

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОРТФЕЛЯМИ ПРОЕКТОВ

А.А. Матвеев¹

(Институт проблем управления РАН, Москва)

В настоящей работе в рамках теоретико-игрового подхода формулируется и решается задача распределения ресурсов между проектами, входящими в портфель проектов, реализуемых организацией. Основным результатом является формулирование условий на распределение ресурса, обеспечивающих согласование интересов всех участников организационной системы.

1. Введение

Теоретико-игровые модели анализа и синтеза механизмов управления являются предметом исследований в теории управления организационными системами [2]. Специфика управления проектами заключается, в том числе, в том, что они реализуются в рамках матричных структур, в которых исполнитель оказывается подчинен одновременно нескольким "равноправным" управляющим органам – например, руководителю проекта и своему функциональному руководителю (в отличие от линейных структур, в которых существует древовидная иерархия подчинения [10]).

Такие структуры получили название систем с распределенным контролем. Систематически впервые их модели исследованы в [16]. Полная характеристика решений задачи управления в системе с несколькими управляющими органами (центрами) и одним управляемым субъектом – агентом – получена в [7, 9]. В дальнейшем модели с распределенным контролем развивались в нескольких направлениях: в [5] получено решение задачи управления для двухуровневой системы с несколькими центрами и несколькими агентами, характеризуемыми векторными предпочтениями; в [2, 5, 7] изучалась роль высшего руководства в согласовании интересов центров; в [6] рассматривались модели так называемых X-структур, в которых руководство исполнителями осуществляла

управляющая компания; в [1] приведены модели матричных структур, в которых руководитель проекта обладает приоритетом принятия решений перед функциональным руководителем; в [14] изучена модель согласованного взаимодействия в четырехуровневой структуре с приоритетом функциональных руководителей над руководителями проектов.

Помимо кратко рассмотренных выше систем с распределенным контролем, существуют еще несколько подходов к построению механизмов распределения ресурса. Во-первых, это подход, основывающийся на решении задач распределения ресурсов на сетях – решении задач дискретной оптимизации, позволяющих минимизировать время выполнения проекта или упущенную выгоду в ситуации, когда продолжительности работ проекта зависят от используемых на них количествах ресурса [2, 3]. Во-вторых, это – модели с сообщением информации, в которых количество ресурса, выделяемое агентам, зависит от их заявок. При этом возникает проблема манипулирования информацией, результаты исследования которой приведены в [4, 11].

Портфели проектов характеризуются, в частности, тем, что для них существенной оказывается возможность несовпадения интересов управляющих органов, отвечающих за реализацию (или заинтересованных в реализации) тех или иных проектов (будем дальше называть их руководителями проектов – РП) и владельцев ресурсов, необходимых для реализации проектов (условно будем называть последних функциональными руководителями – ФР). Поэтому возникает задача построения модели такого распределения ресурсов между проектами, входящими в портфель, которое позволяло бы согласовать интересы всех заинтересованных участников. Эта задача и решается ниже в настоящей работе. Для этого сначала дается общее описание модели (раздел 2), формулируется задача оптимального распределения ресурсов в рамках централизованной схемы (раздел 3). Далее решение этой задачи (эффективность распределения ресурса) сравнивается с эффективностью использования схемы, учитывающей интересы ФР и РП (раздел 4) и с эффективностью введения трансфертных (внутрифирменных) цен на ресурс (раздел 5). Приведенный в заключительном разделе модельный пример, иллюстрирует полученные результаты.

¹ *Статья написана совместно с Д.А. Новиковым.*

2. Описание модели

Пусть имеется множество $N = \{1, 2, \dots, n\}$ проектов – претендентов на включение в портфель, и множество $M = \{1, 2, \dots, m\}$ ресурсов различных видов. Обозначим $y_{ij} \geq 0$ – количество ресурса j -го вида, используемое при реализации i -го проекта, $y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{im})$ – вектор ресурсов, используемых при реализации i -го проекта, $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ – вектор распределения ресурса j -го вида, $y = \|y_{ij}\|$ – матрица распределения ресурса, $i \in N, j \in M$.

Обозначим $H_i(y_i)$ – доход, получаемый от реализации i -го проекта, в зависимости от количества ресурсов на нем, $c_j(y)$ – затраты на использование ресурса j -го вида, $i \in N, j \in M$.

3. Централизованная схема

Задача распределения ресурса в общем виде заключается в том, чтобы распределить ресурс, максимизируя "прибыль" – разность между доходом от реализации проектов и затратами на использование ресурса:

$$(1) x = \arg \max_{\{y_{ij} \geq 0\}} \left[\sum_{i \in N} H_i(y_i) - \sum_{j \in M} c_j(y) \right].$$

Распределение ресурса в соответствии с (1) назовем централизованной схемой, так как она не учитывает интересов исполнителей работ по проектам и "владельцев" ресурсов и может быть реализована централизованно высшим руководством.

Отметим, что, так как выше не оговаривались свойства функций дохода и затрат, то задача (1) имеет максимально общий вид и включает в себя как частные случаи, наверное, все мыслимые постановки задач распределения ресурсов между проектами, включая задачи формирования портфеля проектов (проекты, на которые в оптимальном решении не выделяются ресурсы, включать в портфель не следует).

Действительно, например, ограниченность ресурсов может учитываться в функции затрат (так называемый метод штрафных функций), наряду с возможностью закупки ресурсов (привлечения кредитов) вне рассматриваемой организации; дискретность задачи (получения отличного от нуля дохода от реализации проекта только в случае, если на него выделено не менее заданного суммарного

количества ресурса или ресурсов в заданной комплектности) может учитываться в функции дохода и т.д.

Итак, выражение (1) дает оптимальное распределение ресурсов между проектами портфеля, но не учитывает интересов участников организационной системы. Поэтому рассмотрим модель согласования интересов последних при распределении ресурсов.

4. Распределенный контроль: согласование интересов

Пусть РП i выплачивает ФР j сумму I_{ij} за использование ресурса $z_{ij} \geq 0, i \in N, j \in M$.

Условие компенсации затрат ФР (то есть условие согласованности выборов ФР [12, 16]) имеет вид:

$$(2) c_j(z) = \sum_{i \in N} I_{ij}, j \in M.$$

Вычислим максимальные выигрыши РП (при реализации наиболее выгодных для них по отдельности распределений ресурса):

$$W_i = \max_{\{y_{ij} \geq 0\}} [H_i(y_i) - \sum_{j \in M} c_j(y)], i \in N.$$

Запишем условие того, что существует система платежей от РП к ФР, такая, что выигрыш каждого из РП не меньше, чем при независимой деятельности каждого из них:

$$(3) H_i(z_i) - \sum_{j \in M} I_{ij} \geq W_i, i \in N.$$

Из [16] известно, что условие согласованности интересов РП (между собой и с ФР) имеет вид:

$$S z: L(z) \in \mathcal{E},$$

где

$$(4) L(z) = \{I_{ij} \geq 0, i \in N, j \in M / (2) \text{ и } (3)\}.$$

Из [16] известно, что интересы РП могут быть согласованы тогда и только тогда, когда

$$\max_{\{y_{ij} \geq 0\}} \left[\sum_{i \in N} H_i(y_i) - \sum_{j \in M} c_j(y) \right] \geq \sum_{i \in N} W_i.$$

Получаем, что справедливо следующее утверждение:

Утверждение 1. Если $S z: L(z) \in \mathcal{E}$, то $L(x) \in \mathcal{E}$.

Содержательно утверждение 1 означает, что, если согласование интересов РП возможно, то распределение ресурса, предлагаемое

мое в рамках централизованной схемы, также является согласованным. Отметим, что это отнюдь не означает согласованность любого централизованного решения по распределению ресурса между проектами портфеля.

5. Трансфертные цены

Частным, но достаточно распространенным на практике, случаем взаимодействия участников организационной системы при реализации портфеля проектов является использование так называемых трансфертных (внутрифирменных – различий между этими понятиями мы делать не будем) цен, определяющих стоимость использования РП единицы того или иного ресурса.

Обозначим затраты РП на использование ресурса

$$(5) c_{ij}(y_{ij}) = g_j + b_j y_{ij}, \quad i \in \hat{I}, N, \quad j \in \hat{I}, N.$$

Отметим, что ставки g_j и b_j зависят только от вида ресурса и не зависят от того, в каких проектах ресурс используется (система цен является унифицированной).

Тогда целевая функция j -го ФР имеет вид:

$$(6) f_j(y) = n g_j + b_j \sum_{i \in N} y_{ij} - c_j(y), \quad j \in \hat{I}, M.$$

Обозначим $Y_j = \sum_{i \in N} y_{ij}$ и предположим, что $c_j(y) = C_j(Y_j)$,

$j \in \hat{I}, M$. Предположим, что функции затрат являются дифференцируемыми, выпуклыми (использование ниже условий первого порядка при поиске оптимального распределения ресурса неявно подразумевает, что реализованы будут все проекты из множества N) и равными в нуле нулю. Тогда оптимальное с точки зрения j -го ФР количество используемого ресурса имеет вид:

$$(7) Y_j^*(b_j) = C_j^{-1}(b_j), \quad j \in \hat{I}, M.$$

Условие того, что при использовании трансфертных цен каждый из ФР получит тот же выигрыш, что и при централизованной схеме, имеет вид:

$$(8) n g_j + b_j C_j^{-1}(b_j) = C_j(\sum_{i \in N} x_{ij}), \quad j \in \hat{I}, M.$$

Условие совпадения количеств ресурсов, выделяемых на каждый проект при централизованной схеме и при использовании трансфертных цен, запишем в виде

$$(9) \sum_{i \in N} x_{ij} = C_j^{-1}(b_j), \quad j \in \hat{I}, M.$$

Таким образом, справедливо следующее утверждение.

Утверждение 2. Использование централизованной схемы (1) при распределении ресурсов между проектами портфеля эквивалентно использованию системы трансфертных цен, удовлетворяющих (8) и (9).

Подчеркнем, что при заданном оптимальном распределении ресурса (1) может не существовать эквивалентной системы трансфертных цен, то есть множество решений системы (8)-(9) может оказаться пустым.

Аналогичным утверждению 2 образом можно записать условия эквивалентности механизма согласования интересов и механизма трансфертных цен (см. пример ниже).

6. Пример

Рассмотрим пример (обобщающий соответствующие результаты, приведенные в [11]), иллюстрирующий применение описанного выше подхода для случая организационной системы с двумя проектами (и, соответственно, двумя РП) и одним видом ресурса (и, соответственно, одним ФР).

Пусть у ФР имеется единичное количество ресурса (отметим, что количество ресурса фиксировано). Стратегией ФР является выбор действия $y \in [0; 1]$, содержательно интерпретируемого как количество ресурса, выделяемого на первый проект. Соответственно, $(1 - y)$ характеризует количество ресурса, выделяемого на первый проект.

РП получают доходы, зависящие от того количества ресурса, которое было выделено на соответствующий проект: $H_1(y) = y$, $H_2(y) = 1 - y$. ФР несет затраты $c(y) = a y^2 / 2 + (1 - y)^2 / 2$, где $a \geq 0$. Минимум функции затрат ФР достигается при действии $1 / (1 + a)$.

Определим наиболее выгодное для первого РП количество ресурса (максимизирующее разность между $H_1(y)$ и $c(y)$):

$$y_1^* = \begin{cases} 1, & a \leq 1 \\ \frac{2}{1+a}, & a \geq 1 \end{cases}$$

Выигрыш первого РП при этом равен

$$W_1 = \begin{cases} 1 - a/2, & a \leq 1 \\ \frac{3-a}{2(1+a)}, & a \geq 1 \end{cases}$$

Определим наиболее выгодное для второго РП количество ресурса (максимизирующее разность между $H_2(y)$ и $c(y)$): $y_2^* = 0$. Выигрыш второго РП при этом равен $W_2 = I/2$.

Определим действие y_0 , доставляющее максимум выражению $[H_1(y) + H_2(y) - c(y)]$: $y_0 = I/(1+a)$, и вычислим следующую величину: $W_0 = [H_1(y_0) + H_2(y_0) - c(y_0)] = \frac{a+2}{2(a+1)}$.

Условие согласованности имеет вид: $W_1 + W_2 \leq W_0$. Так как величины W_1 и W_0 зависят от параметра a , то можно найти множество значений этого параметра, при которых условие $W_1 + W_2 \leq W_0$ выполнено.

Возможны следующие варианты:

1. $a \leq 1$, при этом $W_1 + W_2 \leq W_0$ и $W_1 \leq W_2$, следовательно, в данном диапазоне значений параметра a целесообразно весь ресурс выделить на первый проект;

2. $a \in [1; 2]$, при этом $W_1 + W_2 \leq W_0$ и $W_2 \leq W_1$, следовательно, в данном диапазоне значений параметра a целесообразно весь ресурс выделить на второй проект;

3. $a \geq 2$, при этом $W_1 + W_2 \leq W_0$, следовательно, в данном диапазоне значений параметра a целесообразно выделение ресурса и на первый, и на второй проект.

Рассмотрим последний случай более подробно. Из условий согласования получаем, что должно иметь место

$$(10) I_1 \leq \frac{a-1}{2(1+a)}, I_2 \leq \frac{a-1}{2(1+a)}, I_1 + I_2 = \frac{a}{1+a}$$

Положив $I_1 = I_2 = I$, получим: $I = \frac{a}{2(1+a)}$, что всегда удов-

летворяет условию $I \leq \frac{a-1}{2(1+a)}$.

Таким образом, условия утверждения 1 выполнены при $a \geq 2$. При этом рассмотрение механизмов с внутрифирменной ценой за ресурс бессмысленно, так как суммарное количество ресурса фиксировано.

В заключение рассмотрения примера найдем условия эквивалентности механизма согласования интересов и механизма трансфертных цен.

Рассмотрим случай $a \leq 1$. При этом весь ресурс расходуется на первый проект (имеет место режим конкуренции РП, характеризующий аукционным решением их игры [16]) и ФР получает от первого РП вознаграждение, равное $c(y_1^*) + W_2 + e$, где e – сколь угодно малая строго положительная константа.

Пусть теперь первый РП использует пропорциональную систему стимулирования ФР со ставкой b : $s_L(y) = g + by$. Целевая функция ФР имеет вид $s_L(y) - c(y)$. Выбираемое им действие максимизирует его целевую функцию, то есть: $y^*(b) = \frac{1+b}{1+a}$.

Для того, чтобы побудить ФР отдать весь ресурс на первый проект руководителю первого проекта следует положить $b = a$, тогда $y^*(a) = I$. Для того, чтобы вознаграждение ФР при использовании линейной системы стимулирования совпадало с вознаграждением, получаемом в механизме согласования интересов, должно выполняться $g = e + (I - a)/2$.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе рассмотрены три схемы распределения ресурса между проектами портфеля: централизованная; учитывающая интересы руководителей проектов и функциональных руководителей; и основанная на унифицированных трансфертных ценах за используемые ресурсы. Получены условия эквивалентности этих схем распределения ресурса.

Литература

1 Балашов В.Г., Заложнев А.Ю., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.

- 2 Баркалов С.А., Бурков В.Н. Минимизация упущенной выгоды в задачах управления проектами. М.: ИПУ РАН, 2001. – 56 с.
- 3 Баркалов П.С., Буркова И.В., Глаголев А.В., Колпачев В.Н. Задачи распределения ресурсов в управлении проектами. М.: ИПУ РАН, 2002. – 65 с.
- 4 Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями. М.: Синтег, 2004. – 400 с.
- 5 Гилев С.Е., Леонтьев С.В., Новиков Д.А. Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием. М.: ИПУ РАН, 2002. – 54 с.
- 6 Гламаздин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели. М.: Спутник, 2003. – 159 с.
- 7 Губко М.В. Механизмы управления организационными системами с коалиционным взаимодействием участников. М.: ИПУ РАН, 2003. – 118 с.
- 8 Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002. – 148 с.
- 9 Караваев А.П. Модели и методы управления составом активных систем. М.: ИПУ РАН, 2003. – 151 с.
- 10 Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. – 150 с.
- 11 Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: ИПУ РАН, 2005. – 472 с.
- 12 Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах. М.: Синтег, 2003. – 312 с.
- 13 Новиков Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. М.: ИПУ РАН, 2003. – 102 с.
- 14 Новиков Д.А., Суханов А.Л. Модели и методы управления научными проектами. М.: ИУО РАО, 2005.
- 15 Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах. М.: Апостроф, 2000 – 184 с.
- 16 Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем. М.: ИПУ РАН, 2001. – 118 с.