

УДК 330

МОРАЛЬНЫЙ РИСК И ОПТИМАЛЬНЫЙ КОНТРАКТ ПРИ СОЗДАНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Храпко В.Н.

Сформулирована и решена задача оптимального контракта при выполнении научно-технических и инновационных работ.

Ключевые слова: инновации, моральный риск, теория контрактов.

Анализ проблемы в общем виде. Важнейшей работой, обратившей внимание на существенность технологических изменений при исследовании экономического роста, была работа Роберта Солоу, в которой он подсчитал, что прирост капитала в основном зависит от изменения технологии. По данным ВТО (Всемирной Торговой Организации) в 2003 году, имеется следующая статистика для новых товаров, созданных впервые во всем мире по годам: 2000 год - 100 новых товаров, в 2002 году - 123, в 2003 году - 164. Изменения в технологии появляются в результате творческой работы. Работу по созданию новых товаров можно осуществить либо силами предприятия, либо заказать проведение НИР у специализированных предприятий и научных коллективов. В настоящее время популярным явлением стал заказ проведения научно-практических работ в других странах. Если предприятие может само провести соответствующие работы, но предпочитает пользоваться услугами других предприятий, то такое взаимодействие обычно называют аутсорсингом. Аутсорсинг используется в том случае, когда снижение затрат за счет выполнения работ на стороне не ведёт к ухудшению качества.

Некоторые примеры аутсорсинга. Некоторые крупные фармакологические компании выносят часть исследовательской работы по разработке лекарств в другие страны. Малайзия остаётся одной из наиболее эффективных, в этом смысле, страной. Такие высокотехнологичные компании как Интел и Делл начали работать в Малайзии. Германский производитель полупроводников открыл производство продукции около г. Кедаха.

Основная экономическая черта аутсорсинга – замена более дорогих ресурсов на менее дорогие [4]. Несмотря на потери рабочих мест в стране-инициаторе аутсорсинга, выигрыш имеют обе стороны: как та, которая теряет рабочие места (выигрыш за счет получения более дешевых продуктов), так и страна, создавшая рабочие места для обеспечения выполнения работ.

Как было уже сказано, при аутсорсинге компания находит контрагента для выполнения части работы и заключает для этого контракт с ним.

Другой пример аутсорсинга: Европейская Программа РП 7.[7]. Европейский союз осуществляет в настоящее время Рамочную Программу 7 (РП 7). Эта программа занимается научно-практическими разработками в области новейших технологий и охраны окружающей среды.

Целью РП 7 является выполнение в других странах научно-практических работ по различным, признанным ЕС перспективными, направлениями, таким как

МОРАЛЬНЫЙ РИСК И ОПТИМАЛЬНЫЙ КОНТРАКТ ПРИ СОЗДАНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

нанотехнологии, энергетика, биотехнологии и т. п.. Для этого производится подбор научных коллективов и финансирование отобранных исполнителей научных работ с дальнейшим внедрением результатов в производство. При таком подходе Комиссия является центром (заказчиком), распределяющий денежные ресурсы. При этом возникает проблема оптимального распределения ресурсов комиссией ЕС. Эта задача может быть сформулирована в рамках теории контрактов (см. [1]-[2], [5]).

Комиссия ЕС является заказчиком или, с точки зрения теории контрактов - принципалом. Комиссия заинтересована в получении соответствующих результатов. Эти результаты представляют собой технологии, готовые для рыночной реализации. Технологии производят агенты (исполнители), которые наняты комиссией ЕС и с ними заключён соответствующий контракт.

Анализ последних достижений и публикаций. В литературе рассматривались близкие ситуации. Например, в работе Крепса [3] рассмотрен рынок труда, когда наниматель не знает точно способности и производительность нанятого рабочего. Другим примером аналогичного явления служат взаимоотношения, возникающие на рынке страхования (см.[3]). В отличие от решаемой здесь задачи, в [3], рассмотрен случай, когда число возможных действий исполнителя конечно и целью принципала является минимизация своих расходов при каждом выбранном действии работника. Более общий случай рассмотрен в [1]. Для каждого оптимальных затрат заказчика, при выбранном действии исполнителя находятся возможные прибыли заказчика. Из этого набора возможных прибылей находится самая большая, и этот контракт предлагается исполнителю.

Целью данной работы является моделирование взаимодействия принципала (заказчика) и агента (исполнителя) при аутсорсинге с учетом морального риска, выраженного в неточной информации об усилиях, которые затрачивает исполнитель. Эти усилия могут быть выражены, например, в выборе специалистов, имеющих знания, опыт и способности, нужные для выполнения заказа. Учитывая сложность научно-практических разработок, связь между усилиями и качеством работы только вероятностная.

Постановка задачи. Сформулируем задачу более точно. Заказчик (принципал) располагает некоторыми денежными ресурсами (инвестициями) w .

Он инвестирует в разработку исполнителем технологии A денежные средства размером w . После завершения работ заказчик получит от заказчика технологию A . Качество технологии естественно зависит от усилий исполнителя f . В связи с тем, что окончательный финансовый результат применения технологии, которую получит заказчик, зависит от дополнительных неконтролируемых рыночных обстоятельств, то точно предсказать результат нельзя. Поэтому, своими усилиями f исполнитель изменяет только вероятность, с которой появится тот или иной рыночный результат применения технологии, и, следовательно, величины прибыли

заказчика. В теории контрактов эта величина, которая считается известной и заказчику, и исполнителю, имеет название сигнала s . Заказчик знает этот результат. В нашем случае сигнал связан с A .

Таким образом, заказчик хочет получить наилучший результат при использовании новой технологии A , с помощью изменения финансирования w . При этом он учитывает только финансовый результат s , связанный с усилием f . Функция прибыли заказчика равна $\Pi(w, s) = A(w, s) - w$. Здесь технология $A(w, s)$ фактически является производственной функцией, которая используется заказчиком. Сигнал s описывает влияние на результат применения технологии A в условиях рынка и напрямую связан с прибылью заказчика. Мы считаем, что единственным ресурсом для производственной функции A является капитал k , ($A_s(k) = A(w, s)$ при $k = w$). Для простоты мы полагаем, что заказчик обладает достаточными денежными ресурсами и может без труда выделить их и для создания и использования технологии. Это позволит избежать дополнительных ограничений при решении задачи.

Мы будем предполагать, что для каждого усилия $f \in F$ и сигнала $s \in S$ имеется совместное распределение $P(f, s)$, которое устанавливает связь между усилиями f и сигналом s . Денежное вознаграждение назначается по сигналу s .

Тогда в качестве усреднённой по сигналам прибыли заказчика рассматривается функция:

$$\bar{\Pi}_f(w) = \int_s \Pi(w(s), s) P_f(ds), \quad (1)$$

Поэтому, если выбрано конкретное усилие f , то можно найти наилучшее (максимальное) значение для усреднённой по всем сигналам прибыли заказчика.

Для описания поведения исполнителя также используем его прибыль. Обозначим ее через

$$\pi(w, f) = \int_s (w(s) - C(f, w(s))) P_f(ds) \quad (2)$$

функцию прибыли исполнителя, которая учитывает вознаграждение (инвестиции) w и его функцию затрат $C(f, w(s))$, зависящую от усилий f и инвестиций w .

В связи с тем, что заказчик наблюдает s , а s , соответствует усилию f , то вознаграждение исполнителя зависит от сигнала $s : w(s)$.

Для того, чтобы исполнитель был заинтересован в работе по этому контракту, нужно выполнить следующие условия. Во-первых, условием участия в разработке является требование, заключающееся в том, что прибыль исполнителя должна быть не меньше чем та, которую даёт ближайшая альтернатива h , т. е.:

$$\pi(w, f) \geq h$$

**МОРАЛЬНЫЙ РИСК И ОПТИМАЛЬНЫЙ КОНТРАКТ ПРИ СОЗДАНИИ
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Условие того, что выбранное действие f , выгоднее любого другого действия g , при предложенном заказчиком уровне инвестиций w^* , выглядит так (условие стимулирования выбора действия f)

$$\pi(w^*, f) \geq \pi(w^*, g)$$

Из вышесказанного следует, что задача поиска оптимального контракта в этом случае формулируется так.

Найти максимум средней прибыли принципала $\bar{\Pi}_f(w)$ при условиях:

$$\pi(w, f) \geq h$$

и

$$\pi(w, f) \geq \pi(w, g) \text{ для любого } g \in F - \{f\} \quad (3)$$

Первое условие является стимулом участия в проекте, т. е. прибыль должна быть определенного уровня. Последнее условие стимулирует исполнителя предпочесть усилия f , любому другому усилию g , так как f приносит наилучшую прибыль.

Обозначим через W_g множество всех w , удовлетворяющих неравенству (3).

Найдём их пересечение $W = \{w : w \in \bigcap_{g \in F - \{f\}} W_g\}$

Таким образом, вместо бесконечного количества ограничений вида (3) получаем ровно одно ограничение $w \in W$.

Таким образом, задача для заказчика формулируется так:

найти наилучшие инвестиции w^* , которые максимизируют среднюю прибыль заказчика:

$$\bar{\Pi}_f(w) \rightarrow \max \text{ по } w$$

при условиях:

$$\pi(w, f) \geq h \text{ и } w \in W \quad (4)$$

Алгоритм численного решения задачи. Ограничение $w \in W$, предполагает решение бесконечного количества условий (1). Если множество усилий F компактно, то можно найти конечное покрытие, такое что радиус каждого множества из этого покрытия меньше заранее выбранной величины $\varepsilon > 0$. Выбрав центр этого множества, мы получим конечный набор элементов, находящихся друг от друга на конечном расстоянии меньшем, чем 2ε . Пусть этих центров m штук. Исполнитель выберет для каждого такого уровня зарплаты уровни усилий $f_1, f_2, f_3, \dots, f_m$.

Тогда мы получаем конечномерную задачу. Распределение $P(f, s)$ примет вид $P_{i,j}$ $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$, где j - это номер сигнала, известного как заказчику, так и исполнителю.

Пример расчета оптимального контракта.

Число возможных действий $m = 2$, число сигналов $n = 3$, заданы два распределения сигналов $p1$ при усилении 1, и $p2$ - при усилении 2.

$$p1 = \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.1 \\ 0.1 \end{pmatrix} \quad p2 = \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.8 \\ 0.1 \end{pmatrix}$$

$b1$ - это прибыль исполнителя при высоком уровне усилий (первый уровень), функция прибыли имеет следующий конкретный вид:

$$b1(w, p1) := \sum_{i=0}^2 (w_i - C1(w_i)) \cdot p1_i$$

$$C1(x) := (x)^{0.1}$$

Здесь $C1(x)$ это функция затрат при применении исполнителем высоких усилий, поэтому степень аргумента выбрана 0.1.

$b2$ - прибыль исполнителя при низком уровне его усилий, здесь степень в функции затрат меньше и она равна 0.05:

$$b2(w, p2) := \sum_{i=0}^2 (w_i - C2(w_i)) \cdot p2_i$$

$$C2(x) := (x)^{0.05}$$

Используя $b1$ и $b2$, сконструируем функции $g1$ и $g2$:

$$\begin{aligned} g1(w, p1, p2) &:= b1(w, p1) - b2(w, p2) \\ g2(w, p1, p2) &:= -g1(w, p1, p2) \end{aligned} \tag{5}$$

Эти функции используются в ограничениях типа (3) и имеют вид $g1 > 0$ и $g2 > 0$ Они представляют собой условия выбора уровня усилий: $g1 > 0$ при предпочтении усилия с высоким уровнем, $g2 > 0$ при предпочтении второго низкого уровня усилий.

$f1$ - прибыль заказчика при высоком уровне усилий:

$$f1(w) := \sum_{i=0}^2 (A(w)_i - w_i) p1_i$$

$f2$ - прибыль заказчика при низком уровне усилий:

$$f2(w) := \sum_{i=0}^2 (A(w)_i - w_i) p2_i$$

$A(w)$ - вектор возможных сигналов заказчику, этот вектор одновременно представляет собой возможные уровни или варианты технологии: при высоком уровне усилий, им соответствует первый элемент вектора технологий A , т. е. $i = 0$, при низком уровне усилий, соответствует второй элемент из вектора. Из распределения вероятностей $p1$ видно, что если прилагаются усилия высокого уровня, то вероятность технологии x^α , где $\alpha = 1.5$, выше, а если прилагаются усилия невысокие, что описано распределением $p2$, вероятность появления второго уровня технологии вида x^α , где $\alpha = 0.5$ становится выше. Отсутствие каких-либо усилий описывается третьей компонентой. В нашем конкретном случае мы имеем следующий вектор технологий $A(w)$:

$$A(w) := \begin{pmatrix} w^{1.5} \\ w^{0.5} \\ 1 \end{pmatrix}$$

Отметим, что наш подход позволяет рассматривать в качестве компонент вектора и другие (не степенные) функции.

Далее приведены результаты численного моделирования поставленной задачи с помощью MathCAD.

Случай 1. Заказчик определяет выплаты, если исполнитель использует высокий уровень усилий. Альтернативный уровень доходности h равен 0, т.е. $h = 0$, $b1(w, p1) > h$. Как видно из приведенных ниже данных заказчик получит прибыль равную $f1(r) = 4,393$ денежных единицы, а исполнитель получил прибыль $b1(r, p1) = 2,677$

Given

$$g1(w, p1, p2) > 0 \quad b1(w, p1) > 0$$

$$r := \text{Maximize}(f1, w)$$

$$r = \begin{pmatrix} 4.631 \\ 0.251 \\ 1.816 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad f1(r) = 4.393 \quad g1(r, p1, p2) = 2.502 \quad b1(r, p1) = 2.677$$

Случай 2.

Заказчик определяет выплаты, если исполнитель использует низкий уровень усилий. Как видно из приведенных данных заказчик получит прибыль равную $f2(r) = 0.0041$ денежных единицы, а исполнитель получил среднюю прибыль при инвестициях r равную $b2(r, p2) = 0.02$

Given

$$g2(w, p1, p2) > 0 \quad b2(w, p2) > 0$$

$$r := \text{Maximize}(f2, w)$$

$$r = \begin{pmatrix} 0.677 \\ 1.197 \\ 9.737 \times 10^{-7} \end{pmatrix} \quad f2(r) = 4.141 \times 10^{-3} \quad g2(r, p1, p2) = 0.255 \quad b2(r, p2) = 0.02$$

Обсуждение результатов решения модельной задачи. В предложенной конкретной ситуации, заказчик предложит исполнителю контракт (4.631, 0.251, 0). Если исполнитель применит высокие усилия, то он получит 2.677 денежных единиц средней прибыли. Если же он применит низкий уровень усилий, то получит среднюю прибыль равную $b2(r, p2) = 0.175$, таким образом, ему выгодно получить большую прибыль, только применив максимум усилий.

Как видно из расчётов, наилучший вариант для заказчика – это предложить набор инвестиций для первого уровня, т. к. при втором варианте – он получит прибыли всего 0.041 денежных единиц, что существенно меньше, чем в 1 варианте. В свою очередь, исполнителю при контракте (4.631, 0.251, 0) выгодно применить максимальные усилия, и заработать больше в 15 раз, чем при низких усилиях.

Выводы. Выполнение научных работ по контракту для заказчика содержит определённый риск, который проявляется в неопределённости получаемого результата. Поэтому применение методов теории контрактов вполне целесообразно. В данном случае задача решается методами теории морального риска. Эти методы, с одной стороны, позволяют поощрить исполнителя, а, с другой, получить в среднем оптимальный результат для заказчика. Такой подход при наличии риска, описан в [3], ([1]). Однако, в нашей работе имеются следующие отличия, во-первых, задача

МОРАЛЬНЫЙ РИСК И ОПТИМАЛЬНЫЙ КОНТРАКТ ПРИ СОЗДАНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

поставлена таким образом, что решение принимается за один этап, а не за два, во вторых, сигнал представляет собой производственную функцию, а не число, в третьих, число возможных усилий бесконечно, поэтому в статье обоснован переход к конечномерной задаче, для применения численных методов решения.

Приведённая в статье методика позволяет подобрать контракт, который даст оптимальное решение заказчику при соблюдении интересов исполнителя.

Список литературы

1. Гурьев С. Теория контрактов, курс лекций, М., Российская экономическая школа, 2002, - 31 с.
2. Тироль Ж. Рынки и рыночная власть: теория организации промышленности: Пер. с англ. Под ред. В.М. Гальперина, Н.А. Зенкевич; Ин-т "Открытое о-во". 2-е изд., испр. СПб.: Экон. шк., 2000. в 2-х томах. (Б-ка "Экон. шк."; Вып. 31) Том 1, ХЛП+328 с.
3. David Kreps, A Course in Microeconomic theory, New York and London, Harvester Wheatsheaf, 1990, pp.800
4. Thomas Paley. The economics of outsourcing: How Should policy Respond? March 2, 2006, Foreign policy in focus <http://www.fpiif.org>
5. Bernard Solanie, Theorie des contracts, Economica, 1994- pp. 141
6. Anderson William, The Economics of Outsourcing <http://www.mises.org>
7. <http://www.ordis.org>

Поступила в редакцию 30.05.2008 г.

Храпко В. Н. Моральный риск и оптимальный контракт при инновационных технологиях // Вчені записки ТНУ. Серія: Економіка, 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 278-285.

Сформульована і розв'язана задача оптимального контракту при виконанні науково технічних та інноваційних робіт.

Ключові слова: інновації, моральний ризик, теорія контрактів.

Khrapko V.N. Moral hazard and optimal contract while creating innovative technologies // Uchenye zapiski TNU. Series: Economy, 2008. – Vol. 21 (60). # 1. – P. 278-285.

Formulated and solved the problem of optimal contracting while implementing of innovations.

Key-words: innovation, moral hazard, contract theory.