E_k 进行一次供需合作后, E_1 的最优期望合作收益值 $V_1^{*(k)}$, 显然 v_k 是关于合作收益系数 $(1+\lambda)$ 的函数, x_k 表示 E_1 和 E_k 合作所付出的成本 $U_1^{*(k)}$ 。假设 Ω 为最高次数不超过 t ($t \leq m$) 的所有多项式构成的函数集合, x^j 是最高次数不超过 t 的多项式的 j 次项, b_j 是多项式的系数。

现在要求函数

$$f_i(x) = \sum_{j=0}^t b_j x^j \in \Omega \quad (12)$$

满足

$$\begin{cases} S = \sum_{k=2}^m [f_i(x_k) - v_k]^2 = \sum_{k=2}^m \left(\sum_{j=0}^t b_j x_k^j - v_k \right)^2 = \\ \min_{(S)} \sum_{j=0}^t b_j x_k^j - v_k > 0 \Leftrightarrow (1+\lambda) < 1 \end{cases} \quad (13)$$

当拟合函数为多项式时, 称为多项式拟合, 满足式(13)的 $f_i(x)$ 称为最小二乘拟合多项式^[14]。显然

$$S = \sum_{k=2}^m \left(\sum_{j=0}^t b_j x_k^j - v_k \right)^2 \quad (14)$$

是关于多项式 $f_i(x)$ 系数 $b_0, b_1, \dots, b_t$ 的多元函数, 因此可以将上述问题转换为求 $S = S(b_0, b_1, \dots, b_t)$ 的极值问题。根据多元函数求极值的必要条件, 得

$$\frac{\partial S}{\partial b_i} = 2 \sum_{k=2}^m \left(\sum_{j=0}^t b_j x_k^j - v_k \right) x_k^i = 0 \quad (i=0, 1, \dots, t)$$

$$\text{即} \quad \sum_{j=0}^t \left(\sum_{k=2}^m x_k^{i+j} \right) b_j = \sum_{k=2}^m x_k^i v_k \quad (i=0, 1, \dots, t) \quad (15)$$

而式(15)是关于多项式系数 $b_0, b_1, \dots, b_t$ 的线性方程组, 若用矩阵表示可得如下的正规方程组或法方程组^[15]:

$$\begin{bmatrix} (m-1) & \sum_{k=2}^m x_k & \cdots & \sum_{k=2}^m x_k^t \\ \sum_{k=2}^m x_k & \sum_{k=2}^m x_k^2 & \cdots & \sum_{k=2}^m x_k^{t+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{k=2}^m x_k^t & \sum_{k=2}^m x_k^{t+1} & \cdots & \sum_{k=2}^m x_k^{2t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{k=2}^m v_k \\ \sum_{k=2}^m x_k v_k \\ \vdots \\ \sum_{k=2}^m x_k^t v_k \end{bmatrix} \quad (16)$$

可以证明, 式(16)方程组的系数矩阵是一个对称的正定矩阵, 故存在唯一解。从式(16)解出 b_j ($j=0, 1, \dots, t$), 从而可得多项式

$$f_i(x) = \sum_{j=0}^t b_j x^j \quad (17)$$

可以证明, 式(17)中的 $f_i(x)$ 满足式(13); 并且位于曲线 $f_i(x)$ 上方的数据点所对应的企业供需合作(交易)的合作收益

系数 $\lambda > 0$, 位于曲线 $f_i(x)$ 上的数据点所对应的企业供需合作的合作收益系数 $\lambda = 0$, 位于曲线 $f_i(x)$ 下方的数据点所对应的企业供需合作的合作收益系数 $\lambda < 0$ 。故 $f_i(x)$ 即为所求的拟合多项式, 其拟合曲线如图2所示。

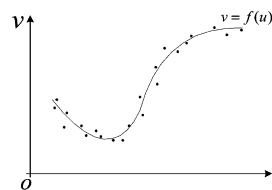


图1 最小二乘拟合曲线 $f(u)$

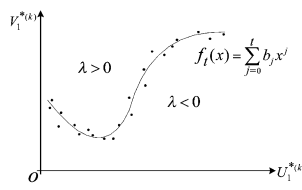


图2 企业供需合作的最小二乘拟合函数 $f_i(x)$

将 $\sum_{k=2}^m [f_i(x_k) - v_k]^2$ 称为最小二乘拟合多项式 $f_i(x)$ 的平方误差, 记做

$$S^* = \sum_{k=2}^m [f_m(x_k) - v_k]^2 \quad (18)$$

一般而言, 在 $T+1$ 时段, 如果供需网企业合作的最优合作期望偏离 $f_i(x)$ 函数, 进入合作收益系数 $\lambda < 0$ 区域, 此时便不能吸引企业继续进行合作, 此刻的企业就会寻找其他的合作伙伴。如图3所示。

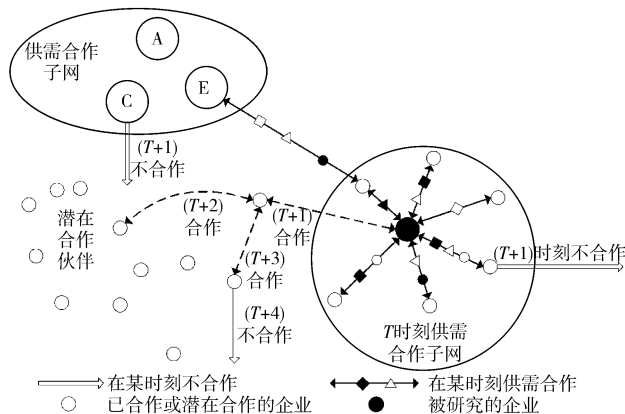


图3 基于拟合函数 $f_i(x)$ 的供需网企业动态合作演化

4 结束语

供需网企业动态合作的演化过程与企业合作最优期望收益拟合函数相关, 并受到合作收益系数的影响。与此同时, 合作执行力与多功能合作执行力及其各项需求系数都是影响供需网企业节点之间供需合作的重要因素。只有关注了这些因素, 才能使供需网所倡导的企业间合作, 尤其是多功能性合作得以延续。

参考文献:

- [1] 徐福缘, 何静, 林凤, 等. 多功能开放型企业供需网及其支持系统研究回溯[J]. 管理学报, 2007, 4(4): 379-383.
- [2] 何建佳, 徐福缘. 面向和谐: 管理的嬗变与多功能开放型企业供需网——基于复杂性、人类合作视角的分析[J]. 外国经济与管理, 2009, 31(3): 16-22.
- [3] 何建佳, 徐福缘. 基于元胞自动机的自旋玻璃离散优化[J]. 系统工程, 2011, 29(7): 91-99.
- [4] 徐福缘. 大批量定制生产的理论与应用[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2008.
- [5] ARRANZ N, ARROYABE J C. The choice of partners in R&D cooperation: an empirical analysis of Spanish firms[J]. Technovation, 2008, 28: 88-100.

剔除最早 2004 年的数据,将国家环保部公布的《2011 年中国环境状况公报》中 2011 年的数据考虑进来,建立灰色 Markov 链实时修正预测模型。根据 GM(1,1) 建模方法,得二氧化硫年排放总量的一次模拟值,结果如表 5 所示。

表 5 2005—2011 年全国二氧化硫排放总量的 GM(1,1) 预测模型

年份	实际值	一次模拟值	相对值/%	状态
2005	2549.3	2549.3	100.0	E_2
2006	2588.8	2557.4	101.2	E_3
2007	2468.1	2456.8	100.5	E_2
2008	2321.2	2360.1	98.4	E_1
2009	2214.4	2267.3	97.7	E_1
2010	2185.1	2178.1	100.3	E_2
2011	2136.8	2092.4	102.1	E_3

利用实际值除以一次预测值,得到相应的相对值,如表 5 所示。依据相对值及实际情况,划分为三个状态,分别用 E_1 、 E_2 、 E_3 表示,其中: $E_1 \in (97.5\%, 99.0\%]$, $E_2 \in (99.0\%, 100.5\%]$, $E_3 \in (100.5\%, 102.5\%]$ 。由表 5 中各年份相对应的状态,可得到各步的状态转移概率矩阵为

$$P^{(1)} = \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 0 \\ 1/2 & 0 & 2/3 \\ 0 & 1/2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$P^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 & 1/2 & 1/2 \\ 1/3 & 1/3 & 0 \\ 1/2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$P^{(3)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1/2 \\ 1/3 & 1/3 & 0 \\ 1/2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

为了预测 2012 年的数据,选择距离 2012 年最近的三个数据编制预测表,转移步数分别为 1、2、3,在转移步数所对应的转移矩阵中,取初始状态所对应的行向量,得到二氧化硫排放总量预测表,如表 6 所示。

表 6 2012 年二氧化硫排放总量预测表

年份	初始状态	转移步数	E_1	E_2	E_3
2011	E_3	1	0	1/2	0
2010	E_2	2	1/3	1/3	0
2009	E_1	3	0	0	1/2
合计			1/3	5/6	1/2

由表 6 可知,合计值最大为 5/6,所对应状态为 E_2 ,所以可以预测 2012 年的二氧化硫排放总量处于状态 E_2 。由 GM(1,1) 模型得到的 2012 年二氧化硫排放量的预测值为 2010.1 万吨,由式(7)得

$$\hat{G}_{\text{year}2012} = \hat{G}(8) = \frac{1}{2}(E_{12} + E_{22})\hat{Y}(8) = \frac{1}{2}(99.0\% + 100.5\%) \times 2010.1 = 2005.1 \text{ (万吨)} \quad (9)$$

即为 2012 年全国二氧化硫排放总量的二次预测值。

从预测结果可以看出,2012 年全国二氧化硫排放总量较 2011 年将下降 6.2%,较 2005 年将下降 21.3%。同样方法也可以预测出其余三个污染物指标 2012 年的排放总量。自“十一五”规划以来,由于全国环保系统全面加强环境监管和环境应急工作,大力推进节能减排,各项环境保护工作都取得了新的进展,污染减排取得显著成效,污染防治稳步推进,因此二氧化硫等主要污染物年排放总量呈现逐年稳步下降趋势,预计可以较顺利完成“十二五”规划的污染物总量减排目标。

3 结束语

本文针对具有随机波动性特点的污染物减排预测问题,提出了实时修正的灰色 Markov 组合预测模型与算法,充分利用了灰色预测建模所需信息量少的特点和 Markov 链处理随机波动性数据的特性,并利用实时修正对模型进行优化。通过对全国二氧化硫排放总量的预测结果表明,实时修正的灰色 Markov 组合预测的精度明显优于其他单一预测模型,能有效地处理随机波动性问题、反映事物发展的整体规律,适用于全国主要污染物减排预测,具有实际应用和推广意义,可为国家环保部门推进节能减排提供决策依据。

参考文献:

- [1] 刘卫先. 我国现行环境监测体制述评[J]. 中国环境监测, 2009, 25(3): 5-9.
- [2] 蒋益民, 曾光明, 张冀, 等. 湖南省 SO₂ 污染现状、排放强度地理分布及趋势预测[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2004, 31(6): 75-79.
- [3] 郎君, 苏小红, 周秀杰. 基于有机灰色神经网络模型的空气污染指数预测[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 36(12): 1598-1601, 1704.
- [4] 陈柳. 小波支持向量机在大气污染物浓度预测中的应用[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(9): 53-56.
- [5] 刘殿海, 杨勇平, 杨昆, 等. 基于马尔可夫链的能源结构与污染物排放预测模型及其应用[J]. 中国电力, 2006, 39(3): 8-13.
- [6] 刘思峰, 党耀国, 方志耕, 等. 灰色系统理论及其应用[M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [7] 谢乃明, 刘思峰. 离散 GM(1,1) 模型与灰色预测模型建模机理[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(1): 93-99.
- [8] 张超, 马存宝, 许家栋. 基于灰色马尔可夫 SCGM(1,1)_c 模型的空难人数预测[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(5): 135-139, 144.
- [9] 赵琳琳, 夏乐天. 灰色马尔可夫链模型的改进及其应用[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2007, 35(4): 487-490.
- [10] 国家统计局, 环境保护部. 中国环境统计年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [11] 王玲. 供应链网络竞争机制: 一个演化博弈的视角[J]. 预测, 2007, 26(5): 12-17.
- [12] 林洁. 产业集群内企业合作创新的动态博弈分析[J]. 技术经济与管理研究, 2010(1): 33-35.
- [13] 邓亮章. 最小二乘法的拟合及其应用[J]. 兰州教育学院学报, 2012, 28(8): 109-111.
- [14] 邓倩妮, 陈笠, 陆鑫达, 等. 基于复杂曲线表示的切比雪夫多项式拟合并行算法[J]. 上海交通大学学报: 自然科学版, 2003, 37(6): 906-909.
- [15] 邢志栋, 曹建荣, 曾云辉. 变分不等式问题的法方程解法[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2000, 28(1): 25-27.
- [16] 何静, 徐福缘. SDN 及其内部合作伙伴关系的博弈分析[J]. 系统工程, 2003, 21(2): 60-63.
- [17] 张洪潮, 何任. 非对称企业合作创新的进化博弈模型分析[J]. 中国管理科学, 2010, 18(6): 163-170.
- [18] 潘晨翔, 韩丽川, 陈晓荣. 考虑合作费用的企业合作网络模型[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(9): 2139-2142.
- [19] GIANNOCARO L L, PONTRANDOLFO P. Supply chain coordination by revenue sharing contracts[J]. Production Economics, 2004, 89: 131-139.
- [20] 宋杰鲲, 张宇. 基于博弈论的企业合作竞争情报分析与成本分摊模型[J]. 情报杂志, 2011, 30(7): 22-25.

(上接第 3669 页)