

Модель согласования частных и общественных интересов при внедрении инноваций

Д.Л. Нинидзе, А.Б. Усов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Исследуется математическая модель согласования частных и общественных интересов при внедрении инноваций. Задача исследуется в игровой постановке. Учитывается наличие двух уровней управления: супервайзер, агент. Отношения между ними строятся на основе иерархии в соответствии с информационными регламентами игр Гермейера. В качестве метода иерархического управления используется метод побуждения. Указаны алгоритмы построения равновесий для разных информационных регламентов. Численная реализация предложенных алгоритмов основана на имитации. Дан анализ полученных результатов.

Ключевые слова: игра Штакельберга, игра Штакельберга с обратной связью, иерархия, имитационное моделирование, инновационный процесс, побуждение.

Инновации влияют на структуру производственных предприятий в стране, на уровень развития общества. Государство заинтересовано в регулировании инновационных процессов в стране. Оно определяет перечень крупных компаний, которые должны разрабатывать и реализовывать Программы инновационного развития (ПИР). Для успешной реализации ПИР необходим комплексный подход, одной из составляющих которого является построение и исследование различных моделей управления. Работ, посвященных этой проблеме, к сожалению, недостаточно для выработки эффективной стратегии по внедрению инноваций. Отметим работы [1-6].

В [1] анализируется модель финансирования инноваций; в [2] рассматривается производственно-транспортная модель машиностроительного предприятия по внедрению нового оборудования; в [3] строится теоретико-игровая модель согласования интересов при инновационном развитии корпорации; в [4] исследуется комплексная системно-динамическая модель рыночной диффузии инновационного продукта, в [5] рассмотрена задача моделирования сбалансированной системы показателей для IT-компании на основе раскрашенных сетей Петри,

в [6] рассматривается влияние различных факторов на интеграцию строительного производства.

1. Постановка задачи

Основная задача математического моделирования согласования частных и общественных интересов в моделях продвижения инноваций заключается в том, чтобы определить подходящую стратегию продвижения инноваций при условии получения максимального дохода лицами, продвигающими инновации. Агент продвигает инновации, за что получает поощрение от супервайзера. Кроме того, агент имеет свой частный интерес, а именно, занимается сторонней деятельностью, не связанной с продвижением инноваций, которая также приносит ему доход. В модели используется побуждение, при котором супервайзер воздействует на целевую функцию агента.

Предлагаемая ниже модель основана на результатах работы [7], в которой рассмотрена универсальная модель устойчивого развития организационных систем.

Целевые функции супервайзера и агента отражают их доходы. Возьмем их в виде:

- супервайзера

$$J_0(v, u) = x(k(v)) - u - f(k(v)) \rightarrow \max_u, \quad (1)$$

- агента

$$J_1(v, u) = u + g(v) - q(v, u) \rightarrow \max_v, \quad (2)$$

Здесь u – размер поощрения агента супервайзером за внедрение инноваций; v – время, которое затрачивает агент на внедрение инноваций; $k(v)$ – уровень внедрения инноваций агентом; $x(k(v))$ – размер дополнительного дохода супервайзера в результате внедрения инноваций; $f(k(v))$ – размер расходов супервайзера на внедрение инноваций; $g(v)$ – размер дохода агента

от личной деятельности; $q(v,u)$ – размер расходов агента на повышение квалификации.

Ограничения на управления супервайзера и агента возьмем в виде:

$$v_{\min} \leq v \leq v_{\max}, \quad (3)$$

$$u_{\min} \leq u \leq u_{\max}, \quad (4)$$

Условие гомеостаза состоит в ограничении размера расходов супервайзера при внедрении инноваций:

$$f_{\min} \leq f(k(v)) \leq f_{\max}; f_{\min}, f_{\max} = \text{const}, \quad (5)$$

Определим вид входных функций.

Функции $k(v), x(k(v)), f(k(v))$ есть возрастающие функции своих аргументов, выпуклые вниз в силу свойства насыщения. Возьмем их в виде:

$$k(v) = \ln(v+1), \quad x(k(v)) = c \cdot \ln(k(v)+1), \quad f(k(v)) = d \cdot \ln(k(v)+1),$$

где c – коэффициент для определения размера дохода супервайзера при внедрении инноваций, d – коэффициент для определения размера расходов супервайзера на внедрение инноваций. В качестве функции $g(v)$ возьмем линейную функцию: $g(v) = b \cdot (16 - v)$, где b – размер постоянной почасовой оплаты. Доход агент получает за целые часы работы. В качестве функции $q(v,u)$ берется гиперболическая функция: $q(v,u) = a \cdot \frac{u}{v}$, где a – коэффициент для определения размера затрат агента на повышение квалификации.

Поощрение u агент начинает получать при условии, что время v , которое он потратил на внедрение инноваций, строго не меньше 5 часов.

2. Алгоритмы построения равновесий

Приведем алгоритмы построения равновесий для модели (1) – (5) при разных информационных регламентах.

Алгоритм построения равновесия Штакельберга.

1. Решается задача агента (2), (3). Находится его оптимальное управление в зависимости от управления супервайзера $v^* = v^*(u)$.
2. Найденная на первом шаге функция $v^* = v^*(u)$ подставляется в (1), (5).
3. Решается задача (1), (4), (5). Находится оптимальное значение u^* .
4. Равновесие Штакельберга имеет вид $(v^*(u), u^*)$.

Алгоритм построения равновесия Штакельберга с обратной связью по управлению.

1. Находится стратегия наказания агента супервайзером, если он отказывается с ним сотрудничать.

$$L_{\text{наказ}} = \max_v \min_u J_1(v, u), u^{\text{наказ}} = \arg \max_v \min_u J_1(v, u)$$

2. Решается задача супервайзера (1), (3) - (5) $\max_{u,v} J_0(v, u)$ при условии

$$J_1(v, u) > L_{\text{наказ}}. \text{ Находится стратегия поощрения агента супервайзером, если агент будет сотрудничать с супервайзером } (v^n, u^n) = \arg \max_{u,v} J_0(v, u).$$

3. Агенту выгодно выбрать стратегию поощрения, ее он и выбирает.

3. Результаты счета

Данные для численных расчетов брались на основе анализа [8].

Пример 1. В случае $c=100000$; $d = 0.4 \cdot c$; $v_{\min}=0$; $v_{\max}=16$; $u_{\min}=6200$; $u_{\max}=8000$; $a=4$; $b=420$; $f_{\min}=0$; $f_{\max}=47000$ или $d = 0.6 \cdot c$; $u_{\min}=4000$; $u_{\max}=6000$; $a=5$; $b=220$ выигрыш агента не сильно меняется при разных информационных регламентах, выигрыш супервайзера больше при игре Штакельберга с обратной связью по управлению (таблица 1).

Таблица № 1

Результаты счета для входных данных примера 1

Пример	Характеристики	Равновесие Штакельберга	Равновесие Штакельберга с

			обратной связью
1 ($d = 0.4 \cdot c$)	Равновесие	(8, 6720)	(8.3, 7280)
	Выигрыш агента	6720	6720
	Выигрыш супервайзера	63017	63109
1 ($d = 0.6 \cdot c$)	Равновесие	(9.9, 4436)	(10, 4729)
	Выигрыш агента	3520	3520
	Выигрыш супервайзера	44404	44450

Пример 2. В случае входных данных примера 1 и $a=3$; $b=520$; $f_{max}=45000$ доход агента больше при игре Штакельберга, супервайзера – наоборот (таблица 2).

. Таблица № 2

Результаты счета для входных данных примера 2

	Алгоритм Штакельберга	Алгоритм Штакельберга с обратной связью
Точка равновесия	(6.9, 7354)	(6.9, 6455)
Выигрыш агента	8827	8320
Выигрыш супервайзера	59836	60735

Пример 3. В случае входных данных примера 1 $d = 0.4 \cdot c$; $u_{min}=4000$; $u_{max}=6000$; $a=5$; $b=220$ результаты счета не отличаются при разных информационных регламентах (таблица 3).

Таблица № 3

Результаты счета для входных данных примера 3

	Алгоритм Штакельберга	Алгоритм Штакельберга

		с обратной связью
Точка равновесия	(9.9, 44368)	(9.9, 4436)
Выигрыш агента	3520	3520
Выигрыш супервайзера	68825	68825

4. Заключение

В результате проведенного исследования при различных входных данных было сделано несколько выводов.

- Предложенная простая модель внедрения инноваций показывает, что супервайзер может сделать выгодным для агентов внедрение инноваций и уменьшить уровень стагнации в организации.
- Выигрыши агента для широкого класса входных данных не сильно отличается при разных информационных регламентах. При этом агенту выгодно уделить примерно треть своего времени на внедрение инноваций.
- Выигрыши супервайзера для широкого класса входных функций больше при игре Штакельберга с обратной связью по сравнению с обычной игрой Штакельберга. Поощряя агентов, супервайзер делает для них выгодным внедрение инноваций и получает больший доход.

В дальнейшем планируется исследование динамических моделей внедрения инноваций и рассмотрение другого вида входных функций.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, проект 17-19-01038.

Литература

1. Голуб А., Чеботарев А. Модель эффективности финансирования инноваций: Економіст, 2004 – №3 – с. 64-67.

2. Захарченко В.И. Нововведения: мотивация, моделирование, эффективность. – Одесса: ОИУМ, 2002 – 278 с.

3. Угольницкий Г.А., Усов А.Б. Теоретико-игровая модель согласования интересов при инновационном развитии корпорации // Компьютерные исследования и моделирование, 2016, 8(4), с. 673-684.

4. Шишаев М.Г. Комплексная системно-динамическая модель рыночной диффузии инновационного продукта. – Москва: Институт информатики и математического моделирования КНЦ РАН, 2008 – с. 30-38.

5. А.А. Мунтянова Моделирование инновационной составляющей сбалансированной системы показателей ИТ-компании // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4217.

6. О.А. Побегайлов, В.А. Погорелов Модель интеграции строительного производства // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1777.

7. Угольницкий Г.А. Управление устойчивым развитием активных систем. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2016 – с. 658-704.

8. Абдулов Ю.В. Доходы, расходы, прибыли и убытки // 1С: Предприятие, 2016. URL:rau-it.ru/info/14.html.

9. Новиков Д.А., Иващенко А.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. – М.: КомКнига, 2006 – с. 48-52.

10. Диленко В.А., Шпак С.А. Экономико-математические модели инновационной деятельности производственного предприятия. – Мариуполь: ОАО «Азовмаш», 2005 – с. 44-53.

11. Bramscomb L.M., Toward A. US technology policy: IEEE engineering management rev.-N.Y., 1992. – Vol. 20. - №3. –pp. 74-78.

12. New Product Management for the 1980s. – New York: Booz, Allen, Hamilton, 1982. – pp. 130-150.

References

1. Golub A., Chebotarev A. Model` e`ffektivnosti finansirovaniya innovacij [Model of efficiency of financing innovation]. Ekonomist, 2004, №3, pp. 64-67.
 2. Zakharchenko V.I. Novvovedeniya: motivaciya, modelirovanie, e`ffektivnost` [Innovations: motivation, modeling, efficiency]. Odessa: OIUM, 2002, 278 p.
 3. Ugolnitskii G.A., Usov A.B. Komp`yuterny`e issledovaniya i modelirovanie, 2016, 8(4), pp. 673-684.
 4. Shishaev M.G. Kompleksnaya sistemno-dinamicheskaya model` ry`nochnoj diffuzii innovacionnogo produkta [Complex system-dynamic model of market diffusion of innovative product]. Moskva: Institut informatiki i matematicheskogo modelirovaniya KNCz RAN, 2008, pp. 30-38.
 5. A.A. Muntianova Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4217.
 6. O.A. Pobegailov, V.A. Pogorelov Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1777.
 7. Ugolnitskii G.A. Upravlenie ustojchivy`m razvitiem aktivny`x system [Management of sustainable development of active systems]. Rostov-na-Donu: Izdatel`stvo YuFU, 2016, pp. 658-704.
 8. Abdulov Iu.V. IS: Predpriyatie, 2016. URL:rau-it.ru/info/14.html.
 9. Novikov D.A., Ivashchenko A.A. Modeli i metody` organizacionnogo upravleniya innovacionny`m razvitiem firmy` [Models and methods of organizational management of innovative development of the company]. M.: KomKniga, 2006, pp. 48-52.
 10. Dilenko V.A., Shpak S.A. E`konomiko-matematicheskie modeli innovacionnoj deyatel`nosti proizvodstvennogo predpriyatiya [Economic and mathematical models of innovative activity of industrial enterprise]. Mariupol`: OAO «Azovmash», 2005, pp. 44-53.
-



11. Bramscomb L.M., Toward A. US technology policy: IEEE engineering management rev.-N.Y., 1992. Vol. 20. №3. pp. 74-78.
12. New Product Management for the 1980s. New York: Booz, Allen, Hamilton, 1982. pp. 130-150.