E-Commerce Letters 电子商务评论, 2025, 14(4), 2710-2716
Published Online April 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ecl
https://doi.org/10.12677/ecl.2025.1441184

Hans汉斯

从有限理性角度分析电商企业价格战

邱先泉

贵州大学数学与统计学院，贵州 贵阳

收稿日期：2025年3月14日；录用日期：2025年3月27日；发布日期：2025年4月30日

摘 要

本文利用多目标博弈的方法，从有限理性角度分析了电商企业价格战。研究结果表明，在适当的情况下，即使不完全了解市场信息，电商企业的营销策略也不会受到太大的影响，在大多数时候都可以做出对自己有利，让自己满意的策略。

关键词

电商企业，价格战，有限理性

Analyzing the Price War of E-Commerce Enterprises from the Perspective of Bounded Rationality

Xianquan Qiu

School of Mathematics and Statistics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Mar. 14th, 2025; accepted: Mar. 27th, 2025; published: Apr. 30th, 2025

Abstract

This article uses multi-objective game theory to analyze the price war of e-commerce enterprises from the perspective of bounded rationality. The research results indicate that under appropriate circumstances, even without a complete understanding of market information, e-commerce companies' marketing strategies are not greatly affected, and most of the time they can make strategies that are beneficial to themselves and satisfy themselves.

Keywords

E-Commerce Enterprises, Price War, Bounded Rationality

文章引用: 邱先泉. 从有限理性角度分析电商企业价格战[J]. 电子商务评论, 2025, 14(4): 2710-2716.
DOI: 10.12677/ecl.2025.1441184

1. 引言

新冠疫情的暴发在很大程度上影响了人们的生活方式。在封闭期间，很多人开启直播，通过这种方式积累了许多粉丝，并在粉丝心目中有较高的信誉度。随后，许多电商企业也通过直播的方式对自己的产品进行推广。因此，直播带货逐渐成为主流，并对传统的营销方式产生了一定影响。虽然互联网的发展为网络带货带来了极大便利，但是主播的影响力以及粉丝的基数也影响着企业的利润，各个企业公司除了借助直播的方式推销自己的产品外，还会利用价格战，促销等手段来维护自己的粉丝量。值得注意的是，直播带货改变了传统的营销方式，对企业制定策略产生了一定的影响。

许多著名学者用博弈论的方法研究了价格战对各个厂商定价的影响。孙雨尧[1]通过几个著名的博弈模型，如伯特兰德模式、囚徒困境和卡特尔模型，对企业的数据进行分析，指出在厂商理性的情况下，价格变化策略在垄断市场中是必不可少的。陈媛[2]更进一步，利用囚徒困境模型和伯特兰德价格竞争模型分析并得出结论，当企业制定的产品价格不大于该产品的边际成本时，价格战才会停止。罗洁雯[3]基于博弈论的视角，利用囚徒困境模型、伯特兰德模型对年中大促的天猫、京东电商价格战等事件进行分析，当对博弈模型进行轻微调整后，得出双方可能共赢的结果，并对电商企业价格战提出相应的建议和总结。陈立强[4]提出了多种规避价格战的方法，例如差异化竞争策略、与消费者建立良好关系以及技术创新、提高产品质量等。苑鑫艺[5]从博弈论角度对电商企业间的价格竞争进行分析，并为电商企业未来发展及战略制定提供了一些具体有效的建议。由此我们可以发现，影响电商定价的因素很多，同时决定消费者是否购买产品的因素也不仅仅是价格。因此，为了更好地研究这一类问题，本文主要利用多目标博弈展开研究。关于多目标博弈的开创性研究可参考[6]-[8]，这为我们接下来的研究提供了理论支撑。

另一方面，这些博弈模型通常都是假设电商平台在制定策略时是完全理性的，他们总是能够在完全知晓市场情况的前提下作出做好的策略。但是现实情况确是，很多电商平台都不能够完全了解市场，更不能够知道其他电商平台的策略。因此他们一般只能作出令自己满意的策略，保证自己在市场当中能够处于有利地位即可。有限理性模型最初由 Anderlini L 和 Canning D [9]建立。它指的是人的行为“是有意识的理性，但这种理性又是有限的”。在现实生活中，领导者既不是完全理性的，也不是完全不理性的，称这样的情形为“有限理性”的“管理人”。在实际决策的过程中，领导者的能力是有限的，他们获取信息，总结经验的能力也是有限的。因此，他们不可能做出最完美的解决方案，只是能够找出相对满意的解决方案。在考虑风险和收益等因素的情况下，管理者或决策者会做出自己较为满意的决策。然后经过 Yu 等人[10]进一步完善，并在经济理论中有着巨大的应用，例如[11]-[13]。

基于以上思考，本文主要是在有限理性框架下，通过多目标博弈论的方法来研究直播带货对电商企业定价的影响，同时也分析了利他偏好对公司制定策略的影响。

2. 预备知识

定义 1 [14]设 X 和 Y 是两个 Hausdorff 拓扑空间，$F: X \rightrightarrows Y$ 是一个集值映射，即 $\forall x \in X$，$F(x)$ 是 Y 中的非空集合。

(1) 如果对 Y 中的任意开集 G，$G \supset F(x')$，存在 x 的开邻域 O_x，使得 $\forall x' \in O_x$，有 $G \supset F(x')$，则称集值映射 F 在 x 是上半连续的。

(2) 如果对 Y 中的任意开集 G，$G\bigcap F(x)\neq\varnothing$，存在 x 的开邻域 O_x，使得 $\forall x'\in O_x$，有 $G\bigcap F(x)\neq\varnothing$，则称集值映射 F 在 x 是下半连续的。

(3) 如果集值映射 F 在 x 上既上半连续又下半连续，则称 F 在 x 是连续的。

(4) 如果 $\forall x\in X$，集值映射 F 在 x 是连续的，则称 F 在 X 上是连续的。

(5) 如果 $\forall x\in X$，$F(x)$ 是紧集，且集值映射 F 在 x 是上半连续的，则称 F 是 X 上的一个 usco 映射。

引理 1 [15] (Fort 定理)设 X 是一个 Hausdorff 拓扑空间，Y 是一个度量空间，$F:X\rightrightarrows Y$ 是一个 usco 映射，则存在 X 中的一个剩余集 Q，使得 $\forall x\in Q$，F 在 x 是下半连续。进而，F 在 Q 上是连续的。

引理 2 [14]设 X 是一个紧度量空间，则依赖于 G 的集值映射 $f(G)=\{x\in X:x\in G(x)\}$ 必是上半连续的，其中 $G:X\to P_0(X)$ 连续，$\forall x\in X$，$G(x)$ 是非空紧集，且 $f(G)\neq\varnothing$。

引理 3 [14]设 X，Y 和 Z 是三个度量空间，其中 Z 是紧的，$\{A_n\}$ 是 X 中的一列非空紧集，$h(A_n,A)\to 0$，其中 h 是 X 中的 Hausdorff 距离，A 是 X 中的一个非空紧集，$\forall n=1,2,3,\cdots,\varphi_n:X\times Y\times Z\to R$ 是连续函数，$\sup\limits_{(x,y,z)\in X\times Y\times Z}\left|\varphi_n(x,y,z)-\varphi(x,y,z)\right|\to 0$，其中 φ 是 $X\times Y\times Z$ 上的一个连续函数，$\{y_n\}$ 是 Y 中的一个序列，且 $y_n\to y$，则有

$$\max_{w\in A_n}\min_{z\in Z}\varphi_n(w,y_n,z)\to\max_{w\in A}\min_{z\in Z}\varphi_n(w,y,z).\tag{2.1}$$

定义 1 [14]令 $M=\{\Lambda,X,f,R\}$ 表示一个有限理性模型，其中 (Λ,ρ) 和 (X,d) 都是度量空间，集值映射 $f:\Lambda\rightrightarrows X$ 是连续的且 $\forall\lambda\in\Lambda,f(\lambda)$ 是非空紧集，理性函数 $R:graph(f)\to R_+$ 是连续的，且 $\forall\lambda\in\Lambda,E(\lambda,\varepsilon)=\{x\in f(\lambda):R(\lambda,x)\le\varepsilon\}$ 定义为 λ 的 ε-平衡点集，则

(1) $\lambda\in\Lambda$，如果 $\forall\delta>0,\exists\overline{\varepsilon}>0$，当 $\varepsilon<\overline{\varepsilon},\rho(\lambda,\lambda^{'})<\overline{\varepsilon}$，有 $h(E(\lambda^{'},\varepsilon),E(\lambda^{'}))<\delta$，则称模型 M 在 λ 对 ε-平衡是鲁棒的，其 h 是 X 上的 Hausdorff 距离。

(2) 如果平衡映射 $E:\Lambda\rightrightarrows X$ 在 $\lambda\in\Lambda$ 是连续的，则称模型 M 在 $\lambda\in\Lambda$ 是结构稳定的。

引理 4 [10] λ 对 ε 平衡是鲁棒的当且仅当模型 M 是结构稳定的。

引理 5 [10]若模型 $M=\{\Lambda,X,f,R\}$ 满足以下条件：(Λ,ρ) 是完备度量空间，(X,d) 是紧度量空间，$f:\Lambda\rightrightarrows X$ 是上半连续的且 $\forall\lambda\in\Lambda,f(\lambda)$ 是非空紧集，$R:graph(f)\to R_+$ 是下半连续的且 $\forall\lambda\in\Lambda,E(\lambda)\neq\varnothing$，则

(1) 平衡映射 $E:\Lambda\to P_0(X)$ 是一个 usco 映射；

(2) 存在 Λ 中的一个稠密剩余集 Q，使得 $\forall\lambda\in Q$，Λ 在 λ 处是结构稳定的；

(3) 若模型 M 在 $\lambda\in\Lambda$ 处是结构稳定的，则模型 M 在 $\lambda\in\Lambda$ 对 ε-平衡是鲁棒的；

(4) 存在 Λ 中的一个稠密剩余集 Q，使 $\forall\lambda\in Q,\forall\lambda_n\to\lambda,\varepsilon_n\to 0$，有

$$h(E(\lambda_n,\varepsilon_n),E(\lambda))\to 0;\tag{2.2}$$

(5) 若 $\lambda\in\Lambda$，且 $E(\lambda)=\{x\}$ 为单点集，则 M 在 $\lambda\in\Lambda$ 处是结构稳定的，且在 $\lambda\in\Lambda$ 对 ε-平衡也是鲁棒的。

3. 模型建立

假设 $N=\{1,\cdots,n\}$ 是市场中所有电商公司的集合，$\forall i\in N$，X_i 是电商公司 i 的策略集。$G_i:X_{\hat{i}}\rightrightarrows X_i$ 是第 i 个电商公司的可行策略映射(这意味着每个电商公司的策略受其他电商公司的影响)，$F^i=\{f_1^i,\cdots,f_k^i\}:X=\prod_{i=1}^{n}X_i\to R^k$ 是第 i 个电商公司的向量值效用函数。该博弈模型记为 $\lambda=(X_i,G_i,F^i)_{i\in N}$。

如果 $\exists\overline{x}=\{\overline{x}_1,\cdots,\overline{x}_n\}\in X$，使得 $\forall i\in N$，有 $\overline{x}_i\in G_i\left(\overline{x}_{\hat{i}}\right)$，且 $\forall i\neq j\in N$，有

$$F^i\left(x_j,\overline{x}_j\right)-F^i\left(\overline{x}\right)\notin R_+^k,x_j\in G_j\left(\overline{x}_{\hat{j}}\right), \tag{3.1}$$

则称策略 $\overline{x}$ 是此博弈 λ 的弱 Pareto-单边支持均衡。

令

$$\Lambda=\left\{\lambda=(F^1,...,F^n;G_1,...,G_n):\begin{array}{c}\forall i\in N,F^i:X\to R^k\text{连续;}\\ G_i:X_{\hat{i}}\to P_0(X_i)\text{连续;}\\ \forall x_{\hat{i}}\in X_{\hat{i}},G_i(x_{\hat{i}})\text{是}X_i\text{中的非空紧集;}\end{array}\right\},$$

$\forall\lambda_1=\left(F^{11},\cdots,F^{1n};G_{11},\cdots,G_{1n}\right),\forall\lambda_1=\left(F^{21},\cdots,F^{2n};G_{21},\cdots,G_{2n}\right)\in\Lambda$，定义距离函数

$$\rho\left(\lambda_1,\lambda_2\right)=\sum_{i=1}^n\max_{x\in X}\left\|F^{1i}\left(x\right)-F^{2i}\left(x\right)\right\|+\sum_{i=1}^n\sup_{x\in X}h_i\left(G_{1i}\left(x_{\hat{i}}\right),G_{2i}\left(x_{\hat{i}}\right)\right), \tag{3.2}$$

其中，$\forall i\in N$，h_i 是 X_i 上的 Hausdprff 距离。

4. 稳定性分析

基于以上模型，我们可以证明以下结论。

定理 1 (Λ,ρ) 是一个完备度量空间。

证明设 $\{\lambda_m\}$ 是 Λ 中的任意 Cahchy 列，即 $\forall\varepsilon>0$，存在正整数 $N(\varepsilon)$，使得 $\forall m,p\geq N(\varepsilon)$，有

$$\rho\left(\lambda_m,\lambda_p\right)=\sum_{i=1}^n\max_{x\in X}\left\|F^{mi}\left(x\right)-F^{pi}\left(x\right)\right\|+\sum_{i=1}^n\sup_{x\in X}h_i\left(G_{mi}\left(x_{\hat{i}}\right),G_{pi}\left(x_{\hat{i}}\right)\right)<\varepsilon. \tag{4.1}$$

易知，$\forall i\in N$，存在 $F^i:X\to R^k$，集值映射 $G_i:X_{\hat{i}}\rightrightarrows X_i$，使得 $\lim\limits_{p\to\infty}F^{pi}\left(x\right)=F^i\left(x\right)$，$\lim\limits_{p\to\infty}G_{pi}\left(x\right)=G_i\left(x\right)$，且 F^i 连续，集值映射 G_i 连续。$\forall x_{\hat{i}}\in X_{\hat{i}}$，$G_i\left(x_{\hat{i}}\right)$ 是 X_i 中的非空紧集，所以 $\forall m\geq N\left(\varepsilon\right)$，有

$$\sum_{i=1}^n\max_{x\in X}\left\|F^{mi}\left(x\right)-F^i\left(x\right)\right\|+\sum_{i=1}^n\sup_{x\in X}h_i\left(G_{mi}\left(x_{\hat{i}}\right),G_i\left(x_{\hat{i}}\right)\right)<\varepsilon. \tag{4.2}$$

因为 $\lambda_m=\left(F^{m1},\cdots,F^{mn};G_{m1},\cdots,G_{mn}\right)\in\Lambda$，所以存在序列 $x^m\in X$，使得 $x_i^m\in G_{mi}\left(x_{\hat{i}}^m\right)$，并且 $\forall j\neq i\in N$，有

$$F^{mi}\left(w_j,x_{\hat{j}}^m\right)-F^{mi}\left(x_j^m,x_{\hat{j}}^m\right)\notin intR_+^k,\forall w_j\in G_{mj}\left(x_{\hat{j}}^m\right). \tag{4.3}$$

$\forall x^m\to x$，由于 X 是紧空间，所以 $\forall i\in N$，有 $h_i\left(G_{mi}\left(x_{\hat{i}}^m\right),G_i\left(x_i\right)\right)\to 0$，$x_i\in G_i\left(x_{\hat{i}}\right)$。同样，易证 $\forall j\neq i\in N$，$\forall w_j\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)$，有

$$F^{mi}\left(w_j,x_{\hat{j}}^m\right)\to F^i\left(w_j,x_{\hat{j}}\right),F^{mi}\left(x_j^m,x_{\hat{j}}^m\right)\to F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right). \tag{4.4}$$

于是，$\forall j\neq i\in N$，必有 $F^i\left(w_j,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\notin intR_+^k$。所以，$\lambda=\left(F^1,\cdots,F^n;G_1,\cdots,G_n\right)\in\Lambda$，$(\Lambda,\rho)$ 必是完备的。

$\forall\lambda=\left(F^1,\cdots,F^n;G_1,\cdots,G_n\right)\in\Lambda$，$\forall x\in X$，令

$$f\left(\lambda\right)=\left\{x\in X:x\in G\left(x\right)=\prod_{i=1}^n G_i\left(x_{\hat{i}}\right)\right\}. \tag{4.5}$$

则可以定义理性函数为：

$$\phi(\lambda,x)=\sum_{i\in N}\sum_{j\neq i,j\in N}\max_{w_j^i\in G_j(x_{\hat{j}})}\min_{z\in Z}\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle. \tag{4.6}$$

现在构建广义多目标博弈的弱 Pareto-单边支持均衡问题的有限理性模型为 $\Omega=\{\Lambda,X,f,\phi\}$，其中

(i) Λ 是一个完备度量空间， X 是一个度量空间；

(ii) 广义多目标博弈弱 Pareto-单边支持均衡问题的可行约束为 $f(\lambda)=\left\{x\in X:x\in G(x)=\prod_{i=1}^{n}G_i\left(x_{\hat{i}}\right)\right\}$；

(iii) 广义多目标博弈弱 Pareto-单边支持均衡问题 λ 的解集为；

$E(\lambda)=\left\{x\in X:\forall i\in N,x_i\in G_i\left(x_{\hat{i}}\right),\forall j\neq i,\forall w_j^i\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right),F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\notin intR_+^k\right\}$;

(iv) 理性函数为 $\phi(\lambda,x)=\sum_{i\in N}\sum_{j\neq i,j\in N}\max_{w_j^i\in G_j(x_{\hat{j}})}\min_{z\in Z}\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle$。

由 Λ 的定义知， $E(\lambda)\neq\varnothing,\forall\lambda\in\Lambda$。

定理 2 $\forall\varepsilon\geq 0$，$\forall\lambda\in\Lambda$，记 λ 的 ε-弱 Pareto 单边支持均衡解集为 $E(\lambda,\varepsilon)=\{x\in f(x):\phi(\lambda,x)\leq\varepsilon\}$。则有如下结果：

(1) $\forall\lambda\in\Lambda$， $E(\lambda)\neq\varnothing$，且 $\forall x\in f(\lambda)$， $\phi(\lambda,x)\geq 0$；

(2) $\forall\lambda\in\Lambda$， $\forall x\in f(\lambda)$， $\phi(\lambda,x)=0\Leftrightarrow x\in E(\lambda)$；

(3) $f:\lambda\to P_0(X)$ 是连续的，且 $\forall\lambda\in\Lambda$， $f(\lambda)$ 是非空紧集。

证明由引理 1 知， $f:\Lambda\rightrightarrows X$ 是上半连续的，且 $\forall\lambda\in\Lambda$， $f(\lambda)$ 是非空紧集。$\forall\lambda\in\Lambda$， $\forall x\in f(\lambda)$，$\forall j\neq i\in N$，令 $w_j^i=x_j\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)$，则 $\phi(\lambda,x)\geq 0$。所以结果(1)成立。

结果(2)的必要性。若 $\phi(\lambda,x)=0$，则 $\forall j\neq i\in N$，有

$$\max_{w_j^i\in G_j(x_{\hat{j}})}\min_{z\in Z}\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle=0。\tag{4.7}$$

因此， $\forall w_j^i\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)$，有

$$\min_{z\in Z}\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle\leq 0。\tag{4.8}$$

若存在 $w_j^i\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)$，使得

$$F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\in intR_+^k，\tag{4.9}$$

则 $\forall z\in Z$，必有

$$\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle>0。\tag{4.10}$$

因 Z 是紧集，故 $\min_{z\in Z}\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle>0$，这与前面矛盾。所以，$\forall j\neq i\in N,\forall w_j^i\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)$，有 $F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\notin intR_+^k$，从而 $x\in E(\lambda)$。

结果(2)的充分性。若 $x\in E(\lambda)$，则 $\forall i\in N$， $x_i\in G_i\left(x_{\hat{i}}\right)$， $\forall j\neq i\in N$，有

$$F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\notin intR_+^k,\forall w_j^i\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)。\tag{4.11}$$

记 $M=\left\{m\in\{1,\cdots,k\}:F^{im}\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^{im}\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\leq 0\right\}$，则 $M\neq\varnothing$。取 $m_0\in M$，定义

$z^0=\left(z_1^0,\cdots,z_{m_0}^0,\cdots,z_k^0\right)$，其中 $z_{m_0}^0=1,z_m^0=0\left(m\neq m_0\right)$，则 $z^0\in Z$。因为 $\left\langle z^0,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle\leq 0$，所以 $\min\limits_{z\in Z}\left\langle z^0,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle\leq 0$。从而有 $\max\limits_{w_j^i\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)}\min\limits_{z\in Z}\left\langle z^0,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle\leq 0$。即 $\phi(\lambda,x)\leq 0$，但前面已证 $\phi(\lambda,x)\geq 0$。所以 $\phi(\lambda,x)=0$。证毕。因此结果(2)成立。

结果(3)是显然的。

定理 3 $\forall(\lambda,x)\in(\Lambda,X)$，$\phi(\lambda,x)$ 在 (λ,x) 是连续的。

证明 $\forall\lambda_m=\left(F^{m1},\cdots,F^{mn};G_{m1},\cdots,G_{mn}\right)\in\Lambda,\lambda_m\to\lambda=\left(F^1,\cdots,F^n;G_1,\cdots,G_n\right),\forall x^m\in X,x^m\to x$，即证明 $\forall j\neq i\in N$，有

$$\max_{w_j^i\in G_{mj}\left(x_{\hat{j}}^m\right)}\min_{z\in Z}\left\langle z,F^{mi}\left(w_j^i,x_{\hat{j}}^m\right)-F^{mi}\left(x_j^m,x_{\hat{j}}^m\right)\right\rangle\to\max_{w_j^i\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)}\min_{z\in Z}\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}^m\right)\right\rangle. \tag{4.12}$$

$\forall i\in N$，$\forall m=1,2,3,\cdots$，定义

$$\varphi_{mi}\left(w_j^i,x,z\right)=\left\langle z,F^{mi}\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^{mi}\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle,\quad \varphi_i(w_j^i,x,z)=\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle. \tag{4.13}$$

则 φ_{mi} 和 φ_i 在 $X_j\times X\times Z$ 上是连续的，其中 $z\in\left\{r\in R_+^k:\|r\|=1\right\}$ 是紧集。因此

$$\begin{aligned}
&\left|\varphi_{mi}\left(w_j^i,x,z\right)-\varphi_i\left(w_j^i,x,z\right)\right|\\
&=\left|\left\langle z,F^{mi}\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^{mi}\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)+F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle\right|\\
&\leq\left|\left\langle z,F^{mi}\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle\right|+\left|\left\langle z,F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)-F^{mi}\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\rangle\right|\\
&\leq\|z\|\left\|F^{mi}\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)\right\|+\|z\|\left\|F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)-F^{mi}\left(x_j,x_{\hat{j}}\right)\right\|\\
&\leq 2\rho\left(\lambda^m,\lambda\right)\to 0.
\end{aligned}$$

又因为 $x^m\to x,h_i\left(G_{mi}\left(x_i^m\right),G_i\left(x_{\hat{i}}\right)\right)\to 0$。由引理 3，有

$$\max_{w_j^i\in G_{mj}\left(x_{\hat{j}}^m\right)}\min_{z\in Z}\left\langle z,F^{mi}\left(w_j^i,x_{\hat{j}}^m\right)-F^{mi}\left(x_j^m,x_{\hat{j}}^m\right)\right\rangle\to\max_{w_j^i\in G_j\left(x_{\hat{j}}\right)}\min_{z\in Z}\left\langle z,F^i\left(w_j^i,x_{\hat{j}}\right)-F^i\left(x_j,x_{\hat{j}}^m\right)\right\rangle. \tag{4.14}$$

所以，$\phi(\lambda,x)$ 是连续的。

综上，我们可以得到以下结果：

(1) 平衡映射 $E:\Lambda\rightrightarrows X$ 是一个 usco 映射；

(2) 存在 Λ 中的一个稠密剩余集 Q，使得 $\forall\lambda\in Q$，Ω 在 λ 处是结构稳定的；

(3) 若 Ω 在 $\lambda\in\Lambda$ 处是结构稳定的，则 Ω 在 $\lambda\in\Lambda$ 对 ε-弱 Pareto 单边支持均衡是鲁棒的；

(4) 存在 Λ 中的一个稠密剩余集 Q，使 $\forall\lambda\in Q,\forall\lambda_n\to\lambda,\varepsilon_n\to 0$，有 $h\left(E\left(\lambda_n,\varepsilon_n\right),E(\lambda)\right)\to 0$

(5) 若 $\lambda\in\Lambda$，且 $E(\lambda)=\{x\}$ 为单点集，则 Ω 在 $\lambda\in\Lambda$ 处是结构稳定的，且在 $\lambda\in\Lambda$ 对 ε-弱 Pareto 单边支持均衡也是鲁棒的。

这个结果表明，只要每个电商公司的效用函数是连续的，稳定变化的，那么，其他电商公司的策略发生轻微变化时，不会对自己的效益产生太大的影响。

5. 结论

本文我们将电商企业价格战构建为一个多目标博弈，并在有限理性的角度下，研究了电商企业在不

完全理解市场信息下的决策行为以及影响。结果表明，如果电商企业的收益函数是连续和凹的，那么他们的决策行为不会受到太大的干扰。这也表明在大多数情况下，只要其它电商企业的策略不发生太大的变化，那么电商企业的策略越不会产生太大的变化。

参考文献

[1] 孙雨尧. 基于博弈论对我国网购寡头市场的分析[J]. 保险职业学院学报, 2017, 31(4): 54-57.

[2] 陈媛. 电商企业价格战分析——基于博弈论视角[J]. 中国集体经济, 2019(32): 107-108.

[3] 罗洁雯. 博弈论视角下电商价格战分析——以天猫和京东“618 年中大促”为例[J]. 商场现代化, 2021(20): 20-22.

[4] 陈立强. 网络书店价格战的博弈分析与规避对策探究[J]. 新媒体研究, 2017, 3(6): 40-42, 98.

[5] 苑鑫艺. 基于博弈论视角下电商价格战分析[J]. 广西质量监督导报, 2020(6): 223-224.

[6] Shapley, L.S. and Rigby, F.D. (1959) Equilibrium Points in Games with Vector Payoffs. *Naval Research Logistics Quarterly*, **6**, 57-61. https://doi.org/10.1002/nav.3800060107

[7] Corley, H.W. (1985) Games with Vector Payoffs. *Journal of Optimization Theory and Applications*, **47**, 491-498. https://doi.org/10.1007/bf00942194

[8] Wang, S.Y. (1993) Existence of a Pareto Equilibrium. *Journal of Optimization Theory and Applications*, **79**, 373-384. https://doi.org/10.1007/bf00940586

[9] Anderlini, L. and Canning, D. (2001) Structural Stability Implies Robustness to Bounded Rationality. *Journal of Economic Theory*, **101**, 395-422. https://doi.org/10.1006/jeth.2000.2784

[10] Yu, C. and Yu, J. (2007) Bounded Rationality in Multiobjective Games. *Nonlinear Analysis*: *Theory*, *Methods & Applications*, **67**, 930-937. https://doi.org/10.1016/j.na.2006.06.050

[11] 王丹, 赵平, 师二广, 等. 基于有限理性决策的分布式风电开发模式[J]. 电力系统自动化, 2018, 42(20): 31-37.

[12] 罗坚毅, 江涛. 浙江经济发展中的有限理性决策问题探析[J]. 江苏商论, 2008(5): 134-135.

[13] 李广海, 陈通. 基于有限理性行为决策机理与评价研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2007, 7(6): 29-32.

[14] Aliptantis, C.D. and Border, K.C. (2006) Infinite Dimensional Analysis. Springer.

[15] Fort, M.K. (2022) Points of Continuity of Semi-Continuous Functions. *Publicationes Mathematicae Debrecen*, **2**, 100-102. https://doi.org/10.5486/pmd.1951.2.2.03