

多任务努力成本相关关系对公立医院医生激励契约的影响研究*

王俏荔^{1,2,3△} 周桐如¹

【摘要】目的 针对公立医院医生任务目标的多元性,探讨医生努力成本相关关系对政府激励契约的影响。**方法** 采用多任务委托代理理论的模型化方法和数值仿真方法。**结果** 医生多任务成本之间的相关性会对激励系数产生一定影响,当医生多任务努力成本相互独立时,政府对各项任务的最优激励报酬也是相互独立的。当医生多任务努力成本相互关联时,对于不可监督任务的激励只与该任务自身的边际成本变化率相关。若某一任务是可监督的但可监督任务与不可监督任务的成本为互补关系时,对可监督性任务的激励应该加强;若某一任务是可监督但可监督任务与不可监督任务的成本为替代关系时,对可监督性任务的激励应弱化。**结论** 对于多任务成本相互独立情况下某种任务目标的实现,应制定专门针对此任务下的医生激励措施。而对于多任务成本相关情况下某种任务目标的实现,政府的激励机制要充分考虑医生任务成本函数之间的相互关系、任务结果的可监督性。

【关键词】 医生多任务 努力成本相关性 激励契约 多任务模型

【中图分类号】 R1-9;F019.6

【文献标识码】 A

DOI 10.11783/j.issn.1002-3674.2024.05.016

2021年2月19日,中央出台《关于推动公立医院高质量发展的意见》,明确指出我国公立医院发展方向是从高速转向高质量。公立医院的高质量发展不仅意味着医疗服务和健康产出的高质量,还意味着资源配置、供需匹配和激励机制的高质量^[1]。

公立医院医生要实现的任务是多元化的,详见表1。其中,经济性任务是一般企业都具有的追求收入最大化的任务属性。公益性任务是政府和社会要求公立医院医生必须履行的社会职能^[2]。政策性任务则是由政府下达的且可能会对公立医院医生的经济利润产生消极影响的任务,它往往不在公立医院业务范围之内,如降低医疗费用、破除公立医院逐利机制^[3]等政策目标。当政府增加某项任务的激励,可能会降低医生在其他任务中的努力分配,这会导致公立医院要实现的三项任务之间可能是冲突的。而医生在不同任务上努力分配的比重不同,当这种多任务之间有相关关系时,会对政府设计的激励契约产生影响^[4]。

表1 公立医院医生任务类型

任务类型	任务内容
经济性任务	公立医院收入或利润最大化
公益性任务	医学教育与研究、流行病监测、传染病防治、医疗扶贫、社区发展等社会职能
政策性任务	政府或上级机构的公共政策目标

基于此,本文借助公立医院多任务特征,通过构建多任务委托代理模型,将经济性任务、政策性任务和公益性任务纳入构建模型中,讨论多任务间努力成本相关关系对激励系数的影响。

多任务委托代理模型

1. 问题描述

在多任务委托代理模型中,作为委托者的政府希望代理者医生完成经济性、公益性和政策性三项任务。医生的经济性任务有利于增加医院效益,提高医生收入,但会推高医疗费用。医生的公益性任务有利于提供具有正外部性的公共物品和低廉或免费的医疗服务,如传染病的防治、对患者的健康教育、对贫困人群提供低廉或免费医疗服务^[2]等。而医生的政策性任务则有利于减少过度医疗任务和降低医疗费用。因此,政府需对医院或医生采取激励以在上述三类任务上形成最优格局。为此本文提出如下模型假设。

2. 模型假设

假设1:公立医院医生需要在经济性任务、公益性任务、政策性任务上同时付出努力。设医生的努力水平向量为 $a=(a_1, a_2, a_3)^T$, $a_i \in (0, 1)$, $i=1, 2, 3$ 。其中 a_1 是指医生在经济性任务上付出的努力, a_2 是指其在公益性任务上付出的努力, a_3 是指其在政策性任务上付出的努力。

假设2:医生在不同任务上努力的成本记为 $C(a_1, a_2, a_3)$,且 C 是严格递增的凸函数,满足 $C'(a_i) > 0$, $C''(a_i) < 0$,由于医生需完成三种任务,这些任务之间可能是相互独立的($c_{ij}=0, i \neq j, i, j=1, 2, 3$),也可能是相互依存的($c_{ij} \neq 0, i \neq j, i, j=1, 2, 3$)。

假设3:假定委托者政府为风险中性者,其收益函数 $B(a_i)$ 为严格递增的凹函数,满足 $B'(a_i) > 0$, $B''(a_i) < 0$ 。假定代理者医生为风险规避者,其效用函数为 $U = -\exp(-\rho w)$,其中 $\rho > 0$,是绝对风险规避系数,其越大表示代理者的风险规避度越高。 W 是医生的实际货币收入,假设风险成本为 $\frac{1}{2} \rho \beta^T \Sigma \beta$ ^[5]。

* 基金项目:2019年国家自然科学基金项目(71964028);宁夏医科大学2022年校级重点科研项目

1. 宁夏医科大学公共卫生与管理学院(750004)

2. 宁夏环境因素与慢性病控制重点实验室

3. 宁夏卫生管理与政策研究所

△通信作者:王俏荔, E-mail: wyd809@163.com

假设 4:假设代理人努力完成任务产生的信息向量为 X ,为简化分析,设 $X = a + \theta$,即医生完成任务的信息向量受努力水平 a 和外部环境 θ 影响。其中 $\theta_i (i = 1, 2, 3)$ 是三项工作任务中外生不受控制的不确定性影响因素, θ_i 相互独立,且 θ_i 服从均值为 0、方差为 σ_i^2 、协方差矩阵为 Σ 的随机正态分布。方差 σ_i^2 和协方差矩阵为 Σ 这种外生不确定性也表示政府对医生完成任务情况的可监督性或可观测性。

假设 5:政府和医生的目标都是最大化各自的利益。政府根据可监督到的信息向量来设计激励契约^[4],以激励医生实现自己的目标。假定政府将采用线性激励契约给医生支付报酬,即有 $W(x) = \bar{w} + \beta^T X$,其中 \bar{w} 是医生的基础工资,是个定值。 $\beta^T X$ 是医生的激励报酬, β^T 是不同任务下医生分享的报酬份额,在这里被称为激励系数,而 $1 - \beta$ 则是政府所分享的报酬份额。

3. 模型构建

(1) 政府和医生的确定性等价收益

基于模型假设,政府和医生的确定性行等价收益 CE_g 和 CE_d ^[4] 分别如下:

$$CE_g = B(a_1, a_2, a_3) - \bar{w} - \beta^T x \quad (1)$$

其中 E_g 为政府的期望收益,从而政府的期望收益最大化可描述为:

$$\max_{\bar{w}, \beta} \{ B(a_i) - \bar{w} - \beta^T x \} \quad (2)$$

(2) 医生的确定性等价收益 CE_d 如下:

$$CE_d = \bar{w} + \beta^T x - C(a_1, a_2, a_3) - \frac{1}{2} \rho \beta^T \Sigma \beta \quad (3)$$

其中 $w = \bar{w} + \beta^T x - C(a_1, a_2, a_3)$ 为医生的实际货币收入。

(3) 激励模型

政府设计的最优激励契约要同时满足激励相容约束和参与约束。其中参与约束 IR 是要满足医生不同任务下的收益大于其保留效用 U_0 ,而激励相容约束 IC 是指医生投入的多大最优努力水平来实现自己的最大收益。则上述多任务委托代理模型中的激励问题可描述如下:

$$\max_{\bar{w}, \beta} \{ B(a_i) - \bar{w} - \beta^T x \} \quad (4)$$

$$S.t. (IR) \bar{w} + \beta^T x - C(a_1, a_2, a_3) - \frac{1}{2} \rho \beta^T \Sigma \beta \geq U_0 \quad (5)$$

$$(IC) (a_1, a_2, a_3) \in \operatorname{argmax}_{a_i} \left\{ \bar{w} + \beta^T x - C(a_1, a_2, a_3) - \frac{1}{2} \rho \beta^T \Sigma \beta \right\} \quad (6)$$

4. 模型求解与分析

(1) 一般模型求解与分析

首先,针对上述激励问题,若所有的 $a_i (i = 1, 2, 3)$ 严格为正,即 $a \gg 0$,则据(6)式,可得

$$\beta_i = \frac{\partial C(a)}{\partial a_i} = C_i(a), i = 1, 2, 3 \quad (7)$$

从而可得政府实现收益最大化时的最优激励系数为:

$$\beta^* = \frac{B'}{I + \rho [C_{ij}] \Sigma} \quad (8)$$

其中 I 为三阶恒等矩阵, $B' = (B_1, B_2, B_3)^T$, 而 $B_i = \frac{\partial B}{\partial a_i}$, $i = 1, 2, 3$,表示医生在第 i 种任务上努力时政府的边际收益。 $[C_{ij}]$ 表示医生努力成本之间的相关性,是医生单位努力成本变动所带来的激励报酬变动,因此又被称之为边际成本变化率。 Σ 表示政府对医生行为的可监督性。

由此得命题 1:不同任务所带来的边际收益 B' 、医生的风险态度 ρ 、不同任务之间的关系 $[C_{ij}]$ 以及政府对医生行为的可监督性 Σ 影响公立医院医生在不同任务的最优激励系数。

其中 C_{ij} 可能不为零,也可能为零。换句话说,不同任务努力成本函数之间既可能相互关联,也可能相互独立,因此下面分情况进行讨论。

(2) 任务不相关时的结论与分析

当三种任务独立时,我们称其不相关,此时有 $C_{ij} = 0, i \neq j, (i, j = 1, 2, 3), \sigma_{ij}^2 = 0, i \neq j, (i, j = 1, 2, 3)$ 。则由(7)式可得

$$\beta_i^* = \frac{B_i}{\rho C_{ij} \sigma_i^2 + 1}, i = 1, 2, 3 \quad (9)$$

由此得命题 2:当医生完成任务的成本不相关时,政府给予医生不同任务上的最优激励报酬也不相关。此时最优激励报酬 β_i^* 与边际成本变化率 C_{ii} 、绝对风险规避度 ρ 及政府对医生完成任务情况的可监督性 Σ 负相关,但却与边际收益率 B_i 正相关。

命题 2 表明,在医生完成任务的成本不相关时,最优激励报酬 β_i^* 与边际收益率 B_i 正相关意味着当医生完成某项任务带给政府的收益较高时,政府则应给予较强的激励。最优激励报酬 β_i^* 与边际成本变化率 C_{ii} 负相关表明当完成某项任务的成本高时,应降低对这一任务的激励,反之,则应提高对这一任务的激励。最优激励报酬 β_i^* 与绝对风险规避度 ρ 负相关意味着政府应根据医生对风险的态度来设计相应的激励契约。通常具有更高的风险偏好的是那些刚从事医疗服务工作、经验不足的医生,因此应当降低其业绩激励,而对经验丰富、处事保守的医生由于其风险偏好低,所以应加强其业绩激励,以促使其为患者提供创新服务。最优激励报酬 β_i^* 与医生完成任务情况的可监督性 Σ 负相关揭示的是:当政府对医生在某项任务上付出努力的情况监督难度比较大时,政府给予医生的激励报酬应低,而当政府对医生在某项任务上付出努力的情况完全不可监督时,则不应在此任务上给予医生任何激励报酬。

此外,命题 2 还表明,当医生完成任务的成本不相

关时,政府应依据每一种任务的边际成本变化率和边际收益率单独制定相应地激励契约。这意味着若为达到某种政策和社会福利目标,政府应专门针对此任务对医生制定激励措施。

由(9)式还知,当努力成本函数完全可监督时,即 $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2 \rightarrow 0$ 时, $\beta_i^* = \frac{\partial B}{\partial a_i}$, 当努力成本函数完全不可监督时,即 $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2 \rightarrow \infty$ 时, $\beta_i^* = 0$, 这表明当医生完成任务的成本不相关时,任务可监督性是医生激励的重要因素。

(3) 任务相关时的结论与分析

当以上三种任务相关时,有 $C_{ij} \neq 0, i \neq j, (i, j = 1, 2, 3)$, 进一步地,为简化分析,假设医生在完成三项任务中,经济性任务和政策性任务的努力选择是可以监督到的,而公益性任务的努力选择是不可监督的。即有 $\sigma_1^2 = \sigma_3^2 = 0, 0 < \sigma_2^2 < \infty, i \neq j, (i, j = 1, 2, 3)$ 。则由(7)式可得

$$\begin{bmatrix} \beta_1^* \\ \beta_2^* \\ \beta_3^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_1 \frac{B_2 \rho C_{12} \sigma_2^2}{1 + \rho C_{22} \sigma_2^2} \\ B_2 \\ B_3 \frac{B_2 \rho C_{32} \sigma_2^2}{1 + \rho C_{22} \sigma_2^2} \end{bmatrix} \quad (10)$$

由此得命题 3: 当医生从事多项任务且任务间的成本相互关联时,政府对医生的激励取决于是否能够有效监督该任务。若医生某项任务的努力行为不可监督时,政府对该项任务目标的激励仅仅取决于该任务自身的成本变化率,与其他任务的成本之间的相互关联无关。若医生某项任务的努力行为可监督时,政府对可监督行为的激励取决于医生可监督行为与不可监督行为成本函数之间的相互关系。若可监督行为与不可监督行为

的努力成本函数是替代关系,则应该弱化可监督行为的激励,若可监督行为与不可监督行为的努力成本函数是互补关系,则应该加强可监督行为的激励。

命题 3 表明如果医生从事多项任务并且在多个任务的努力成本函数有关联时,政府对于医生的激励强度不仅受单一任务行为的可监督性影响,还受其他任务的不可监督性影响。若某一任务是不可监督的,政府对该项任务目标的激励仅仅取决于该任务自身的成本变化率,与其他任务的成本之间的相互关联无关。若某一任务是可监督的,政府对可监督行为的激励取决于医生可监督行为与不可监督行为成本函数之间的相互关系。如果二者之间的关系是互补关系,此时对可监督性任务的激励应该加强,因为该激励同时会使另外一项不可监督性任务加强。若二者之间的关系是替代关系,此时对可监督性较高的任务激励增加会带来替代性任务绩效的减少,因而对可监督任务的激励应弱化。

数值仿真

为能更直观反映在其他条件不变时,某一数值变化对两项任务努力水平的影响,并检验上述命题的合理性,作以下仿真分析。

1. 多任务不相关下的数值仿真

当医生的各项任务成本之间不相关时,根据模型假设和模型设定: $\rho > 0, 0 < B_i \leq 1, \beta_i \in (0, 1)$ 。首先只改变参数 B_i 的数值,保持其他参数值不变,考察 B_i 变化对激励系数 β_i 的影响。各参数赋值如表 2 所示, $B_i \in (0.1, 0.9)$ 。

由表 2 所给数值,可得仿真结果如图 1 所示。

其次,只改变参数 σ_i^2 的数值,保持其他参数值不变,考察 σ_i^2 变化对激励系数 β_i 的影响。各参数赋值如表 3 所示, $\sigma_i^2 \in (0.01, 0.16)$ 。

由表 3 所给数值,可得仿真结果如图 2 所示。

表 2 任务成本不相关时各参数取值情况 1

B_1	B_2	B_3	C_{11}	C_{22}	C_{33}	ρ	σ_1^2	σ_2^2	σ_3^2
[0.1-0.9]	[0.1-0.9]	[0.1-0.9]	2	2	2	2.3	0.01	0.01	0.01

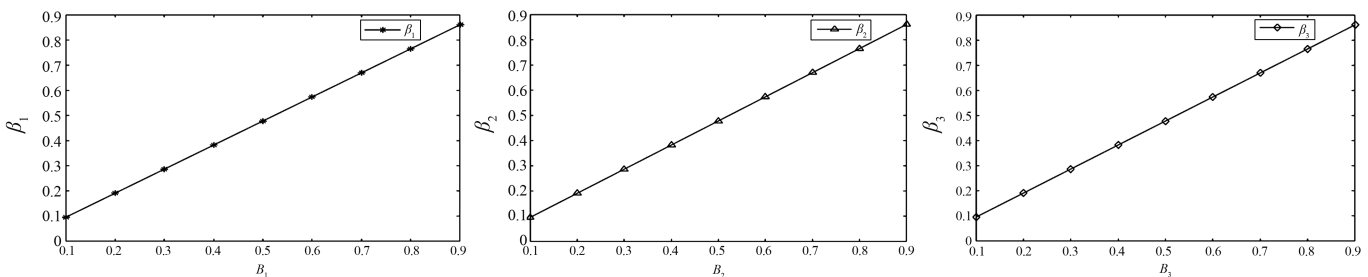


图 1 任务不相关下边际收益对激励系数的影响

表 3 任务成本不相关时各参数取值情况 2

B_1	B_2	B_3	C_{11}	C_{22}	C_{33}	ρ	σ_1^2	σ_2^2	σ_3^2
0.1	0.1	0.1	2	2	2	2.3	0.01	0.01	0.01

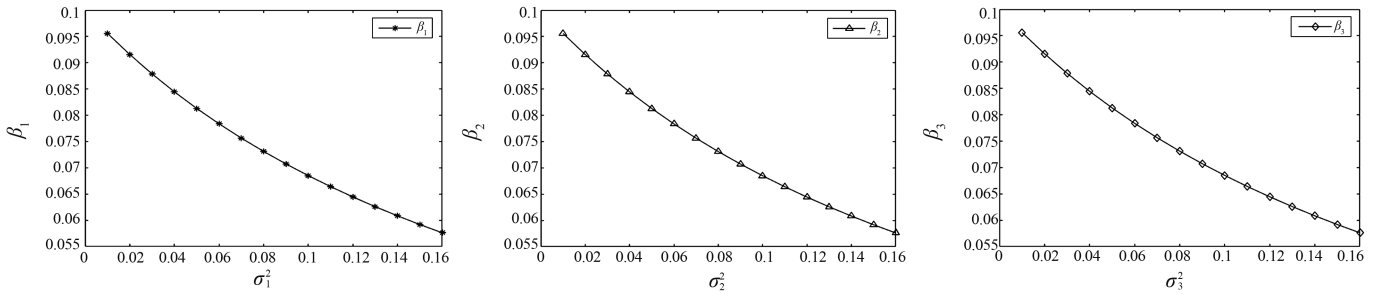


图2 任务不相关下可监督性对激励系数的影响

由图1和图2可知,当医生完成任务的成本不相关时,政府给予医生不同任务上的最优激励报酬 β_i^* 与各自的边际收益率 B_i 正相关,而与各自任务的可监督性 σ_i^2 负相关。

2.多任务互补下的数值仿真

当任务互补时, $C_{12} < 0, C_{32} < 0$, 根据模型假设和模型设定: $\rho > 0, 0 < B_i \leq 1, \beta_i \in (0, 1), \sigma_1^2 = \sigma_3^2 = 0, \sigma_2^2 > 0$ 。首先只改变参数 B_i 的数值,保持其他参数值不变,考察 B_i 变化对激励系数 β_i 的影响。各参数赋值如表4所示, $B_i \in (0.1, 0.9)$ 。

表4 任务互补时各参数取值情况1

B_1	B_2	B_3	C_{22}	C_{12}	C_{32}	ρ	σ_2^2
[0.1-0.9]	0.1	0.1	2	-0.1	-1.8	2.3	0.01
0.1	[0.1-0.9]	0.1	2	-0.1	-1.8	2.3	0.01
0.1	0.1	[0.1-0.9]	2	-0.1	-1.8	2.3	0.01

由表4所给数值,可得仿真结果如图3所示。

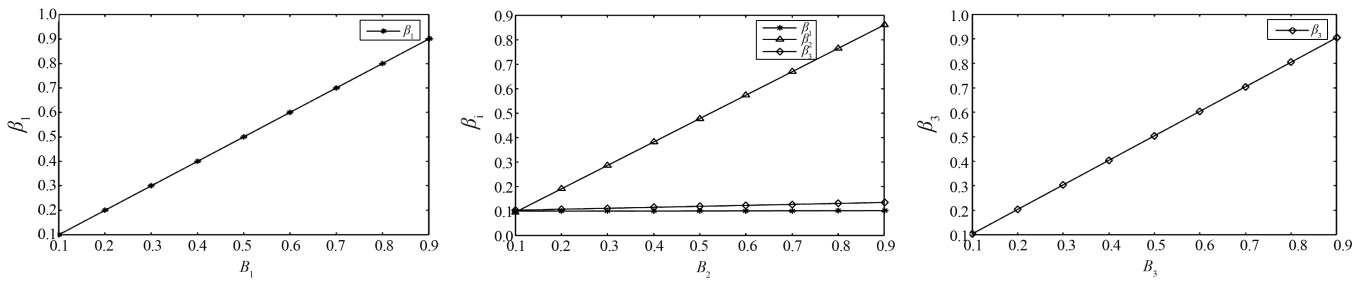


图3 任务互补下边际收益对激励系数的影响

其次,只改变参数 σ_2^2 的数值,保持其他参数值不变,考察 σ_2^2 变化对激励系数 β_1 的影响。各参数赋值如表5所示, $\sigma_2^2 \in (0.01, 0.16)$ 。

表5 任务互补时各参数取值情况2

B_1	B_2	B_3	C_{22}	C_{12}	C_{32}	ρ	σ_2^2
0.1	0.1	0.1	2	-0.1	-1.8	2.3	0.01

由表5所给数值,可得仿真结果如图4。

由图3可知,当任务间互补时,各任务的激励系数

与各自的边际收益均呈正向关系,不仅如此,可监督任务的激励系数还与不可监督任务的边际收益正向相关,因此应该加强可监督任务的激励来提高各项任务的边际收益。此外,由图4可知,可监督任务的激励系数与不可监督任务的方差 σ_2^2 正相关。因此当任务2可监督性较低时,可以增加互补性任务1或3的激励。这就意味着,若任务间是互补关系时,应该加强可监督较高任务的激励。

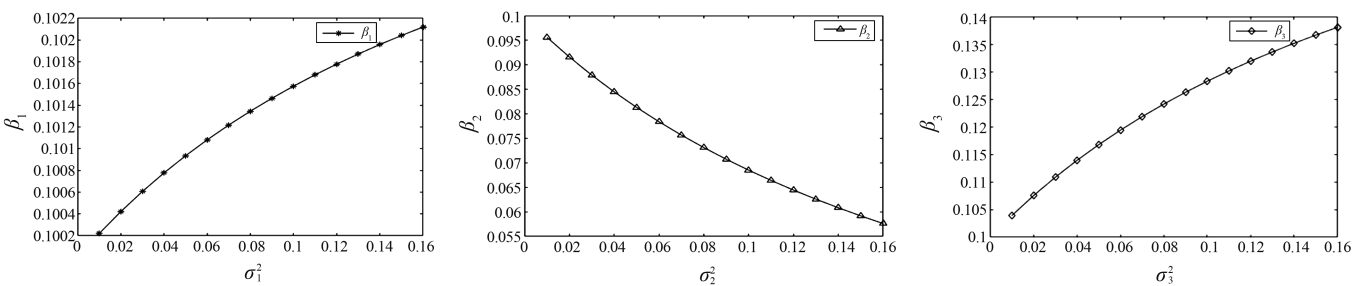


图4 任务互补下可监督性对激励系数的影响

3.多任务替代下的数值仿真

当任务互替时, $C_{12} > 0, C_{32} > 0$, 同样先只改变参数 B_i 的数值,保持其他参数值不变,考察 B_i 变化对激励

系数 β_i 的影响。各参数赋值如表6所示, $B_i \in (0.1, 0.9)$ 。

表 6 任务互替时各参数取值情况 1

B_1	B_2	B_3	C_{22}	C_{12}	C_{32}	ρ	σ_2^2
[0.1-0.9]	0.1	0.1	2	0.1	1.8	2.3	0.01
0.1	[0.1-0.9]	0.1	2	0.1	1.8	2.3	0.01
0.1	0.1	[0.1-0.9]	2	0.1	1.8	2.3	0.01

由表 6 所给数值,可得仿真结果如图 5 所示。

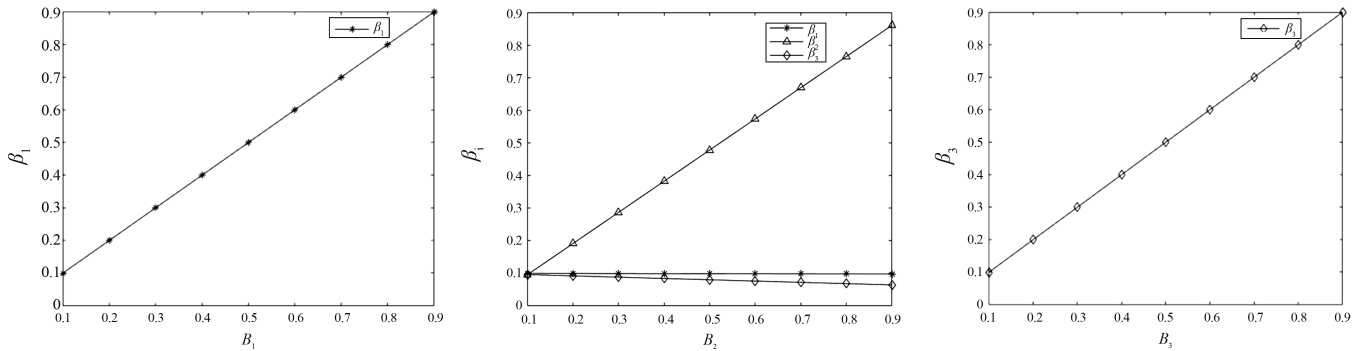


图 5 任务替代下边际收益对激励系数的影响

其次,只改变参数 σ_2^2 的数值,保持其他参数值不变,考察 σ_2^2 变化对激励系数 β_1 的影响。各参数赋值如表 7 所示, $\sigma_2^2 \in (0.01, 0.16)$ 。

表 7 任务替代时各参数取值情况 2

B_1	B_2	B_3	C_{22}	C_{12}	C_{32}	ρ	σ_2^2
0.1	0.1	0.1	2	0.1	1.8	2.3	0.01

由表 7 所给数值,可得仿真结果如图 6 所示。

由图 5 可知,当任务间替代时,可监督任务的激励

系数与不可监督任务的边际收益呈负向关系,因此应该弱化可监督任务的激励来提高不可监督任务的边际收益。此外,由图 6 可知,可监督任务的激励系数与不可监督任务的方差 σ_2^2 负相关。因此当任务 2 可监督性较低时,可以减弱替代性任务 1 或 3 的激励。这就意味着,若任务间是替代关系时,应该弱化可监督较高任务的激励。

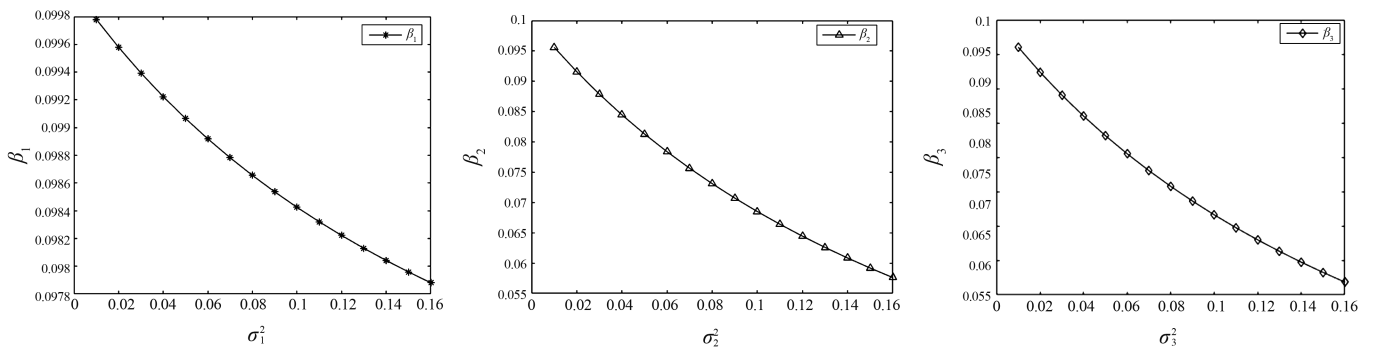


图 6 任务替代下可监督性对激励系数的影响

结 论

公立医院医生任务目标是多元化的,通过以上命题可以看出,医生多任务之间具有相关性,并且多任务间的相关性会对激励系数产生一定影响,从而影响医生不同任务努力投入的重新分配。通过上述模型分析可以得出:医生在面对多个任务时,需要考虑多个任务之间独立性、相关性、互补性和替代性,此时任务的可监督性成为了激励设计的关键,任务的可监督性决定了医生在不同任务中努力的付出,进而影响激励契约的设计。由此得出如下基本结论。

当医生完成任务的成本不相关、相互独立时,政府给予医生不同任务上的最优激励报酬也不相关并相互

独立。此时最优激励报酬 β_i^* 与边际成本变化率 C_{ii} 、绝对风险规避度 ρ 及政府对医生完成任务情况的可监督性 Σ 负相关,但却与边际收益率 B_i 正相关。此时政府应依据每一种任务的边际收益率和边际成本变化率单独制定相应激励契约。若为达到某种政策和社会福利目标,应专门针对此任务对医生制定激励措施。

当医生完成任务的成本相互关联时,政府对于医生的激励强度不仅受单一任务行为的可监督性的影响,还受其他任务可监督性的影响。若某一任务是不可监督的,政府对该项任务目标的激励仅仅取决于该任务自身的成本变化率,与其他任务的成本之间的相互关联无关。若某一任务是可监督的,政府对可监督行为的激励取决于医生可监督行为与不可监督行为成

本函数之间的相互关系。当医生可监督任务与不可监督任务的成本相关且为互补关系时,完成公益性任务对经济性任务产生互补促进作用,有利于公益性任务和经济性任务的实现,此时对可监督性较高的任务激励增强会带来相关互补性任务绩效的提高,因而应该加强对可监督性任务的激励。当医生可监督任务与不可监督任务的成本相关且为替代关系时,完成公益性任务对经济性任务产生阻碍作用,不利于经济性任务的实现。此时增加可监督性较高的任务激励会带来替代性任务绩效的减少,因而对可监督任务的激励应弱化。

公立医院医生的任务不仅仅是获得经济收益,还要完成政府制定的政策任务,同时要履行为社会公共提供优质服务的任务。而政府的财政补贴、价格规制等激励机制不能仅仅依据公立医院的收益情况,更要综合考虑医生任务成本函数之间的相互关系和任务结

果的可监督性。在多任务代理关系中,任务的可监督性,绩效评估标准和准确性都会影响激励契约的效果,因此对多任务相关性和努力成本的测量是未来进行实证研究需要进一步完善和讨论的内容。

参 考 文 献

- [1] 李玲,王宇. 如何实现公立医院高质量发展[J]. 中国党政干部论坛,2021(5):71-74.
- [2] 张雅娟,毛振宾. 药品零加成背景下公立医院的逐利机制与优化策略[J]. 河南师范大学学报(哲学社会科学版),2021,48(1):102-112.
- [3] 贾清萍,肖伟,聂志鹏. 契约式社区医疗服务中社区医生激励优化策略研究[J]. 中国卫生统计,2017,34(6):982-984.
- [4] 郭科,顾昕. 公立医院管理中的激励机制:多任务委托代理理论的视角[J]. 经济学动态,2015(10):49-58.
- [5] 让·梯若尔,让-雅克·拉丰. 政府采购与规制中的激励理论[M]. 上海:格致出版社,2014.

(责任编辑:张悦)

(上接第708页)

- [9] Mayeux R, Reitz C, Brickman AM, et al. Operationalizing diagnostic criteria for Alzheimer's disease and other age-related cognitive impairment-Part 1[J]. *Alzheimers Dement*, 2011, 7(1): 15-34.
- [10] Tang MX, Stern Y, Marder K, et al. The APOE-epsilon4 allele and the risk of Alzheimer disease among African Americans, whites, and Hispanics[J]. *JAMA*, 1998, 279(10): 751-755.
- [11] Price AL, Zaitlen NA, Reich D, et al. New approaches to population stratification in genome-wide association studies[J]. *Nature reviews genetics*, 2010, 11(7): 459-463.
- [12] Farrer LA, Cupples LA, Haines JL, et al. Effects of age, sex, and ethnicity on the association between apolipoprotein E genotype and Alzheimer disease. A meta-analysis[J]. *APOE and Alzheimer Disease Meta Analysis Consortium. JAMA*, 1997, 278(16): 1349-1356.
- [13] Lambert JC, Grenier-Boley B, Harold D, et al. Genome-wide haplotype association study identifies the FRMD4A gene as a risk locus for Alzheimer's disease[J]. *Mol Psychiatry*, 2013, 18(4): 461-470.
- [14] Yan X, Nykänen NP, Brunello CA, et al. FRMD4A-cytosolic signaling modulates the cellular release of tau[J]. *J Cell Sci*, 2016, 129(10): 2003-2015.
- [15] Lo Re O, Mazza T, Vinciguerra M. Mono-ADP-Ribosylhydrolase MACROD2 Is Dispensable for Murine Responses to Metabolic and Genotoxic Insults[J]. *Front Genet*, 2018, 9: 654.
- [16] Crawford K, Oliver PL, Agnew T, et al. Behavioural Characterisati-

on of MacroD1 and MacroD2 Knockout Mice[J]. *Cells*, 2021, 10(2):368.

- [17] Anney R, Klei L, Pinto D, et al. A genome-wide scan for common alleles affecting risk for autism[J]. *Hum Mol Genet*, 2010, 19(20): 4072-4082.
- [18] Cheng Y, Quinn JF, Weiss LA. An eQTL mapping approach reveals that rare variants in the SEMA5A regulatory network impact autism risk[J]. *Hum Mol Genet*, 2013, 22(14): 2960-2972.
- [19] Mckinney BC, Mcclain LL, Hensler CM, et al. Schizophrenia-associated differential DNA methylation in brain is distributed across the genome and annotated to MAD1L1, a locus at which DNA methylation and transcription phenotypes share genetic variation with schizophrenia risk[J]. *Translational Psychiatry*, 2022, 12(1): 340.
- [20] Anikster Y, Haack TB, Vilboux T, et al. Biallelic Mutations in DNAJC12 Cause Hyperphenylalaninemia, Dystonia, and Intellectual Disability[J]. *Am J Hum Genet*, 2017, 100(2): 257-266.
- [21] Young PW. LNX1/LNX2 proteins: functions in neuronal signalling and beyond[J]. *Neuronal Signal*, 2018, 2(2): Ns20170191.
- [22] Li N, Chen S, Xu NJ, et al. Scaffold Protein Lnx1 Stabilizes EphB Receptor Kinases for Synaptogenesis[J]. *Front Mol Neurosci*, 2022, 15: 861873.
- [23] Dhana K, Franco OH, Ritz EM, et al. Healthy lifestyle and life expectancy with and without Alzheimer's dementia: population based cohort study[J]. *BMJ*, 2022;377.

(责任编辑:张悦)