Модель оперативного управления продолжительностью проекта промышленного комплекса

© 2011 Т.В. Овсянникова
© 2011 Д.А. Щелоков
кандидат экономических наук
Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева
E-mail: Tyavinat@mail.ru, dima-shhelokov@tandex.ru

Управление проектами является на сегодняшний день интенсивно развивающейся областью теории управления. Модели оперативного управления позволяют решать задачи управления с учетом моментов принятия решений, их содержания и согласованности.

Ключевые слова: оперативное управление, продолжительность проекта, стимулирование, детерминированная активная система, интервальная неопределенность.

В данной работе рассматриваются задачи оперативного управления продолжительностью проекта, детерминированная модель и интервальная неопределенность на примере промышленного комплекса по производству ракетно-космической техники ФГУП ГНПРКЦ "ЦСКБ-Прогресс". Предположим, что проект состоит из двух участников - руководителя проекта (центра), осуществляющего управление проектом, и исполнителя (активного элемента). Таким образом, проект рассматривается в виде активной системы, имеющей следующую структуру. Участники активной системы - менеджер проекта (центр) и исполнитель (активный элемент). Центр выполняет планирующие, управляющие и контролирующие функции и несет ответственность за завершение проекта в директивные сроки с требуемым качеством и запланированными затратами. Активный элемент является исполнителем работ по проекту, от его действий зависят качество, сроки и т.д.

Основным выберем такой показатель, как время завершения проекта. Если в процессе реализации проекта оказывается, что прогнозируемое время его завершения отличается от планового, то возникает необходимость в оперативном управлении - дополнительных мерах по сокращению продолжительности выполнения незавершенной части проекта. Реализация этих мер требует соответствующих затрат, т.е. возникает задача определения оптимальных коррекционных воздействий, причем критерием эффективности, как правило, выступают финансовые показатели, зависящие как от продолжительности проекта (санкции и штрафы за задержку сроков завершения и т.д.), так и от затрат на выполнение проекта[1].

При решении задачи управления центр должен учитывать действие активного элемента, вознаграждение исполнителя в зависимости от сокращения им сроков должно быть согласовано с его предпочтениями. В теории активных систем задачи согласования предпочтений и интересов изучаются при синтезе механизмов стимулирования, поэтому рассмотрим постановку задачи стимулирования исполнителей, в которой критерием эффективности являются финансовые показатели центра, зависящие в свою очередь от продолжительности проекта. Последовательность изложения дальнейшего материала будет такой. Сначала рассматривается задача стимулирования в детерминированной активной системе, т.е. в активной системе, функционирующей в условиях полной информированности о существенных внешних и внутренних параметрах. Затем исследуются более сложные модели, учитывающие возможность наличия неопределенности.

Будем считать, что в ходе реализации проекта стали известны плановое T_0 и прогнозируемое T время завершения проекта (ограничимся наиболее распространенным на практике случаем $T \geq T_0$). Предположим, что при задержке выполнения проекта центр выплачивает, например, вышестоящей организации штрафы $\chi(t)$, $t \geq T_0$. Исполнитель имеет возможность сократить срок реализации проекта (относительно прогнозируемого), или, что то же самое, сократить продолжительность одной или нескольких критических операций, и это требует от него определенных затрат $c(y)$, где $y \in A$ - время, на которое сокращается продолжительность проекта. Переменная y может интерпретироваться как действие активного элемента - выбираемая им стратегия.

Для того чтобы побудить активный элемент к выбору некоторой стратегии, центр должен использовать соответствующую систему стимулирования, т.е. назначить зависимость $\sigma(y)$ вознаграждения активного элемента от выбираемых им действий. Эта зависимость $\sigma(\bullet) \in M$ называется функцией стимулирования (M - множество допустимых функций стимулирования)[2].

Интересы участников проекта (активной системы) выражены их целевыми функциями. Будем считать, что рациональность поведения участников проекта заключается в стремлении к экстремизации целевых функций[3]. Предположим, что центр заинтересован в том, чтобы минимизировать свои выплаты (суммарные выплаты по штрафам и стимулированию активного элемента), т.е. целевая функция центра $\Phi(\sigma(\bullet), y)$ имеет вид

$$\Phi(\sigma(\bullet), y) = \sigma(y) + \chi(T - T_0 - y), \tag{1}$$

$$\Phi(\sigma(\bullet), y) = 1493520 + 298704 = 1792224 \quad \text{(руб.)}.$$

Целевая функция активного элемента $f(\sigma(\bullet), y)$ представляет собой разность между стимулированием и затратами:

$$f(\sigma(\bullet), y) = \sigma(y) - c(y), \tag{2}$$

$$f(\sigma(\bullet), y) = 1493520 - 53340 = 1440180 \quad \text{(руб.)}.$$

Введем следующие предположения: $A = [0; T - T_0]$; M - множество кусочно-непрерывных положительнозначных функций; $c(y)$ - положительнозначная, монотонно возрастающая, строго выпуклая, непрерывно дифференцируемая функция, такая, что $c(0) = 0$.

Предположим, что выполнена гипотеза благожелательности (ГБ) - из множества реализуемых действий $P(\sigma) = \arg\max_{y \in A} f(y, \sigma)$ активный элемент выбирает действия, наиболее благоприятные для центра.

Последовательность функционирования следующая: центр сообщает активному элементу функцию стимулирования, после чего активный элемент при известной функции стимулирования выбирает свое действие. Следовательно, задача центра заключается в выборе такой допустимой системы стимулирования, которая минимизировала бы значение его целевой функции при условии, что активный элемент выбирает допустимое действие, максимизирующее его собственную целевую функцию:

$$\begin{cases} \Phi(\sigma(y^*), y^*) \to \min\limits_{\sigma \in M}, \\ y^* \in \arg\max\limits_{y \in [0; T - T_0]} f(y). \end{cases} \tag{3}$$

Задача (3) является игрой типа Γ_2 (в терминологии теории иерархических игр) и может рассматриваться как детерминированная задача стимулирования второго рода. Оптимальное решение $\sigma^*(y)$ задачи (3) имеет вид:

$$\begin{cases} \sigma^*(y) = c(y^*), \ y = y^*, \\ 0, \ y \neq y^*, \end{cases} \tag{4}$$

где оптимальное действие активного элемента y^* определяется следующим выражением:

$$y^* = \arg\min_{y \in [0; T - T_0]} [c(y) + \chi(T - T_0 - y)], \tag{5}$$

$$y^* = \arg\min_{y \in [0; T - T_0]} [53340 + 298704] = 352044 \quad \text{(руб.)}.$$

Штрафы центра линейны: $\chi(t) = \chi_0 t$, действие (5) единственно (так как штрафы линейны, а функция затрат активного элемента строго выпукла). Следовательно, на отрезке $[0; T - T_0]$ функция $\{c(y) - \chi_0 y\}$ достигает единственного минимума. Более того, оптимальное решение оказывается устойчивым по параметрам модели в следующем смысле.

Обозначим $\xi = c^{-1}(\chi_0)$, где $c^{-1}(\bullet)$ - функция, обратная производной функции затрат активного элемента. Тогда оптимальное решение задачи (3) можно записать в виде

$$\begin{cases} y^*(\xi) = T - T_0, \ T \le T_0 + \xi, \\ \xi, \ T \ge T_0 + \xi. \end{cases} \tag{6}$$

В случае линейных штрафов центру не обязательно знать “точную” оценку реального времени T завершения проекта (неизвестного и приближенно оцениваемого в ходе его реализации). Если оптимистичная оценка задержки T-T_0 времени завершения проекта превышает величину ξ, которая зависит от внешних штрафов и функции затрат активного элемента, то оптимальное с точки зрения внешних выплат центра сокращение продолжительности проекта “не зависит” от оценки будущей его продолжительности. В нашем примере $T \ge T_0 + \xi$, значит, решение задачи (3) будет таким: $y^*(\xi) = \xi$.

В рамках модели, рассмотренной выше, предположим, что реальное сокращение $z \in A_0 = A = [0; +\infty)$ продолжительности проекта зависит от вектора действий активного элемента и от неопределенного параметра - состояния природы. Будем считать, что, выбирая свои стратегии, участники проекта имеют информацию лишь об интервале возможных значений: $z \in Z(y)$. Кроме того, действия, выбираемые активным элементом, не наблюдаются центром, которому становится известен лишь результат деятельности. Поэтому стимулирование активного элемента центром уже не может (как в детерминированном случае) основываться на действиях активного элемента, а должно зависеть от неопределенной величины - результата деятельности.

Целевая функция активного элемента равна: $f(\sigma, y, z) = \sigma(z) - c(y)$. Устраняя интервальную неопределенность, т.е. применяя метод максимального гарантированного результата (МГР), получим, что гарантированное значение целевой функции активного элемента равно:

$$f_\Gamma(\sigma, y) = \min_{z \in Z(y)} \sigma(z) - c(y). \qquad (7)$$

Следовательно, в рассматриваемой модели множество реализуемых действий активного элемента есть $P(\sigma) = \arg\max_{y \in A} f_\Gamma(\sigma, y)$.

Если целевая функция центра зависит от фактического сокращения продолжительности проекта $z \in A_0$, то ее гарантированное значение равно:

$$\Phi_\Gamma(\sigma, y) = \max_{z \in Z(y)} \Phi(z, \sigma) =$$

$$= \max_{z \in Z(y)} \left\{ \sum_{i=1} \sigma(z) + \chi(T - T_0 - z) \right\}, \qquad (8)$$

$$\Phi_\Gamma(\sigma, y) = 224028 + 810768 = 1034796 \text{ (руб.)}.$$

Итак, задача управления имеет вид:

$$\Phi_\Gamma(\sigma, y^*) \to \min,\ y^* \in E_N(\sigma(\bullet)), \qquad (9)$$

где $E_N(\sigma(\bullet))$ - множество равновесий Нэша игры агентов при заданной системе стимулирования.

Решение задачи (8) в силу принципов компенсации затрат и декомпозиции игры агентов имеет следующий вид.

Система стимулирования

$$\begin{cases} \sigma(y^*, z) = c(y^*),\ z \in Z(y^*) \\ 0,\ z \notin Z(y^*) \end{cases} \qquad (10)$$

реализует вектор y^* действий активного элемента, оптимальное значение которого определяется следующим выражением:

$$y^* = \arg\min_{y \in A} \max_{z \in Z(y)} \left\{ \sum_{i=1} \sigma(y^*, z) + \chi(T - T_0 - z) \right\},$$

$$y^* = 53340 + 298704 = 352044 \text{ (руб.)}. \qquad (11)$$

При этом гарантированное значение целевой функции активного элемента равно нулю. Реализуемость действия $y^* \in A$ системой стимулирования (10) следует из определения гарантированной реализуемости.

Предположим, что функция штрафов центра монотонна, тогда целевая функция центра имеет вид

$$\Phi(y) = \max_{z \in Z(y)} \{\chi(T - T_0 - z) + \sigma(y, z)\}.$$

Так как функция штрафов монотонна, а система стимулирования (10) кусочно-постоянна, то $\Phi(y) = \chi(T - T_0 - Q(y)) + c(y)$. Задача $\Phi(y) \to \min_{y \ge 0}$ является скалярной оптимизационной задачей.

---

[1] *Колосова Е.В., Новиков Д.А., Цветков А.В.* Методика освоенного объема в оперативном управлении проектами. М., 2000.

[2] *Новиков Д.А.* Стимулирование в организационных системах. М., 2003.

[3] *Коновальчук Е.В., Новиков Д.А.* Модели и методы оперативного управления проектами. М., 2004.

Поступила в редакцию 08.12.2010 г.