

## Согласования частных и общественных интересов при внедрении инноваций в случае нескольких агентов

*Д.Л. Нинидзе, А.Б. Усов*

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Исследуется математическая модель согласования частных и общественных интересов при внедрении инноваций в случае нескольких агентов. Учитывается наличие двух уровней управления, в роли которых выступают супервайзер и несколько агентов. Отношения между супервайзером и агентами строятся на основе иерархии в соответствии с информационными регламентами игр Штакельберга. В качестве метода иерархического управления используется метод побуждения. Указаны алгоритмы построения равновесий для разных информационных регламентов. Численная реализация предложенных алгоритмов основана на имитационном моделировании. Дан анализ полученных результатов.

**Ключевые слова:** игра Штакельберга, игра Штакельберга с обратной связью, иерархия, имитационное моделирование, инновации, побуждение, супервайзер, агенты.

### Введение

Инновации – это прибыльное использование новшеств в виде новых технологий, видов продукции и услуг. Внедрение инноваций требует перестройки производства, капитальных затрат. Работ, посвященных этой теме, немного. Отметим следующие работы.

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] рассмотрены инновационные структуры в зависимости от реакции организации на внутренние и внешние изменения, от стратегии организации, в [6] освещены основные вопросы по управлению производственной программой крупного промышленного предприятия при инновационном развитии и технологической модернизации, в [7] исследуется математическая модель согласования частных и общественных интересов при внедрении инноваций в случае одного агента.

---

## Постановка задачи

Предлагаемая ниже модель основана на результатах работы [8], в которой рассмотрена универсальная модель устойчивого развития организационных систем. Модель является двухуровневой, где есть супервайзер и  $n$  агентов.

Целевые функции супервайзера и  $n$  агентов отражают их доходы в общем виде.

- супервайзера (ведущего)

$$J_0(\{v_i\}_{i=1}^n, \{u_i\}_{i=1}^n) = x \left( k \left( \sum_{i=1}^n v_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \right) - \sum_{i=1}^n u_i \rightarrow \max_{\{u_i\}_{i=1}^n} \quad (1)$$

-  $i$ -го агента (ведомого)

$$J_i(v_i, u_i) = g_i(v_i) + y \left( k \left( \sum_{i=1}^n v_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \right) - h(v_i) \rightarrow \max_{v_i} \quad (2)$$

Ограничения на управления агентов и супервайзера возьмем в виде:

$$v_{\min} \leq v_{i=1..n} \leq v_{\max}, \quad (3)$$

$$u_{\min} \leq u_{i=1..n} \leq u_{\max}, \quad (4)$$

Условие гомеостаза состоит в ограничении уровня внедрения инноваций:

$$k_{\min} \leq k \left( \sum_{i=1}^n v_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \leq k_{\max}; \quad k_{\min}, k_{\max} = const, \quad (5)$$

Для построения равновесий используются два алгоритма – алгоритм Штакельберга и алгоритм Штакельберга с обратной связью по управлению. Ниже приведены результаты имитационного моделирования в случае входных данных, полученных на основе анализа [9].

**Пример 1** (равновесие Штакельберга). В случае  $n=3$ ;  $k_{\min}=30$ ;  $k_{\max}=300$ ;

$$T_{\max}=16; \quad v_{\min}=0; \quad v_{\max}=16; \quad u_{\min}=500; \quad u_{\max}=8000;$$

$$k(\bar{v}, \bar{u}) = 3 \cdot (v_1 + v_2 + v_3)^{0.3} \cdot (u_1 + u_2 + u_3)^{0.4};$$

$$\begin{aligned}x(k(\bar{v}, \bar{u})) &= 6 \cdot 3^{1.7} \cdot (v_1 + v_2 + v_3)^{0.51} \cdot (u_1 + u_2 + u_3)^{0.68}; & g_1(v_1) &= 120(T_{\max} - v_1); \\g_2(v_2) &= 240(T_{\max} - v_2); & g_3(v_3) &= 360(T_{\max} - v_3); \\y(k(\bar{v}, \bar{u})) &= \frac{1}{2} \cdot 3^{1.7} \cdot (v_1 + v_2 + v_3)^{0.51} \cdot (u_1 + u_2 + u_3)^{0.68}; & h(v_1) &= 10 \cdot v_1^{0.51}; & h(v_2) &= 10 \cdot v_2^{0.51}; \\h(v_3) &= 10 \cdot v_3^{0.51}\end{aligned}$$

результаты счета приведены в таблице 1.

Таблица № 1

№	$(v_i^*; u_i^*)$	$J_i$	$J_0$
1	(16;500)	7866.04	82886
2	(0;3500)	11747.2	
3	(0;8000)	13667.2	

**Пример 2** (равновесие Штакельберга). Пусть  $n=3$ ;  $k_{\min}=100$ ;  $k_{\max}=600$ ;  
 $T_{\max}=16$ ;  $v_{\min}=0$ ;  $v_{\max}=16$ ;  $u_{\min}=1000$ ;  $u_{\max}=5000$ ;

$$\begin{aligned}k(\bar{v}, \bar{u}) &= 2 \cdot (v_1 + v_2 + v_3)^{0.4} \cdot (u_1 + u_2 + u_3)^{0.5}; \\x(k(\bar{v}, \bar{u})) &= 4 \cdot 2^{1.5} \cdot (v_1 + v_2 + v_3)^{0.6} \cdot (u_1 + u_2 + u_3)^{0.75}; & g_1(v_1) &= 200(T_{\max} - v_1); \\g_2(v_2) &= 400(T_{\max} - v_2); & g_3(v_3) &= 600(T_{\max} - v_3); \\y(k(\bar{v}, \bar{u})) &= \frac{4}{9} \cdot 2^{1.5} \cdot (v_1 + v_2 + v_3)^{0.6} \cdot (u_1 + u_2 + u_3)^{0.75}; & h(v_1) &= 3 \cdot v_1^{0.6}; & h(v_2) &= 3 \cdot v_2^{0.6}; \\h(v_3) &= 3 \cdot v_3^{0.6}\end{aligned}$$

Результаты счета в этом случае приведены в таблице 2.

Таблица № 2

№	$(v_i^*; u_i^*)$	$J_i$	$J_0$
1	(16;1000)	6318.2	47606
2	(0;3400)	12734	
3	(0;5000)	15934	

**Пример 3** (равновесие Штакельберга с обратной связью по управлению). В случае входных данных примера 1 результаты счета приведены в таблице 3.

Таблица № 3

№	Наказание	Значение наказания	Поощрение	$J_i$	$J_0$
1	(4;500)	2367.85	(11.2;500)	8654.6	91355
2	(0;500)	4788.13	(15.2;500)	8264.83	
3	(0;500)	6708.13	(16;5000)	8071.77	

**Пример 4** (равновесие Штакельберга с обратной связью по управлению). В случае входных данных примера 2 результаты счета приведены в таблице 4.

Таблица № 4

№	Наказание	Значение наказания	Поощрение	$J_i$	$J_0$
1	(3.2;1000)	3577.96	(15.2;1000)	6647.42	53525
2	(0;1000)	7423.98	(13.6;1000)	7448.41	
3	(0;1000)	10624	(8;3000)	11292.3	

### Заключение

В результате проведенного исследования была предложена общая модель согласования частных и общественных интересов при внедрении инноваций и построены равновесия Штакельберга в случае нескольких агентов при побуждении. Были проведены имитационные эксперименты. В случае информационного регламента игры Штакельберга с обратной связью по управлению супервайзер получает больший выигрыш, чем в игре Штакельберга без обратной связи по управлению, но в тоже время выигрыши большинства агентов стали ниже. Система хорошо согласована в обоих случаях.

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. Бакеева Й.Р. Инновационная организационная структура // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2277.
6. Лакирбая И.Д., Елисеева Т.П. Управление производственной программой крупного промышленного предприятия при инновационном развитии и технологической модернизации // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2356.
7. Нинидзе Д.Л., Усов А.Б. Модель согласования частных и общественных интересов при внедрении инноваций // Инженерный





5. Bakeeva Y.R. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2277](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2277).
6. Lakerbaya I.D., Eliseeva T.P. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2356](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2356).
7. Ninidze D.L., Usov A.B. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5433](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5433).
8. Ugolnitskii G.A. Upravlenie ustojchivym razvitiem aktivnykh system [Management of sustainable development of active systems]. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo YuFU, 2016, pp. 658-704.
9. Vnedrenie innovacij v kompanii: kak reshat' problemy, ne sozdavaya novyh. [Introduction of innovations in the company: how to solve problems without creating new ones.] URL: [viafuture.ru/sozdanie-startapa/vnedrenie-innovatsij](http://viafuture.ru/sozdanie-startapa/vnedrenie-innovatsij).
10. Novikov D.A., Ivashchenko A.A. Modeli i metody organizacionnogo upravleniya innovacionnym razvitiem firmy [Models and methods of organizational management of innovative development of the company]. M.: KomKniga, 2006, pp. 48-52.
11. Dilenko V.A., Shpak S.A. Ekonomiko-matematicheskie modeli innovacionnoj deyatel'nosti proizvodstvennogo predpriyatiya [Economic and mathematical models of innovative activity of industrial enterprise]. Mariupol': OAO «Azovmash», 2005, pp. 44-53.
12. Bramscomb L.M., Toward A. US technology policy: IEEE engineering management rev. N.Y., 1992. Vol. 20. №3. pp. 74-78.
13. New Product Management for the 1980s. New York: Booz, Allen, Hamilton, 1982. pp. 130-150.