

文章编号:1001-9081(2007)08-1852-03

基于动态均衡分析的网格资源宏观调价策略

吴长泽¹, 陈蜀宇², 李 静¹

(1. 重庆大学 计算机学院, 重庆 400030; 2. 重庆大学 软件学院, 重庆 400030)

(wczhero@126.com)

摘 要:针对现有网格资源调价研究中多采用静态均衡分析而未考虑动态均衡分析和宏观干预调价的问题,提出一种基于动态均衡分析的宏观调价策略。先结合网格特点建立改进的非线性非均衡调价模型,然后对该模型进行动态性和稳定性分析,并根据分析结果提出宏观调价策略。通过实验验证了模型均衡点的存在性和稳定性,以及调价策略的正确性。

关键词:动态均衡分析; 宏观调价; 网格资源

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A

Macro pricing strategy of grid resource based on dynamic equation analysis

WU Chang-ze¹, CHEN Shu-yu², LI Jing¹

(1. College of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. School of Software Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: A macro pricing strategy based on dynamic equation analysis was presented for grid resource pricing research, which adopted static equation analysis but ignored dynamic equation analysis and macro pricing. Firstly, nonlinear and disequilibrium pricing model was constructed by integrating the grid characteristic. Then the dynamic and stability of this model were analyzed, and macro pricing strategy was presented according to result of analysis. The experimental results indicated the existence and stability of the model and the correctness of the macro pricing strategy.

Key words: dynamic equation analysis; macro pricing; grid resource

0 引言

现有的网格资源调价方法研究中,多采用经济学中的Tatonnement 调价过程来得到一个均衡价格^[1]。然而,这种调价过程是基于稳态下的行为,是在舍掉时间因素的前提下来考察均衡的形式和稳定条件的,因此得到的是一种静态均衡价格^[2]。在现实的网格经济系统中,由于网格资源动态性和随机性引起投入产出的时滞性和市场信息的不完全性,使得网格资源供给的调整总是大大落后于市场需求的变化,而某时段的供求关系又间接影响下一时段的市场需求,两者间的相互影响更增加了系统的复杂程度。另外,网格资源的动态性使得许多突发因素进一步干扰人们的策略。由于以上种种原因,网格资源供给总是围绕着资源需求作较大幅度的波动。所以,资源供给和需求应该是一对时间变量,它们之间的平衡也应该只是一种动态的相对平衡。这就要求引入时间因素来考察均衡状态的变化过程,建立动态均衡调价模型。

因此,本文利用结合网格特性改进后的非线性非均衡性调价模型,采用动态均衡分析方法来预测网格资源的供求量,并估算相应的可偏差幅度,若它们的偏差率在可波动幅度内,可不必宏观干预;若偏差率超过可波动幅度,则需通过相应的宏观调控措施才能避免价格和资源供给量的大起大落。

1 相关工作

文献[3]提出了使用商业方式分配网格资源的基本结构,但是对具体的资源调价方式未加详细定量讨论。文献

[4]提出了使用拍卖算法来分配资源,在考虑调价算法时,将供求平衡价格作为资源的固定价格。

在网格资源调价方法上,文献[5]主要研究集中式调价方法,文献[6]主要研究分布式调价方法,文献[7]提出分布分组调价算法。

以上的这些资源定价研究工作建立了利用市场手段进行定价的基本概念和框架,为实现以市场的方式分配网格资源奠定了基础。但调价过程多采用静态均衡分析方法,通过市场机制的自我调节达到均衡价格来进行调价,没有考虑动态的不稳定均衡,当网格资源的供给价格弹性大于需求的价格弹性时,一旦出现失衡状态后,后继各时段的供应不足或供应过剩的波动幅度,以及成交价格上下起伏的幅度,都越来越与其均衡值相背离。此时,市场竞争的价格机制不但不能促使不稳定均衡状态回复到均衡状态,反而会越来越偏离均衡。这样,价格和供给的风险就变得很大。因而,本文针对这些问题给出了一种更符合网格资源交易特性的宏观调价策略。

2 网格资源动态均衡调价模型

2.1 传统模型及其局限性

网格资源调价如果只通过市场机制进行自我调节,当网格资源的供给价格弹性大于需求的价格弹性时,就会引起偏离均衡。

如图1,由于同一时段商品的价格 y_k 取决于数量 x_k ,设 $y_k = f(x_k)$,因为商品的数量越多价格越低,所以在图中用下降曲线 f 表示需求函数。下一时段商品的数量 x_{k+1} 由上一时段

收稿日期:2007-01-30;修回日期:2007-03-26。 基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-04-0843)。

作者简介:吴长泽(1980-),男,四川三台人,博士研究生,主要研究方向:网络与分布式计算; 陈蜀宇(1963-),男,四川达州人,教授,博士生导师,主要研究方向:网络与容错; 李静(1974-),女,重庆人,博士研究生,主要研究方向:网络计算。

价格 y_k 决定, 设 $y_k = g(x_{k+1})$, 因为价格越高生产量越大, 所以图中用上升曲线 g 表示供应函数。

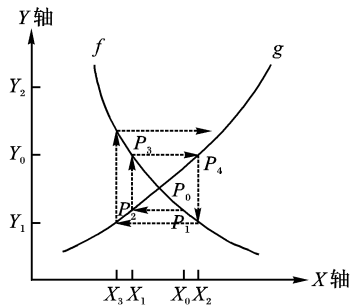


图1 p_0 是稳定平衡点的情况

图1中两条曲线相交于 $p_0(x_0, y_0)$ 点, p_0 是平衡点及供需平衡的均衡价格。但在实际生活中, 由于种种干扰使得数量和价格不可能停在 p_0 点, 现设 x_1 偏离 x_0 , 我们分析随着时段 k 的变化对 x_k, y_k 的影响:

商品数量 x_1 给定后, 价格 y_1 由曲线 f 上的 p_1 点决定, 下一时段的数量 x_2 由曲线 g 上的 p_2 点决定, y_2 又由 f 上的 p_3 决定, 这样得到一系列的点 $p_1, p_2, p_3, p_4, \dots$ 在图1上这些点将按箭头所示方向远离 p_0 , 即 p_0 是不稳定的平衡点, 意味着商品数量和价格将出现越来越大的震荡。

为了引入时间因素来考察均衡状态的变化, 在供给价格弹性大于需求的价格弹性市场机制不能自我调节时, 适当加以宏观调控, 用经济学中的传统蛛网模型对产品的供求及价格波动进行动态分析。

其基本假设为: 1) 市场供给量对于价格变化的反应是滞后的; 2) 假定供给函数和需求函数均为线性; 3) 市场平衡条件是每一期的供给与需求相等。于是有:

$$\begin{cases} S_t = f(p_{t-1}) \\ D_t = g(p_t) \\ S_t = D_t \end{cases}$$

但网格资源的动态性特征决定了需求函数不会是非线性的, 网格资源交易的实际状况也很难满足每期供给与需求相等。

2.2 构建网格资源调价动态均衡分析模型

根据网格资源的动态性, 模型采用的需求函数为非线性函数 $D_t = a + b/p_t$, 供给函数为线性函数 $S_t = -\alpha + \beta p_t^*$, p_t^* 为 t 期商品的预期价格。该模型要讨论的是参照正常价格预期, 即 $p_t^* = p_{t-1} + c(p_N - p_{t-1})$, $0 \leq c \leq 1$, 其中 p_N 通常为正常价格, 对于网格资源非均衡市场的调节方式有两种, 即资源供给数量调节和资源价格调节。 c 为参照正常价格预期的调节参数, 是网格资源供给数量调节的反应参数。这种预期价格是在前期价格的基础上, 根据前期价格偏离正常价格的情况调整本期的预期价格。前期价格低于正常价格时, 本期的预期价格上调; 反之, 则下调。特别地, 当参数 c 为零, 则前期价格即为本期的预期价格。

对于非均衡市场的价格调节, 采用价格调节方程式:

$$p_t = p_{t-1} + \gamma(D_t - S_t), \gamma > 0 \quad (1)$$

其中 γ 为网格资源价格调节系数, 它反映价格随着超额需求的变动而进行调整时, 调整速度和幅度的度量参数。调节方程式(1)表明, 本期实际价格的变动 $p_t - p_{t-1}$ 与本期超额需求 $D_t - S_t$ 同方向变动。

基于以上分析, 本文建立一个包括需求方程、供给方程、预期价格方程及价格调节方程的市场价格模型为:

$$\left. \begin{aligned} D_t &= a + \frac{b}{p_t} \\ S_t &= -\alpha + \beta p_t^* \\ p_t^* &= p_{t-1} + c(p_N + p_{t-1}) \\ p_t &= p_{t-1} + \gamma(D_t - S_t) \end{aligned} \right\} (M) \quad (2)$$

其中 $a, b, p_N, \alpha, \beta, \gamma > 0, 0 \leq c < 1$ 。

在模型(M)中, D_t, S_t, p_t, p_t^* 分别为 t 期的需求量、供给量、实际价格和预期价格; p_N 为正常价格; γ 为价格调节参数; c 为参照正常价格预期的调节参数; a, b, α, β 为参数。

3 网格资源宏观调价策略

3.1 网格宏观调价的必要性

模型M中包含两个价格调节参数: 1) 参照正常价格预期的调节参数 c , 属于网格资源供给调节; 2) 参照超额需求的调节参数 γ , 属于市场调节。这两个调节参数在系统中所发挥的作用不同, 从而影响着整个系统的稳定性。当 c 值偏大, 即参照正常价格预期的调节幅度偏大, 则系统便可达到稳定状态。如果 c 值偏小, 即参照正常价格预期的调节幅度偏小, 可通过调整 γ 的值, 也即根据市场的超额需求量来调节市场价格。但调节幅度要适当, 不可太大。这样, 系统也可以达到稳定状态, 否则系统不稳定。换言之, 资源提供者只要通过参照正常价格预期调节市场价格便可使市场达到均衡状态, 则同时也实现了系统的稳定状态。此时, 市场调节不起作用。如果单独由资源提供者调节不足以使供求平衡, 则市场调节发挥作用。市场自动调节市场价格使得市场需求与供给相等, 但是只有当市场调节适中才可使系统达到稳定状态。如果市场调节过大, 系统关于均衡价格不稳定, 均衡状态很快被破坏。由此可见, 两个调节参数同时作用于系统M, 参照正常价格预期的调节力度, 要比参照超额需求的调节力度来得大, 即资源提供者调节比市场调节更有效。因此, 有必要强化价格管理中的宏观调控作用, 当然应与市场调节机制有机结合起来。

3.2 基于动态均衡分析的宏观调价

宏观调控的主要思路是当供需矛盾不十分突出时, 依靠市场的自行调节机制; 当供需矛盾十分突出时, 必须依靠宏观调控才能解决相应矛盾。为实现宏观调控的可操作性和有效性, 提出如下对策: 建立有效的宏观价格管理系统。该系统主要应包括预测与监控两个子系统, 分别承担着对价格走势的分析预测以及对价格波动情况的监测、预警和控制职能。

预测子系统通过系统模型M进行合理的计量, 以此为基础预测近期(或中、长期)供需数量。

监控子系统的核心为预警系统。该预警系统根据预测子系统的信息, 分析供需偏差关系, 根据模型M中的两个主要调节参数取值范围 $0 \leq c < c^*, 0 < \gamma < \gamma^*$ (或 $c^* \leq c < 1$) 给出安全区、警区和控制区。在以上理论分析过程中, 因参照正常价格预期的调节力度要比参照超额需求的调节力度来得大, 所以在警区主要采用市场调节, 在控制区采用资源提供者调节。根据实际情况, 在系统运行之初, 三个区域的警度含义可分别定义为偏差为小于5%、5%到10%之间、10%以上; 随着系统的运行, 历史数据的完善, 再准确定出相应数据。

监控系统主要是导向作用, 根据模型M中参数 c 的取值引导资源提供者调整资源供应量, 只要预测系统作用发挥好, 可信度高, 资源提供者就会利用监控系统的预警机制, 因此可以不强制资源提供者而达到宏观调控的目的。

3.3 网格宏观调价策略的动态性及均衡性分析

把模型(M)中第1,2,3个方程代入第4个方程,可得:

$$p_t - a_1/p_t = a_2 p_{t-1} + a_3 \quad (3)$$

其中 $a_1 = \gamma b, a_2 = 1 - \gamma\beta(1-c), a_3 = \gamma(a + \alpha) - \gamma\beta c p_N$ 。

因为 $a, b, p_N, \alpha, \beta, \gamma$ 均大于0且 $0 \leq c < 1$, 所以 $a_1 > 0, a_2 < 1$ 。

整理方程式可得:

$$p_t^2 - (a_2 p_{t-1} + a_3) p_t - a_1 = 0 \quad (4)$$

其中 $a_1 = \gamma b, a_2 = 1 - \gamma\beta(1-c), a_3 = \gamma(a + \alpha) - \gamma\beta c p_N$ 。

因此,讨论模型(M)等价于讨论价格方程,为了方便讨论,令:

$$f(p) = (1 - a_2)p^2 - a_3p - a_1 \quad (5)$$

定理1 设 $a, b, p_N, \alpha, \beta, \gamma > 0, 0 \leq c < 1$, 模型系统M存在正均衡点 $p^* > 0$ 。

证明 模型存在均衡点的充要条件是当 $p_t = p_{t-1}$ 时,方程(5)有实根。

对 $f(p) = 0, \Delta = a_3^2 + 4a_1(1 - a_2)$, 由(3)可知 $a_2 < 1, \Delta > 0$ 恒成立。解之:

$$p^* = \frac{(a + \alpha - \beta c p_N) + \sqrt{(a + \alpha - \beta c p_N)^2 + 4b\beta(1 - c)}}{2\beta(1 - c)}$$

故M存在正均衡点。

证毕。

定理2 对于正均衡点 p^* 的稳定性,存在 c^*, γ^* , 当 $0 \leq c < c^*, 0 < \gamma < \gamma^*$ 或 $c^* \leq c < 1$ 时,关于 p^* 为渐进稳定的; 当 $0 \leq c < c^*, \gamma \geq \gamma^*$ 时,关于 p^* 不稳定。

证明 由式(4)对 p_{t-1} 求导,得:

$$\left. \frac{dp_t}{dp_{t-1}} \right|_{p^*} = \frac{a_2(p^*)^2}{a_1 + (p^*)^2}$$

p^* 为稳定点,那么 p^* 为稳定均衡点的充要条件^[8] 是:

$$-1 < \left. \frac{dp_t}{dp_{t-1}} \right|_{p^*} < 1$$

解之得: $0 \leq c < c^*, 0 < \gamma < \gamma^*$ (或 $c^* \leq c < 1$), 其中 $c^* = \frac{a + \alpha}{p_N \beta}, \gamma^* = \frac{1}{\beta} + \frac{1}{\beta} \sqrt{1 + \frac{4b\beta}{(a + \alpha - \beta c p_N)^2}}$ 。故定理2成立。

证毕。

4 模拟试验分析

按参数 $a = 2, b = 1, \alpha = 3, \beta = 2, p_N = 3$ 设定模拟网格环境,并按这些参数所确定的模型M进行满足 $0 \leq c < c^*, 0 < \gamma < \gamma^*$ (或 $c^* \leq c < 1$) 的动态均衡分析实验。

实验1 均衡性验证分析

在满足条件 $c^* \leq c < 1$ 时进行均衡性验证。经计算 $c^* = 0.83$, 因此取 $c = 0.9$, 初始价格分别为2和1, 在 $\gamma = 0.5$ 和 $\gamma = 2$ 的情况下进行实验。

从图2可以看出, $c = 0.9$ 时,存在着均衡点。但按 $\gamma = 2$ 进行价格调控时,比 $\gamma = 0.5$ 时收敛速度更快。

实验2 稳定性验证分析

在满足 $0 \leq c < c^*$ 条件下进行验证,因为 $c^* = 0.83$, 所以取 $c = 0.4$, 初始价格为2, 此时 $\gamma^* = 1.24$, 分别取满足 $0 < \gamma < \gamma^*$ 条件(即 $\gamma = 0.5$) 和不满足 $0 < \gamma < \gamma^*$ (即 $\gamma = 2$) 进行对比分析,验证调价系统的稳定性。

从图3中可以看出, $c = 0.4$ 时,满足 $0 < \gamma < \gamma^*$ 条件即 $\gamma = 0.5$ 时,关于均衡点稳定。而不满足 $0 < \gamma < \gamma^*$ 即 $\gamma = 2$

时,关于均衡点不稳定。

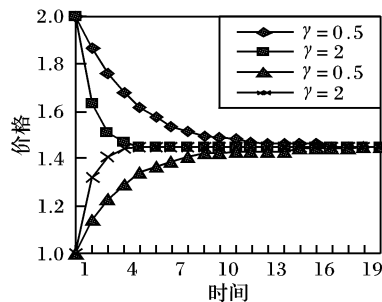


图2 调价系统的均衡性分析

注:此处采用的是抽象时间单元,时间单位为一个调价周期

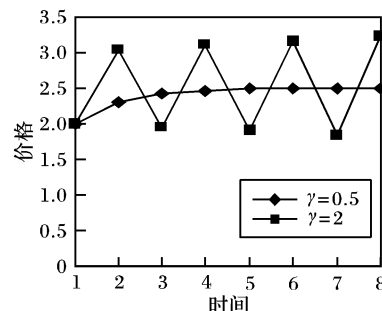


图3 调价系统的稳定性分析

注:此处采用的是抽象时间单元,时间单位为一个调价周期

5 结语

由于现有网格资源交易机制的研究中缺乏宏观调控机制的研究,存在不能解决在供给价格弹性大于需求价格弹性时,成交价格上下起伏的幅度都越来越与其均衡值相背离的问题。通过建立符合网格特性的动态均衡分析模型,分析网格资源交易的动态性和稳定性,并根据分析结果,给出了有效的宏观调价策略。最后,通过模拟试验验证了宏观调价策略出发点的正确性。

参考文献:

- [1] VARIAN H R. Microeconomic analysis [M]. 3rd ed. New York: W Norton & Company, 1992: 398-401.
- [2] 董景荣. 市场动态的非线性蛛网模型及其性能[J]. 重庆师范学院学报, 1996, 13(4): 55-58.
- [3] NABRZYSKI J, SCHOPF J, WEGLARZ J, et al. Grid resource management: state of the art and research issues [M]. Berlin: Springer, 2003.
- [4] SUBRAMONIAM K, MAHESWARAN M, TOULOUSE M. Towards a micro-economic model for resource allocation in grid computing systems [C]// Proceedings of Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering, Manitoba, Canada. [S. l.]: IEEE Press, 2002: 782-785.
- [5] WOLSKI R, PLANK J S, BREVIK J, et al. Analyzing market-based resource allocation strategies for the computational grid [J]. International Journal of High Performance Computing Applications, 2001, 15(3): 258-281.
- [6] CHENG J Q, WELLMAN M P. The WALRAS algorithm: a convergent distributed implementation of general equilibrium outcomes [J]. Computational Economics, 1998, 12(1): 1-24.
- [7] 翁楚良, 陆鑫达. 一种基于市场机制的网格资源调价算法[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(7): 1151-1156.
- [8] 黄晓琳. 一类非线性非均衡蛛网模型的动态分析[J]. 华侨大学学报, 2004, 25(1): 103-107.