УДК 519.6

И.В. ЧУМАЧЕНКО, А.А. ЛЫСЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

БЕСКОАЛИЦИОННАЯ ИГРА КАК МОДЕЛЬ ОТКРЫТОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Представленная статья связана с актуальными для рыночной экономики вопросами эффективности инновационной политики, направленной на повышение конкурентоспособности объектов производства в условиях отсутствия информированности финансирующего центра о возможностях и потребностях исполнителей НИОКР, которые рассматриваются как центры деятельности распределенной системы. Используется механизм открытого управления, согласно которому каждому центру деятельности предоставляется полная самостоятельность в выборе объемов своих производственных затрат, исходя из собственных интересов.

Ключевые слова: *децентрализация управления, открытое управление, центры деятельности, центр ответственности, научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки.*

Введение

Рассматривается актуальная для рыночной экономики проблема эффективности инновационной политики, направленной на повышение конкурентоспособности объектов производства [1] в условиях отсутствия информированности финансирующего центра о возможностях и потребностях исполнителей НИОКР (научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок), которые рассматриваются как центры деятельности распределенной системы [2].

В этих условиях для повышения эффективности финансирования НИОКР предлагается использовать механизм открытого планирования [3], согласно которому каждому центру деятельности предоставляется полная самостоятельность в выборе объемов своих производственных затрат (капвложений и оборотных средств), исходя из собственных интересов.

При этом центры деятельности превращаются в центры ответственности, которые принимают на себя все риски связанные с неопределенностью финансовых затрат необходимых для достижения требуемых результатов, а управляющий центр трансформируется в регулирующий рыночный инструмент, четко реагирующий на изменение себестоимости планируемых исследований и разработок.

Если рассматривать распределения капвложений и оборотных средств как ситуации, сложившиеся в результате планирования возможных вариантов финансирования центров деятельности, то ситуации равновесия и только они будут соответствовать тем дележам денежных средств, в одностороннем отступлении от которых не заинтересован ни один из участников операции.

Другими словами на практике будут реализовываться только такие планы финансирования НИОКР, которые согласно принципу осуществимости цели отражают идею устойчивости и как следствие соответствуют ситуациям равновесия Нэша (Nash) [4].

Целью данной статьи является нахождение конструктивных условий формализующих принцип осуществимости цели в виде равновесной ситуации Нэша, которая на множестве возможно-реализуемых дележей финансовых ресурсов обеспечивает требуемое увеличение уровня конкурентоспособности объектов производства при минимальных затратах финансирующего центра.

Основная часть

Исследуется операция, в которой каждый участник $i \in \left\{\overline{1,n}\right\}$ (исполнитель i-й темы НИОКР), выбирая тем или иным способом величину собственных капиталовложений ρ_i и оборотных средств l_i, стремится снизить себестоимость получаемых результатов, т.е. максимизировать эффективность своей деятельности [1]

$$f\left(\rho_i, l_i\right) = \frac{\sigma_i\left(R_i + \rho_i\right) l_i^{\beta_i} u_i^{\gamma_i}}{\rho_i + l_i}$$

при соблюдении требований

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \sigma_i \left(R_i + \rho_i\right)^{\alpha_i} \cdot \ell_i^{\beta_i} \cdot u_i^{\gamma_i} = \Delta K ;$$

где σ_i – коэффициент пропорциональности, отражающий влияние на результат деятельности исполнителя i-ой темы НИОКР неучтенных в модели факторов;

w_i – коэффициент удельной весомости, характеризующий приоритет i-го показателя потребительских свойств (тактико-технических характеристик) объекта производства;

R_i – исходная величина основных производственных фондов исполнителя i-ой темы НИОКР;

ρ_i – объем капитальных вложений в основные производственные фонды исполнителя i-й темы НИОКР;

l_i – величина оборотных средств исполнителя i-ой темы НИОКР;

u_i – исходное значение относительной величины i-го показателя потребительских свойств (тактико-технических характеристик) объекта производства;

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ – коэффициенты регрессии, отражающие степень влияния выбранных факторов - $(R_i + \rho_i), l_i, u_i$, - на результат деятельности i-ой темы НИОКР;

ΔK – планируемое увеличение уровня конкурентоспособности объекта производства.

Величины

$$w_i > 0;\ \sigma_i > 0;\ R_i > 0;\ 0 < \alpha_i < 1;\ 0 < \beta_i < 1;$$

$$\gamma_i < 0;\ 0 \le u_i \le 1,\ \ i = \overline{1,n},\ \Delta K > 0$$

считаются заданными параметрами модели, для которых выполняются следующие условия

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1;\ \alpha_i + \beta_i < 1;\ \forall i \in \left\{\overline{1,n}\right\};$$

$$\Delta K = K - \sum_{i=1}^{n} w_i u_i$$

где К – планируемый уровень конкурентоспособности объекта.

Сформулированная задача с учетом следующих преобразований

$$\sigma_i u_i^{\gamma_i} = a_i;\ R_i + \rho_i = x_i;\ l_i = y_i;\ \ \forall i \in \left\{\overline{1,n}\right\};$$

эквивалентна бескоалиционной игре равноправных лиц с запрещенными ситуациями [4], решение которой $\overline{x}^* \ge \overline{R};\ \overline{y}^* > 0$ должно удовлетворять следующим условиям равновесия Нэша

$$\max_{(x_i, y_i)} F_i(x_i, y_i),\ i = \overline{1,n};$$

$$\sum_{i=1}^{n} g_i(x_i, y_i) = \Delta K;\ \ x_i \ge R_i;\ y_i > 0, \forall i \in \left\{\overline{1,n}\right\};$$

где $$F_i(x_i, y_i) = \frac{a_i x_i^{\alpha_i} y_i^{\beta}}{x_i + y_i - R_i},\ \ \forall i \in \left\{\overline{1,n}\right\};$$

$$g_i(x_i, y_i) = w_i a_i x_i^{\alpha_i} y_i^{\beta_i};$$

$$\overline{x} = x_1, ..., x_n;\ \ \overline{y} = y_1, ..., y_n;$$

$$\overline{R} = R_1, ..., R_n.$$

Функция выигрыша $F_i(x_i, y_i)$ игрока $i \in \left\{\overline{1,n}\right\}$ определена на множестве

$$T_i = \left\{(x_i, y_i) \in E^2 \,\middle|\, x_i \ge R_i, y_i > 0\right\}$$

и представляет собой действительную, непрерывную, непрерывно дифференцируемую (по крайней мере дважды) скалярную функцию векторного аргумента $(x_i, y_i) = \overline{z_i}$, для которой из условия

$$\left(\overline{z}_{i2} - \overline{z}_{i1}\right) \nabla F_i\left(\overline{z}_{i1}\right) \le 0,\ \ \forall i \in \left\{\overline{1,n}\right\};$$

следует

$$F_i\left(\overline{z}_{i1}\right) > F_i\left(\overline{z}_{i2}\right);$$

для любых $\overline{z}_{i1} \ne \overline{z}_{i2}$ принадлежащих множеству T_i.

Другими словами целевая функция $F_i(x_i, y_i)$ строго псевдовогнута на множестве определения T_i и обладает следующим свойством: любая последовательность точек на множестве определения обращающая градиент $\nabla F_i(x_i, y_i)$ в нуль приводит в положение строго глобального максимума.

Игра рассматривается на множестве ситуаций

$$A = T \cap B;$$

где

$$T = T_1 \times ... \times T_n;$$

$$B = \left\{\left(\overline{x}, \overline{y}\right) \in E^{2n} \,\middle|\, \sum_{i=1}^{n} g_i(x_i, y_i) = \Delta K;\ \overline{x} \ge \overline{R}, \overline{y} > 0\right\}.$$

Согласно теореме Вейерштрасса непрерывная функция, определенная на непустом, компактном множестве, достигает глобального максимума на внутренней или граничной точке допустимого множества.

Исходя из этого, решение игры на первом шаге сводиться к совместному нахождению внутренних решений двухмерных задач на условный экстремум с помощью метода множителей Лагранжа, который позволяет из необходимых условий первого порядка

$$\nabla L_i(x_i, y_i, \lambda) = 0,\ i = \overline{1,n};$$

где $$L_i(x_i, y_i, \lambda) = F_i(x_i, y_i) + \lambda\left(\Delta K - \sum_{i=1}^{n} g_i(x_i, y_i)\right),$$

$$\forall i \in \left\{\overline{1,n}\right\};$$

при выполнении достаточных условий второго порядка

$$\nabla^2_{(x_i, y_i)} L_i(x_i, y_i, \lambda) < 0,$$

$$\forall i \in \left\{\overline{1,n}\right\};$$

получить равновесную точку

$$\overline{x}^* = x_1^*, \dots, x_n^*;$$

$$\overline{y}^* = y_1^*, \dots, y_n^*,$$

доставляющую на множестве ситуаций

$$Q = \left\{ \left(\overline{x}, \overline{y}\right) \in H^{2n} \left| \sum_{i=1}^{n} g_i(x_i, y_i) = \Delta K \right. \right\};$$

строгие локальные максимумы целевых функций $F_i(x_i, y_i)$, $i = \overline{1,n}$, которые будут одновременно и глобальными.

Затем исследуется граница $\overline{x} = \overline{R}$ допустимого множества B, для чего, фиксируя каждый раз $m \in \left\{\overline{1,n}\right\}$ компонентов вектора $\overline{x} = x_1, \dots, x_n$ решаются в положительном ортанте пространства размерности $(2n - m + 1)$ следующие системы уравнений

$$\begin{cases} \dfrac{\partial F_j}{\partial x_j}(x_j, y_j) = \lambda \dfrac{\partial y_j}{\partial x_j}(x_j, y_j); \forall j \in I_j; \\ x_k = R_k;\ \forall k \in I_k; \\ \dfrac{\partial F_i}{\partial y_i}(x_i, y_i) = \lambda \dfrac{\partial g_i}{\partial y_i}(x_i, y_i);\ \forall i \in I; \\ \sum\limits_{i=1}^{n} g_i(x_i, y_i) = \Delta K; \end{cases}$$

где $I_j \cap I_k = \varnothing$; $I_j \cup I_k = I$; $I = \left\{\overline{1,n}\right\}$.

Число таких систем при каждом выбранном $m \in \left\{\overline{1,n}\right\}$ будет

$$c_n^m = \frac{n!}{m!(n-m)!}.$$

Далее из множества полученных решений $\left\{\overline{x}^*, \overline{y}^*\right\}$ выбирается то, которое доставляет минимум функции затрат

$$\sum_{i=1}^{n} \left(x_i^* + y_i^* - R_i\right).$$

Заключение

Таким образом, исходя из полученных результатов, легко видеть, что искомое равновесное решение в смысле Нэша бескоалиционной игры с запрещенными ситуациями соответствующее модели открытого планирования затрат на инновационную деятельность является решением одной из следующих систем нелинейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} \sum\limits_{i=1}^{n} w_i a_i x_i^{\alpha_i} y_i^{\beta_i} = \Delta K; \\ \dfrac{(\beta_i - y_i)}{\beta_i w_i (x_i + y_i - R_i)^2} = \dfrac{(\beta_t - y_t)}{\beta_t w_t (x_t + y_t - R_t)^2}; \\ i = \overline{1,n};\ t \in \left\{\overline{1,n}\right\}; \\ \beta_j x_j = \alpha_j y_j,\ j \in I_j; \\ x_k = R_k,\ k \in I_k\ ? \end{cases}$$

где $I_j \cap I_k = \varnothing$; $I_j \cup I_k = \left\{\overline{1,n}\right\}$; $I_k = \varnothing, \dots, \left\{\overline{1,n}\right\}$.

Искомое решение $x_1^*, \dots, x_n^*;\ y_1^*, \dots, y_n^*$ на множестве возможно-реализуемых дележей финансовых средств должно обеспечивать требуемое увеличение ΔK уровня конкурентоспособности объектов производства при минимальных затратах финансирующего центра.

Литература

1. *Чумаченко И.В. Задача о приведении показателя конкурентоспособности гетерогенной продукции к заданному уровню в условиях определенности / И.В. Чумаченко, В.А. Витюк, А.А. Лысенко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – № 3 (30) – С. 109-112.*
2. *Чумаченко И.В. Организационно-функциональное моделирование процессов финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в условиях конкуренции / И.В Чумаченько, В.А. Витюк, А. А. Лысенко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2008. – № 4 (23). – С. 97-101.*
3. *Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем / В.Н. Бурков.– М.: Наука, 1977. – 256 с.*
4. *Воробьев Н.Н. Современное состояние теории игр / Н.Н. Воробъев // Успехи математических наук, – 1970. – Т. 25, вып. 2 (152). – С. 81-90.*

Поступила в редакцию 3.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой экономико-математического моделирования В.М. Вартанян, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина, Харьков.

БЕЗКОАЛІЦІЙНА ГРА ЯК МОДЕЛЬ ВІДКРИТОГО ФІНАНСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

І.В. Чумаченко, А.О. Лисенко

Представлена стаття пов'язана з актуальними для ринкової економіки питаннями ефективності інноваційної політики, спрямованої на підвищення конкурентоспроможності об'єктів виробництва в умовах відсутності інформованості центру, що фінансує, про можливості й потреби виконавців НДДКР, які розглядаються як центри діяльності розподіленої системи. Використовується механізм відкритого управління, відповідно до якого кожному центру діяльності надається повна самостійність у виборі обсягів своїх виробничих витрат, виходячи із власних інтересів.

Ключові слова: децентралізація управління, відкрите управління, центи діяльності, центр відповідальності, науково-дослідні й дослідно-конструкторські розробки.

NON-COOPERATIVE GAME AS MODEL OF THE OPEN FINANCING OF INNOVATIVE ACTIVITY

I.V. Chumachenko, A.A. Lysenko

Presented article is connected with actual for market economy questions of efficiency of the innovative policy directed on increase of competitiveness of objects of manufacture in conditions of absence information of the financing center about opportunities and requirements of executors of research and development which are considered as the centers of activity of the distributed system. The mechanism of the open management is used, according to which each center of activity full independence in a choice of volumes of the industrial expenses, proceeding from own interests is given.

Key words: decentralization of the management, the open management, cents of activity, the center of the responsibility, research and developmental development.

Чумаченко Игорь Владимирович – д-р. техн. наук, проф., заведующий кафедрой менеджмента, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: k602@d6.khai.edu.

Лысенко Антон Александрович – аспирант кафедры менеджмента, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: k602@d6.khai.edu.