УДК 519.95

И.В. ЧУМАЧЕНКО, В.А. ВИТЮК, А.А. ЛЫСЕНКО

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

ОРГАНИЗАЦИОННО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАЗРАБОТОК В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ

Разработаны модели различных принципов организационного управления ресурсами распределенной технико-экономической системы, позволяющие провести количественный анализ эффективности диверсификации финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, направленных на повышение конкурентоспособности объектов производства в условиях неопределенности затрат на проведение исследований.

распределенная система, централизация, согласованное управление, открытое управление, конкурентоспособность

Введение

Рыночные отношения, которым присуща нестабильность как внешних, так и внутренних факторов производства, характеризуется конкурентной борьбой производителей однотипной продукции. В этих условиях одной из основных стратегических целей производителей является достижение доминирующей позиции на конкретных сегментах рынка путем повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. Другими словами требуется, чтобы среди однотипных изделий объекты производства рассматриваемой технико-экономической системы в небольшой степени отвечали запросам потенциальных производителей. В связи с этим возникает проблема эффективности финансирования различных направлений и тем НИОКР (научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок), повышающих конкурентоспособность выпускаемой продукции в условиях неопределенности затрат на проведение исследований. Необходимость количественного анализа сформулированной проблемы делает актуальным вопрос о формализации задачи организационного управления ресурсами НИОКР в условиях рыночной конкуренции.

Основная часть

Структура научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок (НИОКР) может быть рассмотрена как распределенная система, в которой управляющий «Центр» верхнего уровня финансирует «Исполнителей» нижнего уровня, непосредственно выполняющих исследования по улучшению отдельных тактико-технических характеристик (ТТХ) выпускаемой продукции.

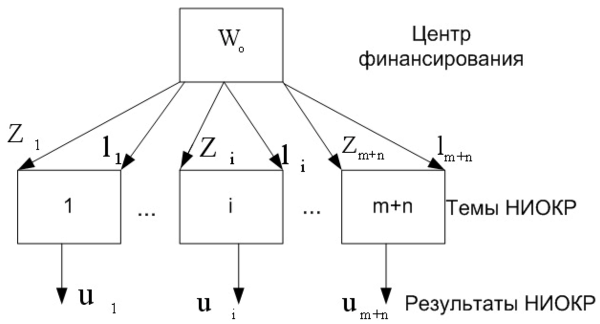

Рис. 1. Структурно-функциональная модель НИОКР

Управляющий «Центр» осуществляет распределение финансовых средств W_o, идущих на образование основных Z_i и оборотных l_i фондов, необходимых для функционирования «Исполнителей» тематики НИОКР, результатом деятельности каждого из которых является достижение определенного относительного уровня u_i исследуемого i-го показателя ТТХ изделия.

ТТХ объекта производства представляют собой вектор количественных показателей

$$\overline{P} = P_1, ..., P_{m+n};$$

абсолютная величина которых зависит от объемов финансирования НИОКР.

$$P_i = P_i(Z_i, l_i),\ i = \overline{1,(m+n)}.$$

Если компоненты P_i, $i = \overline{1,m}$ представляют собой показатели ТТХ, уменьшение которых приводит к увеличению конкурентоспособности объекта производства (так называемые минимизируемые характеристики), а величины

$$P_i,\ i = \overline{(m+1),(m+n)}$$

соответственно являются значениями показателей, увеличение которых приводит к росту конкурентоспособности (максимизируемые характеристики), то относительные значения

$$o \le u_i \le 1,\ i = \overline{1,(m+n)}$$

потребительских свойств изделия определяются следующим образом

$$u_i = \begin{cases} \dfrac{c_i}{p_i}, \forall i \in \left\{\overline{1,m}\right\}; \\ \dfrac{p_i}{c_i}, \forall i \in \left\{\overline{(m+1),(m+n)}\right\}, \end{cases} \quad (1)$$

где c_i, $i = \overline{1,(m+n)}$ представляют собой абсолютные значения показателей ТТХ идеального (гипотетического) образца изделия.

В качестве количественной оценки потребительских свойств объекта производства используется интегральный показатель конкурентоспособности, формализующий предпочтения потенциальных потребителей на основе экспертных оценок приоритетов различных показателей ТТХ:

$$K = \sum_{i=1}^{m+n} \gamma_i \cdot u_i, \quad (2)$$

где: $\gamma_i = \dfrac{\overline{a_i}}{\sum_{i=1}^{m+n} \overline{a_i}}$;

$$\overline{a_i} = \frac{\sum_{j=1}^{N} a_{ij}}{N};\ \forall i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\};$$

a_{ij} – оценка в балах j-м экспертом приоритета i-го показателя ТТХ;

N – количество экспертов.

Функционирование «Исполнителя» i-й темы НИОКР формализуется с помощью двухфакторной модели, связующий показатель результата проводимых исследований u_i с величиной используемых ресурсов Z_i, l_i, в виде производственной функции типа Кобба – Дугласа с убывающей отдачей, которая строится на основе статистических данных методами корреляционного и регрессионного анализов:

$$u_i = Б_i(F_i + Z_i)^{\alpha_i} l_i^{\beta_i}; \quad (3)$$

$$\alpha_i + \beta_i \le 1,\ \ \forall i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\},$$

где $Б_i$ – параметр (коэффициент пропорциональности), отражающий влияние на результирующий показатель неучтенных в модели факторов;

α_i, β_i – параметры модели (коэффициенты регрессии), отражающие степень влияния выбранных факторов $(F_i + Z_i)$ и l_i на результирующий показатель u_i;

Z_i – капвложения в основные производственные фонды «Исполнителя» i-й темы НИОКР;

F_i – исходная стоимость основных производственных фондов «Исполнителя» i-й темы НИОКР.

Каждый «Исполнитель» i-й темы НИОКР стремится максимизировать результат своей деятельности $u_i = u_i(Z_i, l_i)$, а задачей «Центра» является максимизация эффективности финансирования всех выполняемых НИОКР

$$E(\overline{Z},\bar{l}) = \frac{\sum_{i=1}^{m+n} \gamma_i Б_i (F_i + Z_i)^{\alpha_i} \cdot l_i^{\beta_i}}{\sum_{i=1}^{m+n} (Z_i + l_i)}. \quad (4)$$

Рассматриваются следующие принципы организационного управления

I. Принцип жесткой централизации (ЖЦ) управления, при котором имеется одна оперирующая сторона «Центр», планирующая распределение финансовых средств, необходимых для деятельности функциональных подразделений, исходя из общей цели системы $E(\overline{Z},\bar{l})$ при полном игнорировании интересов $u_i(Z_i,l_i)$ отдельных «Исполнителей» $i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}$. Проблема сводится к решению задачи математического программирования, в которой необходимо найти оптимальные значения переменных

$$\overline{Z}^* = Z_1^*,...,Z_{m=n}^*; \quad \bar{l}^* = l_1^*,...,l_{m=n}^*,$$

доставляющих максимум целевой функции:

$$\max_{Z,l} \frac{g_k(\overline{Z},\bar{l})}{g_w(\overline{Z},\bar{l})}; \quad (5)$$

при ограничениях

$$g_k(\overline{Z},\bar{l}) \geq K_o; \quad (6)$$

$$g_w(\overline{Z},\bar{l}) \geq W_o; \quad (7)$$

$$\overline{Z} \geq O; \bar{l} \succ O; \quad (8)$$

где $g_k(\overline{Z},\bar{l}) = \sum_{i=1}^{m+n} \gamma_i Б_i (F_i + Z_i)^{\alpha_i} \cdot l_i^{\beta_i}$;

$$g_w(\overline{Z},\bar{l}) = \sum_{i=1}^{m+n} (Z_i + l_i);$$

K_o – интегральный показатель конкурентоспособности продукции лидирующего на данном сегменте рынка производителя.

Реализация принципа жесткой централизации управления эффективна только в условиях слабоменяющихся экзогенных и экрогенных факторов производства.

II. Для повышения эффективности функционирования распределенных технико-экономических систем в условиях нестабильности экономических процессов, вызывающих перерасход планируемых затрат, используется так называемый принцип согласованного управления (СУ), согласно которому «Центр» делегирует часть своих полномочий при планировании распределения финансовых средств исполнительным подразделениям, так как конкретные «Исполнители» всегда больше информированы о своих потребностях и возможностях, чем их начальники и тем более начальники начальников. Такая децентрализация управления выдвигает на первый план проблему согласования общей цели финансирования системы $E(\overline{Z},\bar{l})$ с интересами ее отдельных «Исполнителей»

$$u_i(Z_i,l_i),$$

$$\forall i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}.$$

Задача моделируется иерархической игрой с непротивоположными интересами, в которой имеется несколько участников операции с различными приоритетами в действиях [1]. Исследование операции производится с точки зрения локальных интересов исполнительных элементов системы на основе подхода Ю.Б. Гермейера к решению игр с фиксированной последовательностью ходов [2].

В связи с этим применяются следующие гипотезы информированности, поведения и порядка ходов участников операции.

1. Рассматривается случай полной информированности: иерархическая структура и все целевые функции системы известны участникам операции.

2. Гипотеза «Исполнителей» о поведении «Центра» состоит в том, что управляющее звено верхнего уровня, обладая некоторыми средствами, не превышающими определенный уровень W_o, выбирает вектор своих управлений

$$\bar{l} = l_1,...,l_{m+n}$$

из расчета максимизации глобального критерия оптимальности

$$\max_{\bar{l}} E(\overline{Z}, \bar{l}), \tag{9}$$

при условии, что интегральный показатель конкурентоспособности будет не меньше заданного уровня $K \geq K_O$.

3. «Первый ход» заключается в одновременном выборе «Исполнителями» $i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}$ своих стратегий $Z \geq O$, которые сообщаются управляющему «Центру». Согласно принятой гипотезе поведения, «Центр» строит свою стратегию в виде вектор-функции $\bar{l} = \bar{l}(\overline{Z})$, которая определяется решением задачи параметрической оптимизации:

$$\max_{\bar{l} \in L} E(\overline{Z}, \bar{l});$$

где

$$L = \left\{ \begin{array}{l} \bar{l} \in E^{m+n} \mid g_k(\overline{Z}, \bar{l}) \geq K_O; \\ g_W(\overline{Z}, \bar{l}) \leq W_O; \\ l_i > O; \\ i = \overline{1,(m+n)}; \\ \overline{Z} = const \geq O. \end{array} \right\}.$$

Полученный закон управления

$$\bar{l} = \bar{l}(\overline{Z})$$

может быть представлен в развернутой форме в виде скалярных функций векторного аргумента

$$l_i = l_i(\overline{Z}); \quad i = \overline{1,(m+n)},$$

которые предполагаются однозначными на множестве существования

$$R = R_1 \times \ldots \times R_{m+n},$$

где

$$R_i = \left\{ \begin{array}{l} Z_i \mid Z_i \geq O, l_j(\overline{Z}) > O, \\ j = \overline{1,(m+n)} \end{array} \right\},$$

$$\forall i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}.$$

Возникает ситуация, в которой имеется $(m+n)$ равноправных участников, интересы которых характеризуются целевыми функциями

$$f_i(\overline{Z}) = u_i(Z_i, l_i(\overline{Z})),$$

зависящими от активных действий всех оперирующих сторон и удовлетворяющими условию

$$\sum_{i=1}^{m+n} \gamma_i f_i(\overline{Z}) \geq K_O.$$

Каждый участник операции $i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}$, располагая собственными управлениями из множества $S_i = \left\{Z_i \mid Z_i \geq O\right\}$ и, выбирая тем или иным способом свою стратегию $Z_i \geq O$, может влиять на совокупность всех допустимых стратегий, как других оперирующих сторон

$$A_j(\overline{Z}) = S_j \cap R_j;$$

$$\forall j \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}, \ j \neq i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\};$$

так и самого себя

$$A_i(\overline{Z}) = S_i \cap R_i; \ \ i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}.$$

Предполагается, что выбор стратегии участники операции производят без какого-либо согласования своих действий между собой.

Таким образом, получается безкоалиционная игра $(m+n)$ лиц с запрещенными ситуациями, решение которой $\overline{Z}^{**} = Z_1^*, \ldots, Z_{(m+n)}^{**}$ согласно принципу осуществимости цели должно удовлетворять условиям

$$\max_{Z_i} f_i(\overline{Z}^{(i)**}, Z_i), \tag{10}$$

где $Z_i \in A_i(\overline{Z}^{(i)**}, Z_i); \ i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}$;

$$\overline{Z}^{(i)} = Z_1, \ldots, Z_{i-1}, Z_{i+1}, \ldots, Z_{m+n}.$$

Полученное распределение финансовых средств

$$\overline{Z}^{**} = Z_1^{**}, \ldots, Z_{m+n}^{**};$$

$$l_i^{**} = i_i(\overline{Z}^{**}),$$

$$i = \overline{1,(m+n)}$$

в первую очередь учитывает интересы «Исполнителей» и доставляет на множестве возможно-реализуемых ситуаций максимум эффективности функционирования всей системы в целом.

III. Принцип открытого управления (ОУ), при котором каждому исполнительному подразделению предоставляется полная самостоятельность в планировании объемов своих основных и оборотных фондов, исходя из собственных интересов. При этом каждый «Исполнитель», с одной стороны, объективно способствует выполнению общей задачи системы, а с другой – оказывается в конфликте, стремясь увеличить собственные финансовые ресурсы, необходимые для расширения объема проводимых исследований, с целью повышения результата своего функционирования.

Взаимодействие исполнительных элементов системы моделируется бескоалиционной игрой $(m+n)$ равноправных лиц, в которой каждый игрок $i \in \left\{\overline{1,(m+n)}\right\}$ располагает стратегиями из множества

$$D_i = \left\{(Z_i, l_i) \in E^2 \mid Z_i \geq O, l_i > O\right\}.$$

Функции выигрыша игроков

$$e_i(Z_i, l_i) = \frac{Б_i (F_i + Z_i)^{\alpha_i} l_i^{\beta_i}}{Z_i + l_i}; \qquad (11)$$

$$i = \overline{1,(m+n)}$$

определены на множестве ситуаций

$$T = \left\{ \begin{matrix} (\overline{Z}, \bar{l}) \in E^{2(m+n)} \mid g_k(\overline{Z}, \bar{l}) \geq K_0; \\ g_w(\overline{Z}, \bar{l}) \leq W_0;\ \overline{Z}, \bar{l} \geq 0; \end{matrix} \right\},$$

$$B = \prod_{i=1}^{m+n} D_i \cap T = \prod_{i=1}^{m+n} B_i.$$

Решение игры

$$\overline{Z}^{***} = Z_1^{***}, \ldots, Z_{m+n}^{***};$$

$$\bar{l}^{***} = l_1^{***}, \ldots, l_{m+n}^{***}$$

должно удовлетворять условиям равновесия Неша (Nash):

$$\max_{(Z_i, l_i) \in B_i} e_i(Z_i, l_i) = e_i(Z_i^{***}, l_i^{***}), \qquad (12)$$

$$i = \overline{1,(m+n)}.$$

Найденное решение Z_i^{***}, l_i^{***} определяет собой план финансирования НИОКР, в одностороннем нарушении которого при его реализации не заинтересован ни один из «Исполнителей».

Заключение

Таким образом, полученные экономико-математические модели различных механизмов диверсификации ресурсов в распределенной технико-экономической системе позволяют провести количественный анализ эффективности различных принципов организационного управления финансирования тематики научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, направленных на повышение конкурентоспособности объектов производства в условиях неопределенности затрат на провидение исследований.

Литература

1. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами. – М.: МГУ, 1972. – 184 с.

2. Моделирование организационного управления в многоуровневых структурах / В.Г.Кучмиев, А.И. Лысенко, В.М. Момот, И.В. Чумаченко. – Х.: Нац. аэрокос. ун-т, «ХАИ», 2004. – 231 с.

Поступила в редакцию 3.12.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Вартанян, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.