基于收益率门槛限制考虑的网格资源拍卖问题①

王 良, 刘 潇, 贾宇洁

(西安理工大学 经济与管理学院, 西安 710048)

摘 要: 基于收益率门槛限制的视角, 通过建立效用函数模型并结合动态博弈理论, 对网格资源的拍卖问题进行了探讨. 在对网格资源提供者与竞标网格资源使用者的动态博弈过程进行分析时发现, 网格资源提供者的最优策略选择决定于其对货币收益与非货币收益的偏好程度, 以及网格资源使用者的最高报价. 在收益率门槛给定的条件下, 当参与竞标的网格资源使用者具有较低的生产利润或付出较高的努力成本时, 网格资源使用者将会选择价格较低的投标策略. 研究结果表明收益率门槛机制的引入, 在一定程度上可以使得参与双方的效用达到最大化.

关键词: 网格资源; 收益; 效用; 博弈

Auction Mechanism of Grid Resource Based on the Limitation of Return Threshold

WANG Liang, LIU Xiao, JIA Yu-Jie

(School of Economics and Business Administration, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Based on the perspective of return threshold, this paper discusses the auction problem of grid resources through establishing the utility function model and combining with the dynamic game theory. With the analysis of the dynamic game process between grid resource providers and users, it finds that the optimal policy choice of the provider depends on its preference for monetary and non-monetary benefits, and the highest quotation of the users. Under the conditions of given return threshold, when the grid resource users have lower production profits or pay a higher cost, they will choose the lower price bidding strategy. The research shows that the introduction of return threshold mechanism can maximize the utility of both parties in a certain degree.

Key words: grid resource; return; efficiency; game

1 引言

网格(Grid)是在互联网基础之上兴起的新兴分布式计算技术, 作为一种兼具软件及硬件的基础设施, 可以通过集成网络上的多种计算、存储以及通信资源, 为具有动态变化的虚拟组织成员提供更为广泛的资源共享. 除了各类型的计算机, 网格资源还包括网络通信能力、数据资料等相关的资源, 而网格资源分配任务需要资源提供者、资源使用者来共同完成.

国内外已有学者针对网格资源相关问题进行了研究. Shaochong Feng 构建一种可以访问各种不同网格资源的统一服务平台, 在该平台中网格服务的开发者只需注意实现网格资源的本地方法和配置资源数据库[1]. Mohammad 设计了一种分布式优化网格, 该网格作为基于多群离散粒子群优化算法的分布式学习自动机, 可以更高效地、准确地整合资源[2]. 李志洁提出了网格资源分配的动态方法, 结果表明进化博弈方法在网格使用者的总体效用方面优于传统算法[3]. 崔亚楠通过分析网格资源管理的三种模型, 提出了基于 Agent 技术的网格资源管理层次模型, 进而为使用者构建了一个分布式的网格资源环境[4]. 徐春婕构建了

① 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71171155); 西安理工大学高学历人员科研启动经费资助项目(105-400211211); 陕西省教育厅专项科研计划(16JK1527)

收稿时间:2016-08-03;收到修改稿时间:2016-10-10 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005761]

一个基于多 Agent 的政府知识管理系统模型, 结果表明该系统模型可以通过多 Agent 协同满足政务知识管理的需求[5]. 于帆将多 Agent 网格技术引入到政府采购中, 研究表明该技术的引入对于政府采购速度及节约资金等方面有很大的提高[6]. 肖迎春提出了混合组合双向拍卖模式, 仿真结果表明, 在提高拍卖效率、单位效用正向激励以及防止恶意节点方面, 所提出的网格资源分配方法均优于已有方案[7]. 张相斌, 李砚砚结合制造资源的特点, 应用无标度网络理论建立了制造网格资源配置的网络模型, 并对其资源配置的效率变化问题进行研究[8].

纵观国内外的文献可知, 现有研究已经表明网格资源的合理分配是非常重要的环节, 而且已有研究对于网格资源的分配策略等有所涉及, 但是从网格资源拍卖及收益率门槛限制的视角, 并结合动态博弈过程来研究网格资源分配的文献并没有. 有鉴于此, 本文拟在网格资源拍卖中引入动态演化博弈理论, 并考虑了网格资源拍卖过程中非完全理性因素, 使参与拍卖主体可以通过分析彼此的动态演化博弈过程, 不断地调整自身策略进而达到纳什均衡. 同时, 本文将网格资源的使用者看作是具有单独利益的个体, 基于博弈方法通过竞争实现自己的收益目标, 而有限数量的网格使用者在竞争资源时会根据预期收益的变化不断的调整自己的策略, 由此也使得使用者的方案选择表现为一个动态的变化过程.

2 基本效用模型

在具有收益率门槛限制的网格资源拍卖市场中, 主要考虑两类参与主体——网格资源提供者和参与竞标的网格资源使用者. 假定网格资源提供者能够提供 N 单位资源来参与竞拍, 且将依据自身效用最大化原则制定网格资源拍卖中的规则, 同时在进行拍卖时采用价格密封的形式. 有鉴于此, 可得网格资源提供者及参与竞标的网格资源使用者在拍卖中的动态博弈策略: 首先, 网格资源提供者向所有参与竞标者(使用者)发布收益率门槛的设定要求; 其次, 参与竞标的网格资源使用者对自己的状况、生产所需成本、完成时间等更为私有化的信息进行评估, 并据此来选择网格资源拍卖中的投标策略.

2.1 参与竞标的网格资源使用者的效用模型

本文假设参与竞标的网格资源使用者i成功竞标后预计能够获得的收益为 w_i, 并规定 w_i 间彼此独立, 且其服从均匀分布, 即 $w_i \sim \mathrm{U}[0,\overline{w}]$, $\overline{w}$ 为参与竞标的网格资源使用者成功竞标后所获利润的上限. 此外, 本文从收益率门槛限制视角来研究网格资源的拍卖过程, 由于网格资源使用者必然要付出一定的努力成本, 故而可将该努力成本函数看作是收益率门槛的二次函数, 即参与竞标的网格资源使用者为达到设定的收益率门槛限制而付出的努力成本可表示为:

$$\varepsilon_i = \frac{1}{2} r^2 \gamma_i \tag{1}$$

其中, γ_i 为参与竞标的网络资源使用者的风险厌恶系数, 其在$\left[0,\overline{\gamma}_i\right]$上服从独立均匀分布.

对于每个参与竞标的网格资源使用者, 假设其竞标成功后预计可获得的利润 w_i 和风险厌恶系数 γ_i 间相互独立. 因此, 为满足效用最大化需求, 假设使用者使用单位资源所获得利润 w_i 的概率为 p_i, 即实际所获利润为 $\zeta_i = p_i w_i$. 参与竞标的网格资源使用者对单位任务的实际估价 v_i 取决于所获利润与付出的单位努力成本 ε_i, 即:

$$v_i = \zeta_i - \varepsilon_i = p_i w_i - \frac{1}{2} r^2 \gamma_i \tag{2}$$

假定参与竞标的网格资源使用者 i 对资源的利用效率为 η_i, 则其效用函数为:

$$u_i = (v_i - k_i) \times \eta_i \times N = (p_i w_i - \frac{1}{2} r^2 \gamma_i - k_i) \times \eta_i \times N \tag{3}$$

其中, $k_i \in [0,\overline{k}]$ 为参与竞标的网格资源使用者 i 提交的报价.

2.2 网格资源提供者的效用模型

本节假设网格资源提供者在公布任务后给出了任务完成时间、收益率门槛限制, 并拥有全部资源, 且该资源具有单一及排他性特征. 有鉴于此, 网格资源提供者的策略就是根据单位资源交易价格 P, 确定参与竞标的网格资源使用者中的获胜者. 此外, 本节假定网格资源提供者具有货币收益和非货币收益双重目标需求, 将成交价格 P 看作网格资源提供者的货币化收入, 将收益率门槛 r 的设定所带来的收益看作非货币收入, 对此构建参与拍卖的网格资源提供者的效用函数:

$$U_{pr} = \delta \times P \times N + (1-\delta) \times r \times N \tag{4}$$

其中 $\delta \in [0,1]$, δ 及 $1-\delta$ 分别表示网格资源提供者对于两种目标(货币收益及非货币收益)的偏好系数, N 表示拍卖资源总数量, r 表示网格资源交易中的收益率门

槛限制, 此函数满足网格资源提供者效用是递增的、边际效用是非递增的情况.

3 考虑收益率门槛限制的动态博弈均衡分析

本节在对网格资源拍卖的动态博弈均衡进行分析时, 认为参与竞标的网格资源使用者之间不存在彼此结盟或道德风险的发生, 且将网格资源使用者之间的动态博弈过程假定为完全竞争过程. 根据上述假设进一步构建网格资源提供者与参与竞标的网格资源使用者之间的动态博弈模型, 在进行模型求解时采用倒推法的方式, 最终得出基于收益率门槛限制的网格资源拍卖的完美纳什均衡解, 并在网格资源使用者最优投标策略的基础上, 进一步确定网格资源提供者的最优收益率门槛.

3.1 网格资源提供者的收益率门槛设置策略分析

假定网格资源可以看作是一种连续可分性产品, P 是单位网格资源的最终交易价格, 本节将 $\lambda(p)$ 和 $\hbar(p)$ 定义为价格 p 的分布函数和概率密度函数. 当网格资源拍卖中只有两个参与竞标的使用者时, 即 k=1,2 时, $P=\max(k_1,k_2)$. 又因前文的研究中已经假设 k_1, k_2 相互独立, 且 k_1~U[0,$\bar{k}$]、k_2~U[0,$\bar{k}$], 故当参与拍卖的网格资源提供者成功进行拍卖后, 可得其在网格拍卖过程中所获得的货币收益函数为:

$$\begin{aligned}E(R)&=N\int_0^k p\cdot\hbar(p)dp=N\left(P\cdot\lambda(p)\Big|_0^k-\int_0^k\lambda(p)dp\right)\\&=N\left(\bar{k}-\int_0^k\lambda(p)dp\right)\end{aligned}\tag{5}$$

为了求解网格资源提供者的非货币收益, 我们采用逆运算的方法, 先计算无任何网格资源使用者参与竞标的概率(即 $P_U(v_i\le 0)$), 将网格资源使用者 1、2 不参与竞标的概率设为 A、B, 即 $P_U(v_1\le 0)=A$, $P_U(v_2\le 0)=B$. 根据古典概率理论可知, 至少有一家网格资源使用者参与竞标的概率为 $C_U=1-A\times B$. 如要使 $v_i\le 0$, 在理论上要保证 ε_i 最大, 即 $\varepsilon_i=r^2\bar{\gamma}_i/2$, 那么 $P_U(v_i\le 0)$ 为:

$$\begin{aligned}P_U(v_i\le 0)&=P_U(\zeta_i-\varepsilon_i)\le 0\\&=P_U(\zeta_i\le\varepsilon_i)=\int_0^{v_i}\frac{1}{p_i\bar{w}}dt=\frac{r^2\bar{\gamma}_i}{2p_i\bar{w}}\end{aligned}\tag{6}$$

据此可得网格资源提供者的非货币收益函数为:

$$\begin{aligned}\wp(R)&=(1\text{-}A\times B)\cdot r\cdot N\\&=\left[1-P_U(v_1\le 0)\cdot P_U(v_2\le 0)\right]\cdot r\cdot N\\&=\left[1-\left(r^4\times\bar{\gamma}_1\times\bar{\gamma}_2\right)/\left(4p_1p_2\bar{w}^2\right)\right]\cdot r\cdot N\end{aligned}\tag{7}$$

故由(5)、(7)式可进一步得到参与拍卖的网格资源提供者的期望效用函数为:

$$\begin{aligned}E(U_{pr})&=\delta\times E(R)+(1-\delta)\times\wp(R)\\&=\delta\times N\left(\bar{k}-\int_0^k\lambda(p)dp\right)\\&\quad+(1-\delta)\times\left[1-\left(r^4\times\bar{\gamma}_1\times\bar{\gamma}_2\right)/\left(4p_1p_2\bar{w}^2\right)\right]\cdot r\cdot N\end{aligned}\tag{8}$$

网格资源的提供者在对网格资源进行拍卖时, 最为关注的如何选择有效的收益率门槛 r 来确保自身效用最大化, 所以需要对(8)式中的 r 求导, 从而确定最优收益率门槛, 其求导结果为:

$$\begin{aligned}\partial E(U_{pr})/\partial r&=\delta\times N\times\left[\bar{k}'(r)-\lambda(\bar{k}(r))\times\bar{k}'(r)\right]\\&\quad+(1-\delta)\times N\times\left[1\text{-}\left(5r^4\times\bar{\gamma}_1\times\bar{\gamma}_2\right)/\left(4p_1p_2\bar{w}^2\right)\right]\end{aligned}$$

当 $\partial E(U_{pr})/\partial r=0$ 时的 r^* 为极大值点, 此时网格资源提供者能够实现自身效用最大化目标. 对此根据偏好系数 δ 的取值情况进行进一步的分析:

1) 当偏好系数 $0<\delta<1$ 时, 最优收益率门槛情况

在网格资源的竞标中, 网格资源提供者不仅注重货币及非货币收益设定问题, 而且对收益率门槛的设定问题也很关注, 根据网格资源提供者的效用函数可知, 网格资源提供者的期望效用同时受到货币收益和收益率门槛限制的影响. 由 $\partial E(U_{pr})/\partial r=0$ 可得最优收益率门槛 $r^*=\sqrt[4]{\dfrac{4p_1p_2\bar{w}^2}{5\cdot\bar{\gamma}_1\bar{\gamma}_2}+\dfrac{\delta N\cdot\left[\bar{k}'(r)-\lambda(\bar{k}(r))\times\bar{k}'(r)\right]}{5(1-\delta)N\cdot\bar{\gamma}_1\bar{\gamma}_2}}$, 据此可以发现网格资源提供者对货币收益的偏好程度越高, 其收益率门槛取值越大.

此外, $\partial E(U^*_{pr})/\partial\delta=E(R^*)-\wp(R^*)$, 其中 $E[R^*]=\left[\bar{k}\times(r^*)-\int_0^{\bar{k}}\lambda(p)dp\times N\right]$, $\wp(R^*)=\left[r^*-\left(\bar{\gamma}_1\bar{\gamma}_2\bar{r}^{*5}\right)/\left(4p_1p_2\bar{w}^2\right)\right]\cdot N$. 因此, 根据前文的分析可知 $\partial E\left[R(r^*)\right]/\partial r^*\le 0$、$\partial\wp(r^*)/\partial r^*\ge 0$, 由此表明货币收益与收益率门槛设置呈负相关关系, 而非货币收益与收益率门槛设置呈正相关关系, 故网格资源提供者为实现自身效用最大化, 需要在偏好系数和收益率门槛的取值之间进行权衡. 基于上述分析可以看出, 网格资源提供者对两种收益的偏好程度也会影响最优收益率门槛的设置, 如果 δ 过高或过低, 都会导致货币收益及非货币收益出现此消彼长的现象, 甚至可能导致收益率门槛设置无效, 所以理想的偏好选择需要同时考虑网格资源拍卖收益与收益率门槛两个参数.

2) 当偏好系数为极值($\delta=0$ 或 $\delta=1$)时，最优收益率门槛情况

当网格资源提供者对货币收益的偏好为极值时，对其最优策略进行分析. ①当 $\delta=0$ 时，网格资源提供者只关心非货币收益，此时根据 $\partial E\left(U_{pr}\right)/\partial r=0$ 可得最优收益率门槛 $r^{*}=\sqrt[4]{\left(4p_1p_2\overline{w}^2\right)/\left(5\overline{\gamma}_1\overline{\gamma}_2\right)}$，基于该结果对风险偏好程度 $\overline{\gamma}_1$ 的影响进行分析. 假设网格资源提供者 1 与网格资源提供者 2 间的风险偏好满足是一元线性函数关系，即 $\overline{\gamma}_1=\overline{\gamma}_2+\ell$ ，进一步得 $\partial r^{*}/\partial\ell<0$. 据此可知随着 ℓ 的增加，r^{*} 逐渐减小，即参与竞标的网格资源提供者之间的风险偏好程度差别越大，其最优收益率门槛将会越小. ②当 $\delta=1$ 时，网格资源提供者在进行拍卖时仅关心货币收益，此时根据 $\partial E\left(U_{pr}\right)/\partial r=0$ 可得最优收益率门槛 $r^{*}=\infty$，这表明收益率门槛机制已失效.

3.2 参与竞标的网格资源使用者的投标策略分析

假设 $f(v_i)$ 为变量 ζ_i 和 ε_i 的联合密度函数，其中 $\zeta_i\sim U\left[0,\ p_i\overline{w}\right]$，$\varepsilon_i\sim U\left[0,\dfrac{r^2\overline{\gamma}_i}{2}\right]$，且 ζ_i 和 ε_i 相互独立，根据联合分布函数的求解方法，可进一步得到参与竞标的网格资源使用者 i 对单位任务的估价 v_i 的概率密度函数以及分布函数. 根据卷积公式构建 $v_i=\zeta_i-\varepsilon_i$ 的分布函数为:

$$\begin{aligned}\vartheta(v_i)&=P\left(V_i\le v_i\right)=P\left(\zeta_i-\varepsilon_i\le v_i\right)=\iint_D f\left(\zeta_i,\varepsilon_i\right)d\zeta_i d\varepsilon_i\\&=\iint_{\zeta_i-\varepsilon_i\le v_i} f\left(\zeta_i,\varepsilon_i\right)d\zeta_i d\varepsilon_i\end{aligned}\tag{9}$$

由于 ζ_i 和 ε_i 相互独立，且 $\upsilon(v_i)=\left[\vartheta(v_i)\right]'$ 可进一步得:

$$\begin{aligned}\upsilon(v_i)&=\left[\iint_{\zeta_i-\varepsilon_i\le v_i} f\left(\zeta_i,\varepsilon_i\right)d\zeta_i d\varepsilon_i\right]'\\&=\int_{-\infty}^{+\infty} f\left(\zeta_i,v_i\text{-}\zeta_i\right)d\zeta=\int_{-\infty}^{+\infty} f_{\zeta_i}\left(\zeta_i\right)f_{\varepsilon_i}\left(v_i\text{-}\zeta_i\right)d\zeta_i\end{aligned}\tag{10}$$

其中，$f_{\zeta_i}(\zeta_i)=\dfrac{1}{p_i\overline{w}}$，$\zeta_i\in\left[0,\ p_i\overline{w}\right]$，$f_{\varepsilon_i}(v_i\text{-}\zeta_i)=\dfrac{2}{r^2\overline{\gamma}_i}$，$v_i\text{-}\zeta_i\in\left[0,\dfrac{r^2\overline{\gamma}_i}{2}\right]$. 假定参与竞标的网格资源使用者只能通过参与竞拍方式获得任务资源，即 $v_i>0$. 因此，根据 $f_{\zeta_i}(\zeta_i)$ 和 $f_{\varepsilon_i}(v_i\text{-}\zeta_i)$ 的概率密度函数以及参数的取值范围，进一步计算可得参与竞标的网格资源使用者 i 的估价 v_i 的概率密度函数为:

$$\upsilon(v_i)=\begin{cases}\dfrac{1}{p_i\overline{w}} & 0<v_i<p_i\overline{w}-r^2\overline{\gamma}_i/2\\[2ex] \dfrac{2}{r^2\overline{\gamma}_i}-\dfrac{2v_i}{p_i\overline{w}r^2\overline{\gamma}_i} & p_i\overline{w}-r^2\overline{\gamma}_i/2\le v_i<p_i\overline{w}\end{cases}\tag{11}$$

根据概率密度函数 $\upsilon(v_i)$ 与分布函数之间的关系，$\vartheta(v_i)=\int_0^{v_i}\upsilon\left(t\right)dt$，可以进一步得到估价 v_i 的分布函数 $\vartheta(v_i)$:

① 当 $0<v_i<p_i\overline{w}-r^2\overline{\gamma}_i/2$ 时，

$$\vartheta(v_i)=\int_0^{v_i}\upsilon\left(t\right)dt=\int_0^{v_i}\frac{1}{p_i\overline{w}}dt=\frac{1}{p_i\overline{w}}$$

② 当 $p_i\overline{w}-r^2\overline{\gamma}_i/2<v_i<p_i\overline{w}$ 时，

$$\begin{aligned}\vartheta(v_i)&=\int_0^{v_i}\upsilon\left(t\right)dt=\int_0^{p_i\overline{w}-r^2\overline{\gamma}_i/2}\frac{1}{p_i\overline{w}}dt\\&+\int_{p_i\overline{w}-r^2\overline{\gamma}_i/2}^{v_i}\left(\frac{2}{r^2\overline{\gamma}_i}-\frac{2v_i}{p_i\overline{w}r^2\overline{\gamma}_i}\right)dt=\frac{v_i}{p_i\overline{w}}+\frac{2v_i}{r^2\overline{\gamma}_i}-\frac{v_i^2}{p_i\overline{w}r^2\overline{\gamma}_i}\end{aligned}$$

③ 当 $p_i\overline{w}<v_i$ 时，$\vartheta(v_i)=1$

根据分布函数 $\vartheta(v_i)$ 的取值状况进一步进行分析: 1) 由于 $\partial\vartheta(v_i)/\partial r<0$，这表明网格资源使用者 i 的单位任务估价为 v_i 的累积概率与收益率门槛 r 呈负相关关系，即当所设置的收益率门槛越高时，参与竞标的网格资源使用者对其单位任务估价的状况总体来看将会有所降低; 2) 由于 $\partial\vartheta(v_i)/\partial\overline{\gamma}_i<0$，由此表明网格资源使用者 i 的单位任务估价为 v_i 的累积概率与风险厌恶系数 γ_i 呈负相关关系，网格资源提供者对于风险的厌恶程度越高，参与竞标的网格资源使用者对其单位任务的估值总体将会有所下降; 3) 同理，可以得出 $\partial\vartheta(v_i)/\partial\overline{w}>0$，这表明网格资源使用者 i 的单位任务估价为 v_i 的累积概率与其预计可获最大利润呈正相关关系，即网格资源使用者 i 预计可获最大利润增加时，单位任务的估价将会提高，该结论与 Mohammad(2015) 的研究结论相似[2]. 此外，根据式(2)可知，由于参与竞标的网格资源使用者的投标价与其估价正相关，所以在收益率门槛给定的条件下，当预计可获利润 w_i 较低或努力成本 ε_i 较高时，网格资源使用者将会更倾向于选择价格较低的投标策略.

3.3 网格资源使用者和网格资源提供者的博弈均衡分析

根据 3.2 节的分析可得:

$$\partial\vartheta/\partial r=\frac{2v_ip_i\overline{w}r\overline{\gamma}\left(v_i-2p_i\overline{w}\right)}{\left(p_i\overline{w}r^2\overline{\gamma}_i\right)^2}<0$$

且 $v_i \subset \left[p_i\bar{w} - r^2\bar{\gamma}_i/2, p_i\bar{w}\right)$，网格资源使用者的任务估价的累积概率与收益率门槛呈负相关关系. 有鉴于此, 对以下两种情况进行分析.

1) 网格资源提供者的偏好系数 $0<\delta<1$ 时, 使用者的最优策略选择

当 $0<\delta<1$ 时, 表示网格资源提供者同时关注货币收益及非货币收益两种目标, 根据 3.1 节的分析可知:

$$r^* = \sqrt[4]{\frac{4p_1p_2\bar{w}^2}{5\cdot\bar{\gamma}_1\bar{\gamma}_2} + \left\{\left(\frac{1}{5(1-\delta)}-1\right)\times\frac{\left[\bar{k}'(r)-\lambda(\bar{k}(r))\times\bar{k}'(r)\right]}{\bar{\gamma}_1\bar{\gamma}_2}\right\}}$$

当网格资源提供者偏好确定时, 提供者设置的收益率门槛不同, 参与竞标的网格资源使用者将给出不同的报价 k^*, 即网格资源使用者的报价 k^* 会随着提供者收益率门槛的设定值不断调整, 最终二者实现均衡.

2) 网格资源提供者的偏好系数为极值($\delta=0$ 或 $\delta=1$)时, 使用者最优策略选择

当 $\delta=1$ 时, 表示网格资源提供者只重视货币收益, 由 3.1 节的分析可知, 收益率门槛约束对参与竞标的网格资源使用者的策略选择已无法产生影响, 此时使用者无需根据提供者的行为来选择自身的最优策略, 使用者对任务的估价只取决于预期利润, 此时使用者将给出较高的报价 k^* 来达到自身效用最大化. 当 $\delta=0$ 时, 表示网格资源提供者只关心非货币收益, 此时 $r^*=\sqrt[4]{\left(4p_1p_2\bar{w}^2\right)/\left(5\bar{\gamma}_1\bar{\gamma}_2\right)}$，参与竞标的网格资源使用者为了实现自身效用最大化将会给出较低的报价 k^*.

根据以上的分析可知, 对网格资源提供者来说通过调整对两种目标的偏好系数或收益率门槛来获得较高收益是一个两难的选择. 在网格资源拍卖中, 网格资源提供者可能更关注如何督促网格资源使用者完成任务指标, 但该督促过程存在一定的成本, 主要体现在网格资源提供者一旦提高了收益率门槛, 参与竞标的网格资源使用者为达到其设定的收益率门槛则需要付出额外的成本, 这在一定程度上降低了其对网格资源的估价. 同时还会不对称的增加那些为完成任务而不惜耗费成本的竞标者的相对优势, 最终导致拍卖收益的减少. 但是, 如果网格资源提供者在拍卖过程中不加入收益率门槛约束, 而是独立地实施监督, 拍卖收益减少的负担就会转移给网格资源提供者, 而网格资源提供者只能再利用拍卖获得的最大化货币收益来弥补这种成本投入.

3.4 基于收益率门槛限制考虑的网格资源拍卖机制仿真研究

为了验证收益率门槛限制、风险厌恶系数对网格资源使用者及提供者效用函数及博弈结果的影响, 本节采用仿真研究方法对基于收益率门槛下的网格资源拍卖机制进行研究, 在此考虑了收益率门槛及风险厌恶系数大小变化的状况. 令收益率门槛 r=0.5, 1, 1.5, 由于风险厌恶系数 γ_i 在区间 [0,1] 上服从均匀分布, 因此随机取 10 个风险厌恶系数的值, 对网格资源使用者及提供者的动态博弈情况进行分析. 将其它变量设为定值, $p_i=0.80$、$w_i=0.05$、$\eta_i=0.95$、$k_i=0.01$、$\delta=0.80$、$N=100$、$P=0.01$，所得结果如表 1 所示. 结合图 1、2 的结果可以看出, 当收益率门槛给定时, 随着风险厌恶系数取值的增加, 网格资源使用者的效用逐渐降低, 而网格资源使用者的效用逐渐增加; 当风险厌恶系数给定时, 随着收益率门槛的增加, 网格资源使用者的效用逐渐降低, 而网格资源提供者的效用逐渐增加. 该结果证明了网格资源提供者的效用关于收益率门槛是递增的, 网格资源使用者效用关于收益率门槛是递减的.

对网格资源提供者及使用者间的动态博弈进一步进行分析, 将偏好系数视为变量, 其它参数设为定值, $p_1=0.80$、$p_2=0.95$、$\bar{\gamma}_1=0.50$、$\bar{\gamma}_2=0.80$、$\bar{w}=0.10$、N=100、$\left[\bar{k}'(r)-Y(\bar{k}(r))\times\bar{k}'(r)\right]=a$. 根据表 2 的仿真结果可看出, 网格资源提供者的最优收益率门槛受到货币收益的偏好程度及网格资源使用者的最高报价的影响, 同时随着货币偏好程度或最高报价的增加, 最优收益率门槛增大.

表 1　不同风险厌恶下网格资源使用者及提供者的效用

风险厌恶系数 γ_i		0.040	0.080	0.120	0.1400	0.200	0.240	0.280	0.320	0.360	0.420
收益率门槛	使用者效用 u_i	2.803	2.755	2.708	2.684	2.613	2.565	2.518	2.470	2.423	2.351
r=0.5	使用者效用 U_{pr}	1.600	2.400	3.200	3.600	4.800	5.600	6.400	7.200	8.000	9.200
风险厌恶系数 γ_i		0.460	0.480	0.520	0.560	0.620	0.650	0.685	0.705	0.730	0.755
收益率门槛	使用者效用 u_i	2.304	2.280	2.233	2.185	2.114	2.078	2.037	2.013	1.983	1.953

r=1	使用者效用 U_{pr}	10.000	10.400	11.200	12.000	13.200	13.800	14.500	14.900	15.400	15.900
风险厌恶系数 γ_i		0.780	0.820	0.845	0.870	0.900	0.925	0.945	0.970	0.985	0.990
收益率门槛	使用者效用 u_i	1.924	1.876	1.847	1.817	1.781	1.752	1.728	1.698	1.680	1.674
r=1.5	使用者效用 U_{pr}	16.400	17.200	17.700	18.200	18.800	19.300	19.700	20.200	20.500	20.600

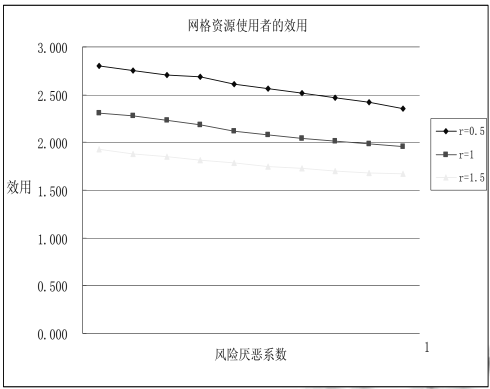

图 1　不同收益率门槛下网格资源使用者的效用图

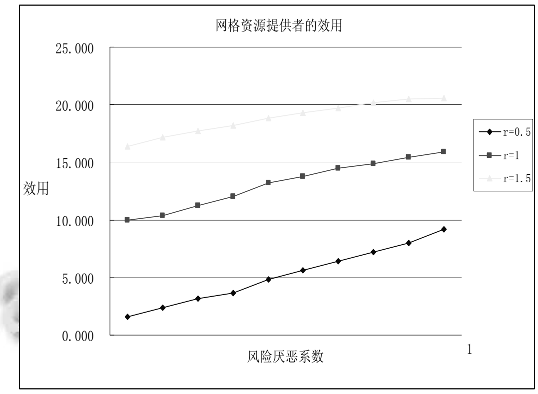

图 2　不同收益率门槛下网格资源提供者的效用图

表 2　不同货币收益偏好下的最优收益率门槛

δ	0.000	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400	0.450
r^*	0.015	0.016+0.08a	0.017+0.17a	0.018+0.27a	0.019+0.38a	0.020+0.51a	0.022+0.65a	0.023+0.82a	0.025+1.01a	0.028+1.24a
δ	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750	0.800	0.850	0.900	0.910
r^*	0.030+1.5a	0.034 +1.86a	0.038 +2.28a	0.043 +2.82a	0.051 +3.55a	0.061 +4.56a	0.076+6.08a	0.101 +8.61a	0.152 +13.68a	0.169 +15.37a
δ	0.920	0.930	0.940	0.950	0.960	0.970	0.980	0.990	0.995	1.000
r^*	0.190 +17.5a	0.217+20.2a	0.253 +23.8a	0.304 +28.9a	0.380 +36.5a	0.507+ 49.1a	0.760 +74.5a	1.520 +150.5a	3.040 +302.5a	∞

4　结论

基于收益率门槛限制的视角，通过建立效用函数模型并结合动态博弈理论，本文对网格资源的拍卖问题进行了探讨，研究结论如下.

网格资源使用者的单位任务估价为 v_i 的概率与收益率门槛、风险厌恶系数呈负相关关系，当收益率门槛、风险厌恶系数增加时，参与竞标的网格资源使用者会降低对其单位任务的估值；网格资源使用者的单位任务估价为的概率与其预计可获得利润呈正相关关系，即当网格资源使用者预计可获得利润增加时，其单位任务的估价将会提高；在网格资源提供者的收益率门槛给定的条件下，当参与竞标的网格资源使用者具有较低的生产利润或付出较高的努力成本时，网格资源使用者会选择价格较低的投标策略.

在对网格资源提供者与竞标网格资源使用者的动态博弈过程进行分析时发现，当网格资源提供者只关心非货币收益时，此时的收益率门槛机制将会失效，而网格资源使用者为获得较高收益将给出更低报价；网格资源提供者仅关心货币收益时，参与竞标的网格资源使用者对单位任务的估价将完全依赖于其对任务的预期利润；网格资源提供者既要关注拍卖过程中的货币收益，又要满足任务实施过程中的收益率门槛限制要求时，网格资源提供者的最优策略选择决定于对货币收益与非货币收益的偏好程度，以及网格资源使用者的最高报价.

综上所述，收益率门槛约束机制的引入，对提高整个网格资源中任务拍卖的成功具有一定的推动作用，也可在一定程度上促进网格资源提供者与网格资源使用者实现自身效用的最大化.

参考文献

1 Feng SC, Zhu YC, Di YQ. Unified service platform for

accessing grid resources. Journal of Software, 2011, 6(5): 930–996.

2 Hasanzadeh M, Meybodi MR. Distributed optimization grid resource discovery. The Journal of Supercomputing, 2015, 71(1):87–120.

3 李志洁.网格资源分配博弈的随机动态分析.计算机应用研究,2009,26(3):852–854,883.

4 崔亚楠,黄文明,朱英,陈庆全.基于 Agent 技术的网格资源管理层次模型研究.计算机系统应用,2009,18(1):114–118.

5 徐春婕,王锁柱,孙明慧,杜华.基于多 Agent 的政府知识管理系统模型研究.计算机工程与设计,2009,30(14):3331–3334.

6 于帆,秦龙.多 Agent 在政府采购系统中的应用研究.计算机与数字工程,2011,39(4):80–82.

7 肖迎春,王汉武,李梦雄.基于混合组合双向拍卖的网格资源分配方案.计算机科学,2014,41(5):150–154,172.

8 张相斌,李砚砚.基于无标度网络的制造网格资源配置仿真研究.系统仿真学报,2015,27(2):246–254.