

$$n_d^{OR} = \frac{w + \alpha_d(1-p-\eta\mu)}{1 - \alpha_d(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)} \quad (11)$$

将式(10)和(11)代入可得平台的利润:

$$\begin{aligned} \pi_p^{OR}(p, w) = & pn_c^{OR} - wn_d^{OR} - c_{pv}n_c^{OR}n_d^{OR} = \\ & \frac{-c_{pv}(1-p-\eta\mu+w\gamma\lambda q_h+w\alpha_c)(w+\alpha_d(1-p-\eta\mu))}{[1-\alpha_d(\gamma\lambda q_h+\alpha_c)]^2} \\ & \frac{[w^2-p(1-p-\eta\mu)-pw(\gamma\lambda q_h+\alpha_c)+w\alpha_d(1-p-\eta\mu)](1-\alpha_d(\gamma\lambda q_h+\alpha_c))}{[1-\alpha_d(\gamma\lambda q_h+\alpha_c)]^2} \end{aligned}$$

将平台利润 π_p^{OR} 分别对 p 和 w 求导, 通过 FOC 条件在命题 1 的参数范围内可得极大值点:

$$\begin{aligned} p^{OR*} &= \frac{(1-\eta\mu)[(c_{pv}-\xi)(c_{pv}-\alpha_d)-2]}{(c_{pv}-\xi)^2-4} \\ w^{OR*} &= \frac{(1-\eta\mu)(c_{pv}-\xi+2\alpha_d)}{(c_{pv}-\xi)^2-4} \end{aligned}$$

2) 平台补贴策略的创新风险模型拓展

在平台补贴策略下愿意加入平台的资源提供者数量函数仍可表示为 $n_d^{SR} = \alpha_d n_c^{SR} + \lambda s^{SR} + w$, 愿意加入平台的科研用户数量与考虑创新风险特点后的基础模型相同, $n_c^{SR} = 1 + \alpha_c n_d^{SR} + \gamma q^{SR} - p - \eta\mu$. 联立 n_d^{SR} 和 n_c^{SR} 表达式求解可得:

$$n_c^{SR} = \frac{1-p-\eta\mu+\gamma\lambda q_h(s+w)+\alpha_c(w+s\lambda)}{1-\alpha_d(\gamma\lambda q_h+\alpha_c)} \quad (12)$$

$$n_d^{SR} = \frac{w+s\lambda+\alpha_d[1-p-\eta\mu+s\gamma\lambda q_h(1-\lambda)]}{1-\alpha_d(\gamma\lambda q_h+\alpha_c)} \quad (13)$$

将式(12)和(13)代入可得平台的利润:

$$\begin{aligned} \pi_p^{SR}(p, w, s) = & pn_c^{SR} - wn_d^{SR} - c_{pv}n_c^{SR}n_d^{SR} - sn_{dh}^{SR} \\ = & \{-[c_{pv}(1-p-\eta\mu) \\ & + \gamma\lambda q_h c_{pv}(s+w) + \alpha_c c_{pv}(w \\ & + s\lambda)][w+s\lambda+\alpha_d(1-p-\eta\mu) \\ & + s\gamma\lambda q_h \alpha_d(1-\lambda)] - [1 \\ & - \alpha_d(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)][w^2 \\ & + s\lambda(s+2w) - p(1-p-\eta\mu) \\ & - p\gamma\lambda q_h(s+w) - p\alpha_c(w+s\lambda) \\ & + \alpha_d(w+s\lambda)(1-p-\eta\mu) \\ & + s\lambda\alpha_d(1-\lambda)(w\gamma\lambda q_h - s\alpha_c)]\} \\ & / [1-\alpha_d(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)]^2 \end{aligned}$$

将平台的利润 π_p^{SR} 分别对 p 、 w 和 s 求导, 通过 FOC 条件在命题 2 的参数范围内可求得极大值点:

$$\begin{aligned} p^{SR*} &= \frac{(1-\eta\mu)[(c_{pv}-\alpha_d)(c_{pv}-\xi)-2]}{\gamma^2\lambda q_h^2(1-\lambda) + (c_{pv}-\xi)^2-4} \\ w^{SR*} &= \frac{(1-\eta\mu)(c_{pv}-\alpha_c+\alpha_d)}{\gamma^2\lambda q_h^2(1-\lambda) + (c_{pv}-\xi)^2-4} \\ s^{SR*} &= \frac{\gamma q_h(1-\eta\mu)}{4-\gamma^2\lambda q_h^2(1-\lambda) - (c_{pv}-\xi)^2} \end{aligned}$$

6 拓展模型分析

6.1 考虑创新风险性的模型拓展

现实中, 研发活动具有不确定性大, 失败率高等特点, 在一些行业科技创新的失败率甚至会达到 80%-90%^②, 而创新失败会为科研用户带来负效用, 从而降低用户进行研发活动的积极性^[40,41]. 本节在上文基础上加入创新风险因子, 考虑创新风险对核心决策变量的影响. 不考虑创新风险时, 资源提供者和科研用户加入平台的效用只需要考虑佣金返点、服务收费、网络外部性、保留效用和加入平台的努力成本. 但现实中, 科技创新能否成功受多方面条件影响, 创新产出具有一定风险性, 研发活动具有一定失败的概率. 相较于资源提供者, 科研用户加入平台的效用更容易受到创新风险的影响, 创新失败会对其考虑是否选择加入平台带来负效用, 因此科研用户加入平台的效用函数需要考虑创新的风险性. 参考谭春桥等^[42]的研究假设, 本节假设科研用户在科创平台上进行科技创新失败的概率为 η ($0 < \eta < 1$), 且失败会给科研用户带来的负效用为 μ , 为保证函数具有实际意义, 即两端加入平台的用户数量为正, 不妨假设 $0 < \mu < 1$.

1) 普通定价策略的创新风险模型拓展

考虑创新风险性特点后, 在普通定价策略下资源提供者加入平台的效用仍然表示为 $U_{dh(l)}^{OR} = \alpha_d n_c^{OR} + w - f_{dh(l)}$, 愿意加入平台的提供者数量函数与前文一致 $n_d^{OR} = n_d^0 = \alpha_d n_c^{OR} + w$, 而科研用户加入平台的效用则表示为 $U_c^{OR} = \theta_c + \alpha_c n_d^{OR} + \gamma q^{OR} - p - \eta\mu$, 同前文思路, 由此可得愿意加入平台的科研用户数量函数 $n_c^{OR} = 1 + \alpha_c n_d^{OR} + \gamma q^{OR} - p - \eta\mu$. 联立 n_d^{OR} 和 n_c^{OR} 表达式求解可得

$$n_c^{OR} = \frac{1-p-\eta\mu+w(\gamma\lambda q_h+\alpha_c)}{1-\alpha_d(\gamma\lambda q_h+\alpha_c)} \quad (10)$$

^② 2022 年亚布力中国企业家论坛, 清华大学五道口金融学院副院长田轩发表演讲《创新的资本逻辑》.

3) 引流联盟策略的创新风险模型拓展

在引流联盟策略下资源提供者加入平台的效用仍然表示为 $U_{dh(l)}^{AR} = \alpha_d n_c^{AR} + w - f_{dh(l)}$. 每位科研用户加入平台获得的效用可表示为 $U_c^{AR} = \theta_c + \alpha_c(n_d^{AR} + x) + \gamma q^{AR} - p - \eta\mu$. 同前文思路, 由此可得加入平台的科研用户和科创资源提供者的数量函数可分别表示为 $n_c^{AR} = 1 + \alpha_c(n_d^{AR} + x) + \gamma q^{AR} - p - \eta\mu$ 和 $n_d^{AR} = \alpha_d n_c^{AR} + w$. 联立 n_d^{AR} 和 n_c^{AR} 表达式求解可得:

$$n_c^{AR} = \frac{1 - p - \eta\mu + (w + x)(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)}{1 - \alpha_d(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)} \quad (14)$$

$$n_d^{AR} = \frac{w + \alpha_d[1 - p - \eta\mu + x(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)]}{1 - \alpha_d(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)} \quad (15)$$

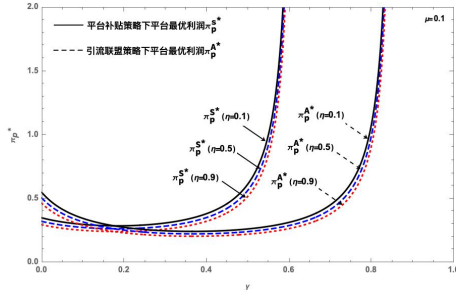
将式(14)和(15)代入可得平台的利润:

$$\begin{aligned} \pi_p^{AR}(p, w, x) = & pn_c^{AR} - w(n_d^{AR} + x) - c_{pv}n_c^{AR}(n_d^{AR} \\ & + x) - \rho x^2/2 = \{[w(w + x) \\ & - p(1 - p - \eta\mu) - p(w \\ & + x)(\gamma\lambda q_h + \alpha_c) + w\alpha_d(1 - p \\ & - \eta\mu)][\alpha_d(\gamma\lambda q_h + \alpha_c) - 1] \\ & - c_{pv}[1 - p - \eta\mu + (w \\ & + x)(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)][w + x \\ & + \alpha_d(1 - p - \eta\mu)]\} \\ & / [1 - \alpha_d(\gamma\lambda q_h + \alpha_c)]^2 \\ & - (x^2\rho/2) \end{aligned}$$

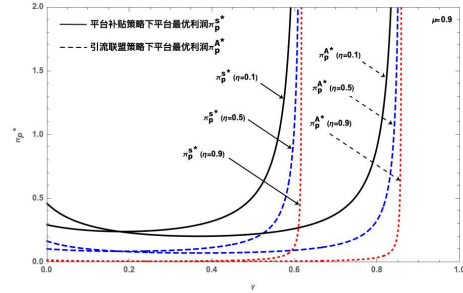
将平台的期望利润 π_p^{AR} 分别对 p 、 w 和 x 求导, 通过 FOC 条件在命题 3 的参数范围内可求得极大值点:

$$\begin{aligned} p^{AR*} &= \frac{(1 - \eta\mu)[1 - 2\rho + \rho(c_{pv} - \alpha_d)(c_{pv} - \xi)]}{2 - 4\rho + \rho(c_{pv} - \xi)^2} \\ w^{AR*} &= \frac{(1 - \eta\mu)[\rho\alpha_d - (1 - \rho)(c_{pv} - \gamma\lambda q_h - \alpha_c)]}{2 - 4\rho + \rho(c_{pv} - \xi)^2} \\ x^{R*} &= \frac{(1 - \eta\mu)(c_{pv} - \xi)}{2 - 4\rho + \rho(c_{pv} - \xi)^2} \end{aligned}$$

基于以上推导可通过数值模拟得到存在创新风险随机因子情形下 γ 对平台补贴和引流联盟策略最优利润的影响, 如图 8 所示 (参数设置与图 5 保持一致).



(a) 负效用低时创新失败率 η 的影响分析



(b) 负效用高时创新失败率 η 的影响分析

图 8 针对创新风险情形平台策略最优利润随质量偏好 γ 的变动分析

Fig.8 Analysis of the change of optimal profit of platform strategy with γ in view of innovation risk situation

将图 8 与图 5 进行比较可看到考虑创新风险性并未改变两种策略下的平台利润变化趋势, 若创新失败给科研用户带来的负效用较低, 则科创平台的利润关于质量偏好的变化趋势对创新失败的概率并不敏感; 若创新失败给科研用户带来的负效用较高, 则创新失败的概率越大, 需要更高的质量偏好才能实现两种策略下平台利润的大幅度增长. 由此得结论 10.

结论 10 面对创新失败给科研用户带来的负效用较高且创新失败概率较大的科研活动, 为实现科创平台利润的大幅度增长, 应提高平台上配套服务质量水平, 且

吸引更多质量偏好系数较高的科研用户加入平台.

6.2 提供者异质网络外部性的拓展

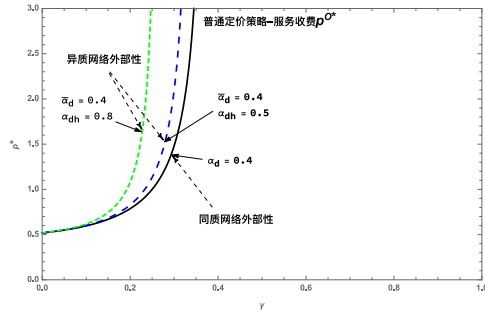
参考 Huang^[27] 的研究, 本节进一步讨论高质量提供者和低质量提供者的跨边网络外部性存在差异情境下的最优策略.

平台一边的提供方服务质量高低可能会影响到平台另一边使用者进入平台的规模效应, 即平台一边的服务质量高低可能会导致跨边网络外部性的差异. 先将高质量提供者和低质量提供者的跨边网络外部性系数分别表示为 α_{dh} 和 α_{dl} , 其各自加入平台的努力成本可分别表示为 f_{dh} 和 f_{dl} , 同上文

假设 f_{dh} 和 f_{dl} 在 $[0,1]$ 上服从均匀分布。

1) 普通定价策略

基础模型中，高质量资源提供者加入平台获得的效用可表示为 $U_{dh}^{OD} = \alpha_{dh}n_c^{OD} + w - f_{dh}$ ，当 $U_{dh}^{OD} \geq 0$ ，即 $f_{dh} \leq \alpha_{dh}n_c^{OD} + w$ 时，高质量提供者会选择加入平台，因此高质量提供者愿意加入平台的数量函数可表示为 $n_{dh}^{OD} = \lambda \int_0^{\alpha_{dh}n_c^{OD} + w} d(f_{dh}) = \lambda(\alpha_{dh}n_c^{OD} + w)$ ，同理可得低质量提供者愿意加入平台的数量函数可表示为 $n_{dl}^{OD} = (1-\lambda) \int_0^{\alpha_{dl}n_c^{OD} + w} d(f_{dl}) = (1-\lambda)(\alpha_{dl}n_c^{OD} + w)$ 。由此得出愿意加入平台的提供者数量可表示为 $n_d^{OD} = \bar{\alpha}_d n_c^{OD} + w$ ，其中 $\bar{\alpha}_d = \lambda\alpha_{dh} + (1-\lambda)\alpha_{dl}$ 。同上文计算逻辑可得，当 $\max\{\xi' - 2\sqrt{1-\gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d)}, 0\} < c_{pv} < \xi'$ 时，普通定价策略存在唯一最优解



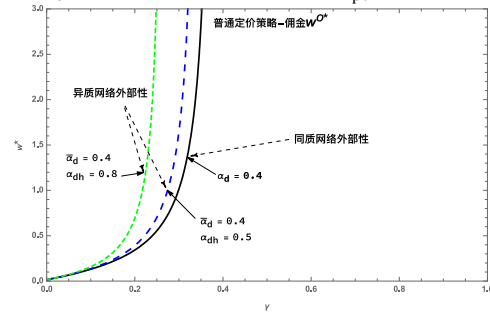
(a) 最优服务收费 p^*

(p^{OD^*}, w^{OD^*}) 能够使得平台收益最大，且必有 $p^{OD^*} > 0$ ，但为使 $w^{OD^*} > 0$ ，应满足 $c_{pv} < \xi' - 2\bar{\alpha}_d$ 。其中 $\xi' = \gamma\lambda q_h + \alpha_c + \bar{\alpha}_d$ 。

$$p^{OD^*} = \frac{(c_{pv} - \bar{\alpha}_d)(c_{pv} - \xi') + 2\gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d) - 2}{(c_{pv} - \xi')^2 + 4[\gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d) - 1]}$$

$$w^{OD^*} = \frac{c_{pv} - \xi' + 2\bar{\alpha}_d}{(c_{pv} - \xi')^2 + 4[\gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d) - 1]}$$

通过仿真可得普通定价策略下，考虑异质网络外部性的决策变量关于质量偏好 γ 的变化趋势与前文所得决策变量的变化趋势基本一致，即最优服务收费和支付佣金返点随质量偏好的增加而增加，若高质量提供者的网络外部性系数 α_{dh} 与加权系数 $\bar{\alpha}_d$ 的差异与质量偏好均变大时，最优决策变量的变化幅度增加，如图9所示（参数设置 $\alpha_c = 0.5$ ， $\lambda = 0.5$ ， $q_h = 6$ ， $c_{pv} = 0.05$ ）。



(b) 最优支付佣金返点 w^*

图9考虑异质网络外部性情形下 γ 对普通定价策略最优决策变量的影响对比

Fig.9 γ effects on the optimal decision variables of OS under considering differences network externalities

2) 平台补贴策略

同理可得平台补贴策略下，当

$$\max\left[\left(\xi' - \sqrt{4 - \frac{\lambda(\gamma\lambda q_h - \gamma q_h + \bar{\alpha}_d - \alpha_{dh})^2}{1-\lambda}}\right), 0\right] < c_{pv} < \xi'$$

$$p^{SD^*} = \frac{(1-\lambda)[(c_{pv} - \bar{\alpha}_d)(c_{pv} - \bar{\alpha}_d - \alpha_c) - \gamma\lambda q_h(c_{pv} - \alpha_{dh}) - 2] + \lambda(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d)^2}{(1-\lambda)[(c_{pv} - \xi')^2 - 4] + \lambda(\gamma\lambda q_h - \gamma q_h - \alpha_{dh} + \bar{\alpha}_d)^2}$$

$$w^{SD^*} = \frac{(1-\lambda)(c_{pv} - \alpha_c - \bar{\alpha}_d) - \lambda(\bar{\alpha}_d + \alpha_{dh}) + 2\bar{\alpha}_d}{(1-\lambda)[(c_{pv} - \xi')^2 - 4] + \lambda(\gamma\lambda q_h - \gamma q_h - \alpha_{dh} + \bar{\alpha}_d)^2}$$

$$s^{D^*} = \frac{\gamma q_h(1-\lambda) - \alpha_{dh} + \bar{\alpha}_d}{(\lambda-1)[(c_{pv} - \xi')^2 - 4] - \lambda(\gamma\lambda q_h - \gamma q_h - \alpha_{dh} + \bar{\alpha}_d)^2}$$

通过仿真可得平台补贴策略下，考虑异质网络外部性的决策变量关于质量偏好 γ 的变化趋势与前文所得决策变量的变化趋势基本一致，最优服务收费、支付佣金返点和补贴金额随质量偏好的增加而增加，

时，存在唯一最优解 $(p^{SD^*}, w^{SD^*}, s^{D^*})$ 能够使得平台收益最大，且必有 $p^{SD^*} > 0$ ，但为使 $s^{D^*} > 0$ ， $w^{SD^*} > 0$ ，应满足 $\alpha_{dh} < \gamma q_h + \alpha_{dl}$ 和

$$c_{pv} < \alpha_c + \frac{\lambda\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d}{1-\lambda}$$

若高质量提供者的网络外部性系数 α_{dh} 与加权系数 $\bar{\alpha}_d$ 的差异变大时，最优决策变量的变化幅度增加，如图10所示（参数设置同图9）。

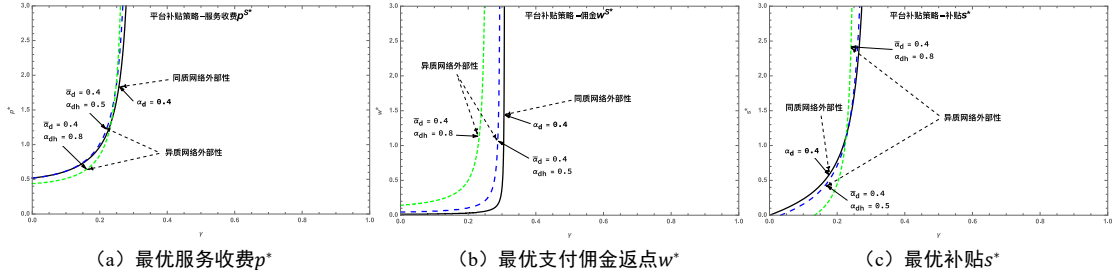


图 10 考虑异质网络外部性情形下 γ 对平台补贴策略最优决策变量的影响对比

Fig.10 γ effects on the optimal decision variables of SS under considering differences network externalities

3) 引流联盟策略

引流联盟策略下，当 $\max[\xi' - \sqrt{(4 - \frac{2}{\rho})[1 - \gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d)], 0}] < c_{pv} < \xi'$ 且

$\rho > 1$ 时，存在唯一最优解 $(p^{AD*}, w^{AD*}, x^{D*})$

能够使得平台收益最大，且必有 $p^{AD*} > 0$,

$x^{D*} > 0$ ，但为使 $w^{AD*} > 0$ ，应满足 $c_{pv} <$

$$p^{AD*} = \frac{\rho[c_{pv}(c_{pv} - \xi' - \bar{\alpha}_d) + \bar{\alpha}_d(\bar{\alpha}_d + \alpha_c) + \gamma\lambda q_h \alpha_{dh} - 1] + (\rho - 1)[\gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d) - 1]}{\rho(c_{pv} - \alpha_c - \bar{\alpha}_d - \gamma\lambda q_h)^2 + 2(2\rho - 1)[\gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d) - 1]}$$

$$w^{AD*} = \frac{\gamma\lambda q_h + \alpha_c - \frac{\rho\bar{\alpha}_d}{\rho - 1}}{\rho(c_{pv} - \alpha_c - \bar{\alpha}_d - \gamma\lambda q_h)^2 + 2(2\rho - 1)[\gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d) - 1]}$$

$$x^{D*} = \frac{c_{pv} - \xi'}{\rho(c_{pv} - \alpha_c - \bar{\alpha}_d - \gamma\lambda q_h)^2 + 2(2\rho - 1)[\gamma\lambda q_h(\alpha_{dh} - \bar{\alpha}_d) - 1]}$$

通过仿真可得引流联盟策略下，考虑异质网络外部性的决策变量关于质量偏好 γ 的变化趋势与前文所得决策变量的变化趋势基本一致，最优服务收费、支付佣金返点和引流数量随质量偏好的增加而增加，

若高质量提供者的网络外部性系数 α_{dh} 与加权系数 $\bar{\alpha}_d$ 的差异变大时，最优决策变量的变化幅度增加，如图 11 所示（参数设置同图 9，此外 $\rho = 3$ ）。

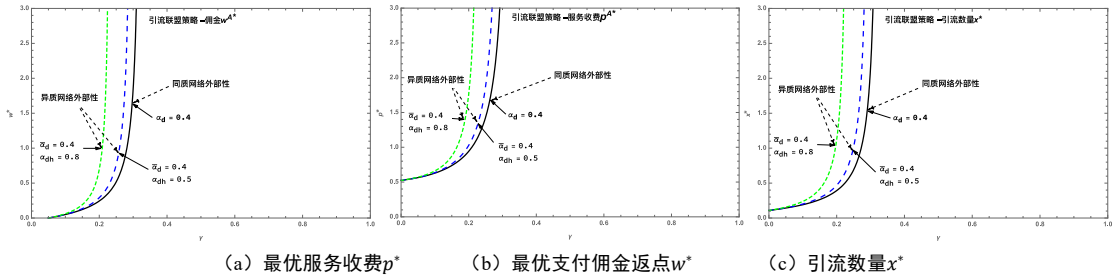


图 11 考虑异质网络外部性情形下 γ 对引流联盟策略最优决策变量的影响对比

Fig.11 γ effects on the optimal decision variables of AS under considering differences network externalities

结论 11 无论网络外部性是否具有异质性，用户质量偏好对平台最优决策的影响都基本一致，因此平台企业传统关注网络外部性和服务水平，其实更应重视降低运营成本，才能灵活改变策略。

通过比较发现在异质网络外部性情形下，用户质量偏好对三种策略下平台最优决策的影响与同质网络外部性情形时基本一致。高低质量提供者网络外部性的差异并没有给平台策略带来太大的影响。结合第四节讨论，影响平台最优定价策略主要因素

还是平台运营成本。

6.3 考虑非完全信息的模型拓展

进一步，本节将提供者配套服务质量拓展为非完全信息情景，即提供者上平台时，平台将面临逆向选择问题。在该情景下，平台需重新设计佣金返点契约，以实现提供者类型甄别；换言之，不对称信息将迫使平台改变原先的佣金返点策略，无法再采取佣金统一制的混同定价策略，

否则将出现“劣币驱逐良币”现象。平台此时应设计差异化佣金制，即给予高低质量提供者不同的佣金返点。因此，本节提出基础佣金与质量激励相结合的分离合定价策略。

为实现对提供者隐匿信息的甄别，科创平台设计佣金返点分离合同 $\{(w_h, k_h), (w_l, k_l)\}$ 来区分高低质量提供者，即高质量提供者获得佣金返点为 $w_h + k_h q_h$ ，低质量提供者获得佣金返点为 $w_l + k_l q_l$ ，其中 $w_{h(l)}$ 表示高（低）质量提供者的基础佣金返点、 $k_{h(l)}$ 表示其质量激励系数，由此形成基础佣金返点与质量激励相结合的佣金返点机制。鉴于此，科创平台优化问题可表示为

$$\begin{aligned} \max \pi_p(p, w_h, w_l) &= pn_c - (w_h + k_h q_h)n_{dh} \\ &\quad - (w_l + k_l q_l)n_{dl} - c_{pv}n_c n_d \\ \text{s.t. } n_c &> 0, n_d > 0, n_{dh} > 0, n_{dl} > 0 \\ \alpha_d n_c + w_h + k_h q_h - f_{dh} &\geq \alpha_d n_c + w_l + k_l q_h - f_{dh} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \alpha_d n_c + w_l + k_l q_l - f_{dl} &\geq \alpha_d n_c + w_h + k_h q_l - f_{dl} \end{aligned} \quad (17)$$

其中，式(16)、式(17)为激励相容约束，式(16)防止高质量提供者假冒为低质量提供者，式(17)防止低质量提供者假冒为高质量提供者。式(16)和式(17)相加化简可得 $(k_h - k_l)(q_h - q_l) \geq 0$ ，由于 $q_h \geq q_l$ ，则需 $k_h \geq k_l$ ，否则分离契约失效。且参考张维迎^[43]可知式(16)为紧约束 $w_h - w_l + q_h(k_h - k_l) = 0$ ，令 $k_h = \Delta + k_l$ ，则 $w_l = w_h + \Delta q_h$ 。虽然低质量提供者获得的基础佣金返点似乎更高，但是考虑高质量提供者存在质量激励，事实上有 $w_h + k_h q_h \geq w_l + k_l q_l$ ，即高质量提供者实际获取佣金返点更高。

此时科创平台优化问题可转化为

$$\begin{aligned} \max \pi_p(p, w_h) &= pn_c - (w_h + k_h q_h)n_{dh} - \\ &\quad (w_h + \Delta q_h + k_l q_l)n_{dl} - c_{pv}n_c n_d \\ \text{s.t. } n_c &> 0, n_d > 0, n_{dh} > 0, n_{dl} > 0 \end{aligned} \quad (18)$$

加入平台的高质量提供者数量 $n_{dh} = \lambda \int_0^{\alpha_d n_c + w_h + k_h q_h} d(f_{dh}) = \lambda(\alpha_d n_c + w_h + k_h q_h)$ ，低质量提供者数量 $n_{dl} = (1 - \lambda) \int_0^{\alpha_d n_c + w_l + k_l q_l} d(f_{dl}) = (1 - \lambda)(\alpha_d n_c + w_l + k_l q_l) = (1 - \lambda)(\alpha_d n_c + w_h + \Delta q_h + k_l q_l)$ ，由前文可知 $q_l = 0$ ，则平台上提供者数量 $n_d = n_{dh} + n_{dl} = \alpha_d n_c + w_h + \lambda k_h q_h + \Delta q_h(1 - \lambda)$ ，平台上科研用户数量 $n_c = \int_{-(\alpha_c n_d + \gamma q_h n_{dh} - p)}^1 d(\theta_c) = 1 + \alpha_c n_d + \gamma q_h n_{dh} - p$ 。联立 n_c 和 n_d 表达式求解可得

$$n_c = \frac{1 - p + \gamma \lambda q_h (k_h q_h + w_h) + \alpha_c [(\Delta - \Delta \lambda + \lambda k_h) q_h + w_h]}{1 - \alpha_d (\gamma \lambda q_h + \alpha_c)} \quad (19)$$

$$n_d = \frac{w_h + \alpha_d (1 - p) + q_h [\Delta (1 - \lambda) + \lambda k_h + \gamma \lambda q_h \alpha_d k_l (1 - \lambda)]}{1 - \alpha_d (\gamma \lambda q_h + \alpha_c)} \quad (20)$$

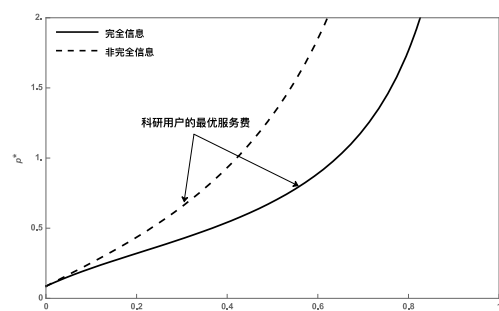
将式(19)和式(20)带入式(18)，目标函数对决策变量 (p, w_h) 进行求解。可得当 $\xi - 2 < c_{pv} < \xi + 2$ 时， π_p 是关于 p 和 w_h 的联合凹函数， $0 < c_{pv} < \xi$ 且 $k_l < \frac{c_{pv} - \xi}{q_h ((\xi - c_{pv})^2 - 4)}$ 时能满足约束条件。因此，当 $\max [(\xi - 2), 0] < c_{pv} < \xi$ 且 $k_l < \frac{c_{pv} - \xi}{q_h ((\xi - c_{pv})^2 - 4)}$ 时，分离定价策略存在唯一最优解 (p^*, w_h^*) 能够使得平台收益最大。由此得到命题4

命题4 当 $\max [(\xi - 2), 0] < c_{pv} < \xi$ 时，存在唯一均衡解 (p^*, w_h^*, w_l^*) 使平台在普通定价策略下收益最大。

$$\begin{aligned} p^* &= (1 + \gamma \lambda q_h^2 k_l (1 - \lambda)) \frac{(c_{pv} - \alpha_d)(c_{pv} - \xi) - 2}{(c_{pv} - \xi)^2 - 4} \\ w_h^* &= \left(-c_{pv}^2 q_h (\Delta + \lambda k_l) + c_{pv} (1 + q_h (2k_h \xi - k_l (1 - \lambda)(\xi + \alpha))) \right. \\ &\quad \left. + \Delta q_h (1 - \lambda) (4 - 2\gamma \lambda q_h \alpha_d - \alpha \xi) - \xi + 2\alpha_d \right. \\ &\quad \left. + \lambda q_h k_h (4 - \alpha^2) - \lambda q_h \gamma q_h k_h (\xi + \lambda \alpha - 2\alpha_d (1 - \lambda)) \right) / ((c_{pv} - \xi)^2 - 4) \\ w_l^* &= w_h^* + \Delta q_h \end{aligned}$$

对比非完全信息情景下分离定价策略中的 p^* 和完全信息情景下普通定价策略 p^0 的表达式可知，在非完全信息情形下，向科研用户收取的服务费更高；平台信息不完全时可采取最优佣金返点分离合同 $\{(w_h^*, k_h), (w_l^*, k_l)\}$ ，向高质量科研用户支付基础佣金返点与质量激励策略，能够使科创平台收益最大。

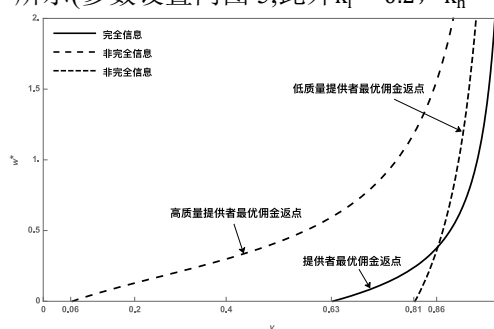
结论 12 在非完全信息情形下，科创平台设计佣金返点分离合同时，可选择给予高质量提供者的基础佣金返点低于低质量提供者，同时给予高质量提供者的质量激励系数高于低质量提供者，无法同时给予高质量提供者更高的基础佣金返点和质量激励系数，否则佣金返点分离合同失效。



(a) 最优服务收费

结论 13 平台无法甄别提供者的质量信息时，应对低质量提供者设置较高的基础佣金返点和较低的质量激励系数，才能使平台收益最大。

通过仿真可得，完全信息和非完全信息情形下平台的最优服务收费和最优佣金返点关于质量偏好 γ 的变化趋势，如图 12 所示(参数设置同图 5,此外 $k_l = 0.2$, $k_h = 0.9$)。



(b) 最优佣金返点

图 12 最优服务收费和最优佣金返点关于质量偏好 γ 的变化趋势
Fig.12 p^* and w^* trends in the γ of the quality preference coefficient

结论 14 若无法甄别提供者的质量信息，平台为获得最大收益需要向科研用户收取更高的服务费来抵消信息不完全给平

台带来的风险；真正高质量提供者获得的实际佣金返点一定大于低质量提供者。