附 录

正文未报告部分

表 1：模型中的参数含义

参数	含义	参数	含义
θ	诚实型买家的比例	N	无经侦平台时的信号
μ_0	卖家认为买家是诚实型的先验信念	NR	有经侦平台时的信号：无欠款记录
α	买家下一期停留在市场的概率	R	有经侦平台时的信号：有欠款记录
v	商品对买家的价值	μ_{t-1}^{m}	卖家在t时期，信号m下认为买家是诚实型的信念，$m=N,NR,R$
c	卖家的成本	μ^{m}	$t>1$时期的均衡中，卖家信念不随时间变化时，卖家在信号 m 下认为买家是诚实型的信念，$m=N,NR,R$
p	买家的出价	a^{m}	卖家在信号m下愿意接受的最低价格，$m=N,NR,R$
p^{*},p^{**},p^{***}	基础模型均衡中买家的出价	U_{HB}	诚实型买家平均每期的收益
$\tilde{p}^{*},\tilde{p}^{**},\tilde{p}^{***}$	延伸模型均衡中买家的出价	U_{OB}	机会型买家平均每期的收益
k	$k\equiv\frac{v-c}{c}$，商品的增值空间	U_{seller}	卖家平均每期的收益
$G^{N}(\cdot)$	延伸模型中，$a^{i,N}$服从的累计分布	$G_{t}^{NR}(\cdot)$	延伸模型中，$a_{t}^{i,NR}$服从的累计分布

资料来源：作者整理。

1. 定理 1 的证明

（1）无经侦平台的情况下，因为每一期的买家和卖家随机匹配，买家不需要考虑声誉，所以机会型买家每期选择 $not\ pay$ 优于 pay。由于没有经侦平台时，没有买家的历史纪录，卖家只能根据先验信念 μ_0 判断买家的类型，即 $\mu_{t-1}^{N}=\mu_0$。因此，卖家可以接受的最低价格满足

$$a^{N}\cdot\mu_0+0\cdot(1-\mu_0)=\mathrm{c} \tag{A1}$$

即

$$a^{N}=\frac{c}{\mu_0} \tag{A2}$$

引理 1 不存在诚实型买家和机会型买家出价不同的完美贝叶斯均衡，并且，符合直观标准（intuitive criterion）的均衡中，诚实型买家根据卖家愿意接受的最低价格出价。

引理 1 的证明：假设诚实型买家出价为 p^{HB}，机会型买家出价 p^{OB}，$p^{HB}\neq p^{OB}$，则卖家根据买家的出价就可以区分买家的类型，那么存在两种情况：①卖家只在买家出价 p^{HB} 时选择“卖”；②卖家只在买家出价 p^{OB} 时选择“卖”。如果出现情况①，机会型买家会模仿诚实型买家出价p^{HB}；如果出现情况②，诚实型买家会模仿机会型买家出价 p^{OB}。因此，不存在 $p^{HB}\neq p^{OB}$ 的完美贝叶斯均衡。

假设均衡中 $a^{N}<p^{*}=p^{HB}=p^{OB}<v$，因为诚实型买家付款，机会型买家不付款，所以诚实型买家偏离均衡收益增加，而机会型买家偏离均衡收益不增加。那么，当诚实型买家偏离均衡而出价 p，且 p 满足 $a^{N}\leq p<p^{*}$ 时，卖家的信念为 $\mu_{t-1}^{N}(p)\neq 0$，卖家选择“卖”，诚实型买家收益增加。因此，价格 p^{*} 在 $a^{N}<p^{*}=p^{HB}=p^{OB}<v$ 区间的完美贝叶斯均衡不符合直观标准

（intuitive criterion）[①]，诚实型买家会偏离均衡直至出价为 a^N。

所以，诚实型买家会根据卖家愿意接受的最低价格出价，机会型买家会模仿诚实型买家出价。证毕。

当 $\frac{c}{\mu_0} < v$ 时，诚实型买家根据卖家可以接受的最低价格出价，即 $p = \frac{c}{\mu_0}$，机会型买家模仿诚实型买家出价 $p = \frac{c}{\mu_0}$，否则在出价阶段就会被卖家识别出该买家为机会型，卖家拒绝交易。因此，市场价格为

$$p^* = a^N = \frac{c}{\mu_0} \tag{A3}$$

无经侦平台时，在 $t > 1$ 时期，卖家只能接受到信号 $m = N$。假设卖家选择 $sell$ 和 $not\ sell$ 的期望收益相同时，卖家选择 $sell$，那么当买家出价 $p^* = \frac{c}{\mu_0}$ 时，卖家选择 $sell$。因此，当 $p^* \le v$ 时，存在贝叶斯完美均衡，其中每期的买家和卖家策略为

$$\{(p^*, p^*), (sell\ if\ p = p^*, otherwise\ not\ sell), (pay, not\ pay), \mu^N = \mu_0\} \tag{E1}$$

（2）有经侦平台的情况下，首先，考虑机会型买家选择 pay。则有

$$\mu^{NR} = \theta \tag{A4}$$

$$\mu^R = 0 \tag{A5}$$

卖家可以接受的最低价格满足

$$a^{NR} \cdot \mu^{NR} + a^{NR} \cdot (1 - \mu^R) = c \tag{A6}$$

解得

$$a^{NR} = \mathrm{c} \tag{A7}$$

诚实型买家出价为 c，机会型买家模仿诚实型买家出价为 c，市场价格为

$$p^{**} = a^{NR} = \mathrm{c} \tag{A8}$$

机会型买家通盘考虑自己所有期的总收益，由于买家在市场中平均停留期数为 $\frac{1}{1-\alpha}$，如果机会型买家选择 pay，则机会型买家所有期的总收益为 $\frac{v-p^{**}}{1-\alpha}$，如果机会型买家偏离而选择 $not\ pay$，则机会型买家只能“欺骗”一次就会被卖家识别出，机会型买家所有期的总收益为 v。因此机会型买家不会偏离 pay 的条件是

$$v - p^{**} \ge v(1 - \alpha) \tag{A9}$$

即

$$\alpha v \ \ge p^{**} \tag{A10}$$

因此，当 $\alpha v \ \ge p^{**}$ 时，存在完美贝叶斯均衡，其中在 $t > 1$ 时期，每期买家和卖家的策略为

$$\{(p^{**}, p^{**}), (sell\ if\ m = NR\ and\ p = p^{**}, otherwise\ not\ sell), (pay, pay), \mu^{NR} = \mu_0, \mu^R = 0\} \tag{E2}$$

（3）接下来，考虑有经侦平台的情况下，机会型买家选择 $not\ pay$。根据贝叶斯法则可得

[①] 关于直观标准（intuitive criterion）参见 Cho and Kreps （1987）。

$$\mu^{NR} = prob(HB|NR) = \frac{prob(NR|HB)\cdot prob(HB)}{prob(NR|HB)\cdot prob(HB)+prob(NR|OB)\cdot prob(OB)} = \frac{1\cdot\mu_0}{1\cdot\mu_0+(1-\alpha)(1-\mu_0)} \tag{A11}$$

卖家能够接受的最低价格 a^{NR} 满足

$$a^{NR}\cdot\mu^{NR} + 0\cdot(1-\mu^{NR}) = c$$

即

$$a^{NR} = \frac{1-\alpha(1-\mu_0)}{\mu_0}c \tag{A12}$$

诚实型买家出价为 $p = \frac{1-\alpha(1-\mu_0)}{\mu_0}c$，机会型买家模仿诚实型买家出价 $p = \frac{1-\alpha(1-\mu_0)}{\mu_0}c$，市场价格为

$$p^{***} = a^{NR} = \frac{1-\alpha(1-\mu_0)}{\mu_0}c \tag{A13}$$

机会型买家不会偏离 $not\ pay$ 的条件是

$$v(1-\alpha) \geq v - p^{***} \tag{A14}$$

即

$$\alpha v \leq p^{***} \tag{A15}$$

因此，当 $\alpha v \leq p^{***} \leq v$ 时，存在完美贝叶斯均衡，其中在 $t > 1$ 时期，每期买家和卖家的策略为

$$\left\{(p^{***}, p^{***}), (sell\ if\ m = NR\ and\ p = p^{***}, otherwise\ not\ sell), (pay, not\ pay), \mu^{NR} = \frac{\mu_0}{1-\alpha(1-\mu_0)}, \mu^R = 0\right\} \tag{E3}$$

2. 定理 2 的证明

比较(A3)，(A8)和(A13)。因为 $0 < \mu_0 < 1$ 且 $0 < \alpha < 1$，所以 $c < \frac{1-\alpha(1-\mu_0)}{\mu_0}c < \frac{c}{\mu_0}$，即 $p^{**} < p^{***} < p^{*}$。

均衡(E3)实现时，$\frac{\partial p^{***}}{\partial\alpha} = \left(1-\frac{1}{\mu_0}\right)c < 0$。所以$p^{***}/\partial\alpha \leq 0$。

接下来计算买家和卖家的收益。无经侦平台时，机会型买家在市场上平均停留 $\frac{1}{1-\alpha}$ 期，每期不付款，**平均每期**收益为

$$U_{OB}^{无经侦} = v \tag{A16}$$

诚实型买家在市场上平均停留 $\frac{1}{1-\alpha}$ 期，每期都付款，平均每期收益为

$$U_{HB}^{无经侦} = v - p^{*} \tag{A17}$$

有经侦平台时，如果实现均衡(E2)，机会型和诚实行买家都付款，这时的机会型买家和诚实型买家平均每期收益为

$$U_{OB}^{有经侦} = U_{HB}^{有经侦} = v - p^{**} \tag{A18}$$

有经侦平台时，如果实现均衡(E3)，机会型买家不付款，在市场上只交易 1 期，诚实型买家在市场上交易 $\frac{1}{1-\alpha}$ 期，这时的机会型买家**平均每期**收益为

$$U_{OB}^{有经侦} = v(1-\alpha) \tag{A19}$$

诚实型买家平均每期收益为

$$U_{HB}^{有经侦} = v - p^{***} \tag{A20}$$

比较(A18)、(A19)和(A16)可得 $U_{OB}^{有经侦} < U_{OB}^{无经侦}$，比较(A18)、(A20)和(A17)可得 $U_{HB}^{有经侦} > U_{HB}^{无经侦}$。

由于市场价格为卖家可接受的最低价格，因此卖家的收益 $U_{seller}^{有经侦} = U_{seller}^{无经侦} = 0$。基础模型中，卖家在“$N$”和“$NR$”信号下都选择“卖”，成交概率为 1。

3. 定理 3 和定理 4 的证明

（1）定理 3 的证明和 $\tilde{p}^{**} < \tilde{p}_t^{***} < \tilde{p}^{*}$ 的证明。在第三部分的模型中，μ_0^i 服从在$[0,1]$上的均匀分布，$F(\mu_0) = \mu_0$。无经侦平台时，$\mu_{t-1}^{i,N} = \mu_0^i$，设 $a^{i,N}$ 服从累积分布 $G^N(\cdot)$，则当买家出价 p 时，卖家选择“卖”的概率为

$$G^N(p) = prob\left(a^{i,N} \le p\right) = prob\left(\frac{c}{\mu_{t-1}^{i,N}} \le p\right) = prob\left(\mu_0^i \ge \frac{c}{p}\right) = 1 - F\left(\frac{c}{p}\right) \tag{A21}$$

$F(\mu_0) = \mu_0$ 时，$G^N(p) = 1 - \frac{c}{p}$，代入 $\tilde{p}^{*} = \arg\max_{p\ge1}(v-p)\,G^N(p)$ 求解得

$$\tilde{p}^{*} = \sqrt{vc} \tag{A22}$$

无经侦平台时，博弈存在完美贝叶斯均衡，其中每期买家和卖家的策略为

$$\left\{(\tilde{p}^{*},\tilde{p}^{*}),\left(sell\ if\ p = \tilde{p}^{*}\ and\ \mu_0^i \ge \sqrt{c/v}, otherwise\ not\ sell\right),(pay, not\ pay),\mu^{i,N} = \mu_0^i\right\} \quad \textbf{(E4)}$$

有经侦平台时，如果机会型买家付款，则市场价格同(A8)，即 $\tilde{p}^{**} = c$。当 $\alpha v > \tilde{p}^{**}$ 时，博弈存在完美贝叶斯均衡，其中在 $t > 1$ 时期，每期买家和卖家的策略为

$$\left\{(\tilde{p}^{**},\tilde{p}^{**}),(sell\ if\ m = NR\ and\ p = \tilde{p}^{*}, otherwise\ not\ sell),(pay, pay),\mu^{i,NR} = \mu_0^i, \mu^{i,R} = 0\right\} \quad \textbf{(E5)}$$

有经侦平台时，如果机会型买家不付款，则卖家遇到没有欠款记录的买家时，卖家的信念为

$$\mu_{t-1}^{i,NR} = \frac{\mu_0^i}{1-\alpha h_{t-1}(1-\mu_0^i)} \tag{A23}$$

其中，h_{t-1} 为 0 到$t-1$时期交易过的机会型买家占 t 时期所有机会型买家的比例。当买家出价 p 时，卖家选择“卖”的概率为

$$G_t^{NR}(p) = prob\left(a_t^{i,NR} \le p\right) = prob\left(\frac{1-\alpha h_{t-1}(1-\mu_0^i)}{\mu_0^i}c \le p\right) = prob\left(\mu_0^i \ge \frac{1-\alpha h_{t-1}}{p/c-\alpha h_{t-1}}\right) = 1 - F\left(\frac{1-\alpha h_{t-1}}{p/c-\alpha h_{t-1}}\right) \tag{A24}$$

$F(\mu_0) = \mu_0$ 时，$G_t^{NR}(p) = 1 - \frac{1-\alpha h_{t-1}}{p/c-\alpha h_{t-1}}$，代入 $\tilde{p}_t^{***} = \arg\max_{p\geq 1}(v-p)\, G_t^{NR}(p)$ 求解得

$$\tilde{p}_t^{***} = \alpha h_{t-1}c + \sqrt{(v-\alpha h_{t-1}c)(1-\alpha h_{t-1})c} \tag{A25}$$

当$\alpha v < p_t^{NR}$ 时，博弈存在完美贝叶斯均衡，其中在 $t > 1$ 时期，每期买家和卖家的策略为

$$\left\{(\tilde{p}_t^{***}, \tilde{p}_t^{***}), \left(sell\ if\ m = NR, p = \tilde{p}_t^{***} and\ \mu_0^i \geq \tilde{\mu}_{t-1}^{NR}, otherwise\ not\ sell\right),\ (pay, not\ pay), \mu_{t-1}^{i,NR} = \frac{\mu_0^i}{1-\alpha h_{t-1}(1-\mu_0^i)}, \mu_{t-1}^{i,R} = 0\right\} \tag{E6}$$

其中，$\tilde{\mu}_{t-1}^{NR} = \sqrt{\frac{(1-\alpha h_{t-1})c}{v-\alpha h_{t-1}c}}$。比较(E4)、(E5)和(E6)可得 $\tilde{p}^{**} < \tilde{p}_t^{***} < \tilde{p}^{*}$。

（2）$G_t^{NR}(\tilde{p}_t^{***}) > G^N(\tilde{p}^{*})$的证明。如果均衡(E6)实现，将(A22)代入(A21)，(A25)代入(A24)得

$$G^N(\tilde{p}^{*}) = 1 - \sqrt{\frac{c}{v}} \tag{A26}$$

$$G_t^{NR}(\tilde{p}_t^{***}) = 1 - \sqrt{\frac{(1-\alpha h_{t-1})c}{v-\alpha h_{t-1}c}} \tag{A27}$$

因为$0 < \alpha < 1$ 且 $0 < h_{t-1} < 1$，所以(A27)>(A26)。

（3）机会型买家收益变化的证明。无经侦平台时，机会型买家的平均每期的收益为

$$U_{OB}^{\text{无经侦}} = v \cdot G^N(\tilde{p}^{*}) = v - \sqrt{vc} \tag{A28}$$

如果均衡(E5)实现，机会型买家付款，则机会型买家的平均每期收益为 $U_{OB}^{\text{有经侦}} = v - c$，与(A28)进行比较可得，$U_{OB}^{\text{有经侦}} > U_{OB}^{\text{无经侦}}$。

如果均衡(E6)实现，因为$0 < \alpha < 1$ 且$0 < h_{t-1} < 1$，机会型买家平均每期收益在$h_{t-1}\to 1$，$\alpha \to 0$ 时最大，所以

$$U_{OB}^{\text{有经侦}} < v(1-\alpha)\left(1 - \sqrt{\frac{(1-\alpha)c}{v-\alpha c}}\right) < v(1-0)(1-\sqrt{\frac{c}{v}}) \tag{A29}$$

比较(A28)和(A29)得$U_{OB}^{\text{有经侦}} < U_{OB}^{\text{无经侦}}$。

（4）$U_{HB}^{\text{有经侦}} > U_{HB}^{\text{无经侦}}$ 的证明。该证明**不依赖** μ_0^i 服从均匀分布的假设。如果均衡(E5)实现，显然$U_{HB}^{\text{有经侦}} > U_{HB}^{\text{无经侦}}$。如果均衡(E6)实现，比较(A21)和(A24)可得$G_t^{NR}(p) > G^N(p)$。因为$\tilde{p}^{*}$和 $\tilde{p}^{***}$分别为正文中(3)式和(4)式的最优解，所以有，

$$U_{HB}^{\text{有经侦}} = \left(v - \tilde{p}_t^{***}\right)G_t^{NR}\left(\tilde{p}_t^{***}\right) \geq (v-\tilde{p}^{*})G_t^{NR}(\tilde{p}^{*}) > (v-\tilde{p}^{*})G^N(\tilde{p}^{*}) = U_{HB}^{\text{无经侦}} \tag{A30}$$

4. 定理 5 的证明

基础模型中，由于市场价格为卖家可接受的最低价格，因此卖家的收益 $U_{seller}^{有经侦} = U_{seller}^{无经侦} = 0$.

延伸模型中，无经侦平台时，卖家的期望收益为

$$U_{seller}^{无经侦} = \tilde{p}^* \cdot \theta - c = \theta\sqrt{vc} - c \tag{A31}$$

由(A31)可得，v 越大时，$U_{seller}^{无经侦}$ 越大。当 $v > c/\theta^2$ 时，$U_{seller}^{无经侦} > 0$。当 $v \le c/\theta^2$ 时，$U_{seller}^{无经侦} \le 0$。定义 $k \equiv \frac{v-c}{c}$，即当 $k > \frac{1}{\theta^2} - 1$ 时，$U_{seller}^{无经侦} > 0$；当 $k \le \frac{1}{\theta^2} - 1$ 时，$U_{seller}^{无经侦} \le 0$。

有经侦平台时，如果实现均衡(E5)，卖家的期望收益为

$$U_{seller}^{有经侦} = \tilde{p}_t^{**} \cdot \theta + \tilde{p}_t^{**} \cdot (1-\theta) - c = 0 \tag{A32}$$

有经侦平台时，如果实现均衡(E6)，卖家的期望收益为

$$U_{seller}^{有经侦} = \tilde{p}_t^{***} \cdot \theta_t^{NR} - c \tag{A33}$$

当 $\tilde{p}_t^{***} > \frac{c}{\theta_t^{NR}}$ 时，$U_{seller}^{有经侦} > 0$；当 $\tilde{p}_t^{***} \le \frac{c}{\theta_t^{NR}}$ 时，$U_{seller}^{有经侦} \le 0$。

〔参考文献〕

[1] Cho, I. K., and D. M. Kreps. Signaling Games and Stable Equilibria[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1987, 102(2): 179-221.

注：该附录是期刊所发表论文的组成部分，同样视为作者公开发表的内容。如研究中使用该附录中的内容，请务必在研究成果上注明引文和下载附件出处。

引用示例：

参考文献引用范例：

[1] 朱军. 技术吸收、政府推动与中国全要素生产率提升[J]. 中国工业经济. 2017, (1):5-24.

如果研究中使用了未在《中国工业经济》纸质版刊发、但在杂志网站上正式公开发表的数字内容（包括数据、程序、附录文件），请务必在研究成果正文中注明：

数据（及程序等附件）来自朱军（2017），参见在《中国工业经济》网站（http://www.ciejournal.org）附件下载。