

ОПТИМИЗАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПРОЕКТА ПО КРИТЕРИЯМ ПРИБЫЛЬ, ВРЕМЯ, СТОИМОСТЬ, КАЧЕСТВО, РИСКИ

И. В. Кононенко

Доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой*

Контактный тел.: 050-514-20-16

E-mail: igorvkononenko@gmail.com

М. Э. Колесник

Аспирант*

Контактный тел.: 097-655-76-74

E-mail: Rozaeduard@gmail.com

*Кафедра стратегического управления

Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт»

ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

Запропоновано математичну модель динамічної задачі багатокритеріальної оптимізації змісту проекту при наявності обмежень і заданих альтернативних варіантах виконання робіт, представлених у вигляді мережевих моделей

Ключові слова: проект, зміст, багатокритеріальна оптимізація, мережева модель, динамічна задача

Предложена математическая модель динамической задачи многокритериальной оптимизации содержания проекта при наличии ограничений и заданных альтернативных вариантах выполнения работ, представленных в виде сетевых моделей

Ключевые слова: проект, содержание, многокритериальная оптимизация, сетевая модель, динамическая задача

A mathematical model of dynamic multi-objective optimization problem scope of the project with constraints and given alternative embodiments of the works presented in the form of network models is suggested

Keywords: project, scope, multi-objective optimization, network model, dynamic problem

Традиционно при управлении проектами рассматривают так называемый треугольник управления проектами, сторонами которого являются содержание проекта, время и стоимость. Данные характеристики влияют на качество проекта и его продукта. Наш взгляд более правильно рассматривать пирамиду управления проектами, ребрами которой являются содержание проекта, экономический, социально-политический, экологический, технологический эффекты от проекта, время, стоимость, качество продукта и риски проекта. Только вся совокупность указанных характеристик действительно определяет качество проекта с точки зрения заказчика и общества на всех фазах его жизненного цикла, включая и эксплуатационную фазу или фазу потребителя.

Существующие модели и методы оптимизации содержания проекта ограничиваются в основном рассмотрением только времени и стоимости проекта, а также качества продукта проекта.

В работе [1] предложены модель и метод оптимизации содержания проекта с точки зрения времени его выполнения. В работе [2] рассматриваются модель и метод оптимизации содержания проекта по критерию затраты на его осуществление при наличии ограничений на сроки. В работе [3] впервые предложена многокритериальная модель задачи оптимизации содержания проекта по критериям время и стоимость при наличии альтернативных вариантов выполнения работ или их комплексов, заданных в виде сетевых моделей. В работе [4] предложены модель и метод оптимизации

содержания проекта по срокам и стоимости его выполнения при наличии ограничений на качество продукта после выполнения определенных этапов проекта. Для решения задач в работах [1, 2] предложены методы, основанные на неявном переборе. В работе [3] для решения двухкритериальной задачи предложен метод, основанный на сочетании минимакса и неявного перебора. Для решения двухкритериальной задачи в статье [4] предложено использовать обобщенный критерий и неявный перебор. Во всех указанных работах получил развитие оптимизационно-имитационный подход, предложенный в работе [5].

Целью данной работы является создание математической модели многокритериальной оптимизации содержания проекта по критериям прибыль, сроки, стоимость, качество и риски проекта, при наличии ограничений и заданных альтернативных вариантах выполнения работ или их комплексов, представленных в виде сетевых моделей.

Предложена математическая модель задачи, которая содержит пять, подлежащих минимизации целевых функций. Одна из функций отражает прибыль предприятия до налогообложения за все годы жизненного цикла, другая – время выполнения проекта, которое рассчитывается с помощью метода критического пути или иного метода в сетевой модели, третья – затраты на осуществление проекта, четвертая – значение обобщенного показателя качества продукта проекта, а пятая – представляет собой оценку рисков, связанных с реализацией проекта.

В модели предполагается, что после завершения отдельных этапов выполнения проекта не должно быть финансовых задолженностей. Также ограничением модели является максимальное время выполнения проекта. Заданы ограничения на качество продукта проекта и на риски, связанные с ним.

При этом предполагается, что на каждом этапе проекта может осуществляться не более одного из альтернативных вариантов выполнения работ. Модель задачи имеет вид:

$$\sum_{t=T_{pr}+1}^T \sum_{l=1}^L C_t^{(l)} D_t^{(l)} \alpha_t - \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{t=1}^{T_{pr}} W_{hjt} \alpha_t x_{hj} + \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{t=1}^T E_{hjt} \alpha_t x_{hj} - \sum_{t=T_{pr}+1}^T U_t \alpha_t = P_M \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$T_{pr} = \varphi(G, x_{hj}) \rightarrow \min, \quad j = \overline{1, M_h}, \quad h = \overline{1, H}; \quad (2)$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj} = F \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{r=1}^R b_r \Psi_{hjr}^{norm} x_{hj} = Q \rightarrow \min; \quad (4)$$

$$\sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{i=1}^I P_{hji} V_{hji} x_{hj} = R_{neg} \rightarrow \min; \quad (5)$$

$$S_h = S_{h-1} + K_h - \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj}; \quad S_h \geq 0, \quad h = \overline{1, H}; \quad (6)$$

$$T_{pr} \leq T^{def}, \quad T_{pr} = \varphi(G, x_{hj}), \quad j = \overline{1, M_h}, \quad h = \overline{1, H}; \quad (7)$$

$$\Psi_{hjr} x_{hj} \leq Q_{hr}^{def}, \quad j = \{1, 2, \dots, M_h\}, \quad h = \overline{1, H}; \quad r = \overline{1, R_h}; \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^{M_h} x_{hj} = 1; \quad h = \overline{1, H}; \quad (9)$$

$$x_{hj} \in \{0, 1\}, \quad j = \overline{1, M_h}, \quad h = \overline{1, H}; \quad (10)$$

где T - время жизненного цикла, включающее инвестиционную фазу и фазу эксплуатации или потребления продукции;

T_{pr} - время выполнения всех операций проекта на инвестиционной фазе;

l - вид продукции, общее количество которых равно L ;

$C_t^{(l)}$ - стоимость продукции l -го вида в t -м году;

$D_t^{(l)}$ - прогноз спроса на продукцию l -го вида в t -м году,

$$l = \overline{1, L}, \quad t = \overline{T_{pr} + 1, T};$$

$$D_t^{(l)} = \begin{cases} A_t^{(l)}, & \text{если } A_t^{(l)} \leq B_t^{(l)}; \\ B_t^{(l)}, & \text{если } A_t^{(l)} > B_t^{(l)}; \end{cases}$$

$$A_t^{(l)} = \varphi_A(G, x_{hj}), \quad t = \overline{T_{pr} + 1, T};$$

$$x_{hj} \in \{0, 1\}, \quad h = \overline{1, H}, \quad j = \overline{1, M_h};$$

x_{hj} - булева переменная, равная единице, если осуществляется j -й вариант выполнения операций на h -м этапе, и равная нулю в противном случае;

G - сетевая модель операций проекта, включающая альтернативные варианты их выполнения, $G = \{A, Z, \tau, W\}$

A - множество узлов сети,

$$A = \{a_{hij}\}, \quad i = \overline{1, n_j}, \quad h = \overline{1, H}, \quad j = \overline{1, M_h},$$

где a_{hij} - i -я операция, осуществляемая на h -м этапе в j -м варианте (альтернативе) сетевой модели;

n_j - количество операций в j -м варианте сетевой модели;

Z - множество направленных дуг,

$$Z = \{z_{hij, pmf}\}, \quad i = \overline{1, n_j}, \quad m = \overline{1, n_f}, \quad h, p = \overline{1, H}, \quad j = \overline{1, M_h}, \quad f = \overline{1, M_p},$$

где $z_{hij, pmf}$ - дуга, которая выходит из узла i на этапе h альтернативного варианта j и входит в узел m на этапе p альтернативного варианта f ; $i \neq m$ при $p = h$; $p \geq h$;

τ - множество сроков выполнения операций в узлах,

$$\tau = \{\tau_{hij}\}, \quad i = \overline{1, n_j}, \quad h = \overline{1, H}, \quad j = \overline{1, M_h},$$

где τ_{hij} - срок выполнения i -й операции на h -м этапе для j -го варианта выполнения операций;

W - множество стоимостей выполнения операций сети,

$$W = \{w_{hij}\}, \quad i = \overline{1, n_j}, \quad h = \overline{1, H}, \quad j = \overline{1, M_h},$$

где w_{hij} - стоимость выполнения i -й операции на h -м этапе для j -го варианта выполнения операций;

$B_t^{(l)}$ - прогнозируемый спрос на продукцию l -го вида в t -ом году;

$A_t^{(l)}$ - производственная мощность по l -му виду продукции в t -ом году;

α_t - коэффициент дисконтирования;

M_h - количество вариантов выполнения операций на этапе h , $t = \overline{1, T}$;

h - номер этапа выполнения операций;

H - количество этапов в проекте;

W_{hjt} - единовременные затраты на h -м этапе в j -м варианте работ в t -м году с начала реализации проекта;

E_{hjt} - остаточная стоимость выбывающих в t -м году основных фондов при осуществлении на h -м этапе j -го варианта выполнения работ по проекту;

U_t - текущие затраты, связанные с производством продукции;

$$U_t = \varphi_u(G, x_{hj}), \quad t = \overline{T_{pr} + 1, T};$$

w_{hj} - стоимость выполнения операций j -го варианта сетевой модели на h -м этапе (может складываться из стоимостей нескольких операций);

$$b_r - \text{вес } r\text{-го показателя качества, } 0 \leq b_r \leq 1, \quad \sum_{r=1}^R b_r = 1;$$

Ψ_{hjr}^{norm} – нормированное значение g -го показателя качества продукта, который получается после осуществления j -го варианта выполнения работ на h -м этапе проекта, $g = \overline{1, R}$,

$$\Psi_{hjr}^{norm} = \frac{\Psi_{hjr} - \Psi_{min}}{\Psi_{max} - \Psi_{min}}.$$

Ψ_{hjr} – значение показателя качества g для j -го альтернативного варианта выполнения работ по проекту или их комплексов на этапе h ;

R_h – количество показателей качества продукта в результате выполнения этапа h ;

P_{hji} – вероятность наступления i -го рисковог о события при осуществлении j -го варианта сетевой модели на h -м этапе проекта, $i = \overline{1, I}$;

V_{hji} – негативные последствия от наступления i -го рисковог о события при осуществлении j -го варианта сетевой модели на h -ом этапе проекта, $i = \overline{1, I}$;

S_h – остаток денежных средств после выполнения работ на h -м этапе;

K_h – объем денежных средств, выделяемых на h -м этапе;

Значение целевой функции (1) отражает прибыль предприятия до налогообложения за все годы жизненного цикла.

Значение целевой функции (2) $T_{pr} = \varphi(G, x_{ij})$ представляет собой время выполнения проекта, которое рассчитывается с помощью метода критического пути или иного метода в сетевой модели $G = \{A, Z, \tau, W\}$.

Значение целевой функции (3) равно единовременным затратам на осуществление проекта.

Значение целевой функции (4) представляет собой значение обобщенного показателя качества продукта проекта.

Значение целевой функции (5) является оценкой рисков, связанных с реализацией проекта.

Ограничение (6) предполагает, что при осуществлении проекта не должно быть финансовых задолженностей после завершения каждого этапа.

Ограничение (7) означает, что время выполнения проекта должно быть не больше значения T^{def} , которое заранее указано заказчиком.

Выражение (8) определяет ограничение, согласно которому качество продукта в результате выполнения h -го этапа должно удовлетворять заданному граничному значению g -го показателя качества Q_{hr}^{def} . Для каждого h -го этапа выполнения работ по проекту или их комплексов, $h = \overline{1, H}$, задаются требования по значению g -го показателя качества продукта этапа, где $g = \overline{1, R_h}$.

Выражение (9) характеризует ограничение, согласно которому на каждом этапе h можно осуществить не более одного варианта выполнения работ.

В модели (1)-(10) могут быть и иные ограничения, например на расходование некоторых ресурсов, в том числе кадров, оборудования, сырья, материалов, комплекующих, на последовательность осуществления вариантов выполнения работ.

Предложенная модель является пятикритериальной, динамической, с булевыми переменными, с алгоритмическими и аналитическими целевыми функциями, с алгоритмическими и аналитическими ограничениями.

Для решения задачи (1)-(10) предложен метод многокритериальной оптимизации содержания проекта по прибыли, которая будет получена в результате эксплуатации продукта проекта, по срокам, стоимости, качеству продукта проекта и рискам, связанным с его выполнением, при наличии ограничений и заданных альтернативных вариантах выполнения работ или их комплексов, представленных в виде сетевых моделей.

Метод основан на применении обобщенного критерия в сочетании с методом неявного перебора. Метод предназначен для решения задач оптимизации содержания проекта для условий, когда любая работа последующего этапа в проекте не может быть начата до завершения работ предыдущего этапа, и для условий, когда работа последующего этапа в проекте может быть начата до полного завершения работ предыдущего этапа.

При этом альтернативные варианты могут относиться как к одному этапу выполнения работ, так и к нескольким этапам.

Литература

1. Кононенко И.В. Математическая модель и метод минимизации сроков выполнения работ по проекту / И.В. Кононенко, Е.В. Емельянова, А.И. Грицай // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2007. – №2/6 (26). – С. 35–40.
2. Кононенко И.В. Математическая модель и метод минимизации затрат по проекту при ограничениях на сроки выполнения работ / И.В. Кононенко, Е.В. Емельянова // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»: сб. науч. тр. Темат. вып. : Системный анализ, управление и информационные технологии. – № 4. – Х., 2009. – С. 46–53.
3. Кононенко И.В. Математическая модель и метод оптимизации содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его выполнения / И.В. Кононенко, В.А. Мироненко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №1/2 (43). – С. 12–17.
4. Кононенко И. В. Двухкритериальная оптимизация содержания проекта при ограничениях на качество продукта / И. В. Кононенко, И. В. Протасов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №5/4 (47). – С. 57–60.
5. Цвиркун А.Д. Акинфиев В.К. Филиппов В.А. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем / А.Д. Цвиркун. – М.: Наука, 1985, 174с.