

Разработка модели и метода многокритериальной оптимизации содержания проекта

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Предложены математическая модель и метод решения динамической задачи многокритериальной оптимизации содержания проекта при наличии ограничений и заданных альтернативных вариантов выполнения работ, представленных в виде сетевых моделей. Содержание проекта оптимизируется по критериям прибыли, времени, стоимости, качеству и рискам.

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

При управлении проектами традиционно рассматривают так называемый треугольник управления проектами, сторонами которого являются содержание проекта, время и стоимость. Все указанные факторы тесно взаимосвязаны. Изменения одного из них, как правило, приводят к изменениям других. Учитывают также риски, связанные с данными факторами и качество продукта проекта [1]. На наш взгляд, правильнее рассматривать пирамиду управления проектами, показанную на рис. 1, основанием которой является содержание проекта, а ребрами – экономический, социально-политический, экологический, технологический эффекты от проекта, качество продукта, время, стоимость и риски проекта. Содержание проекта следует определять, принимая во внимание все указанные факторы.



Рис. 1. Пирамида управления проектами

В работе [2] предложена модель оптимизации содержания проекта с точки зрения времени его выполнения. В работе [3] рассмотрена модель оптимизации

содержания проекта по критерию затраты на его осуществление при наличии ограничений на сроки. Для решения задач в работах [2, 3] предложены методы, основанные на неявном переборе. В работе [4] впервые рассмотрена многокритериальная модель задачи оптимизации содержания проекта по критериям времени и стоимости при наличии альтернативных вариантов выполнения работ или их комплексов, заданных в виде сетевых моделей. Для решения задачи разработан метод, основанный на сочетании минимакса и неявного перебора. В работе [5] 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 двухкритериальной задачи предложено использовать обобщенный критерий и неявный перебор. Во всех указанных работах получил развитие оптимизационно-имитационный подход, предложенный в работе [6].

В работе [7] была разработана математическая модель задачи, которая содержит пять целевых функций, подлежащих оптимизации. Одна из функций отображает 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 заданы альтернативные варианты выполнения работ или их комплексов, представленные в виде сетевых моделей. Кроме того, предполагается, что после завершения отдельных этапов проекта не должно быть финансовых задолженностей. В качестве ограничений модели также определено максимальное время выполнения проекта и заданы ограничения на качество продукта. При этом предполагается, что на каждом этапе проекта может осуществляться не более одного из альтернативных вариантов выполнения работ.

Математическая модель задачи имеет вид:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L C_t^{(l)} D_t^{(l)} - \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj} + \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} E_{hj} x_{hj} - \sum_{t=1}^T U_t = P' \rightarrow \max_{x_{hj}}; \quad (1)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

где T – длительность фазы эксплуатации или потребления продуктов проекта;

T_{pr} – время выполнения всех операций (работ) проекта на инвестиционной фазе (фазе осуществления проекта);

l – вид продукции, общее количество которых равно L ;

$C_t^{(l)}$ – стоимость продукции l -го вида в t -м году, $t = \overline{1, T}$;

$D_t^{(l)}$ – объём продаж продукции l -го вида в t -м году, $l = \overline{1, L}, t = \overline{1, T}$;

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

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

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

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

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

M_h – количество вариантов выполнения операций на этапе h , $h = \overline{1, H}$;

h – номер этапа выполнения операций;

H – количество этапов в проекте;

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 в себя альтернативные варианты их выполнения, $G = \{A, Z, \tau, W\}$;

A – множество узлов сети,

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

где a_{hi^j} – 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,

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

где z_{hi^j, pm^f} – 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,

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

где $\tau_{hi j}$ – срок выполнения i -й операции на h -м этапе для j -го варианта выполнения операций;

W – множество стоимостей выполнения операций сети,

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

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

E_{hj} – остаточная стоимость выбывающих основных фондов при осуществлении на h -м этапе j -го варианта выполнения работ по проекту;

U_t – текущие затраты, связанные с производством продукции;

$$U_t = \varphi_n(G, x_{hj}), t = \overline{1, T};$$

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

b_r – вес r -го показателя качества, $0 \leq b_r \leq 1, \sum_{r=1}^{R_h} b_r = 1$;

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

$$\Psi_{hjr}^{norm} = \frac{\Psi_{max,r} - \Psi_{hjr}}{\Psi_{max,r} - \Psi_{min,r}}, \forall r \in I_{h1};$$

$$\Psi_{hjr}^{norm} = \frac{\Psi_{hjr} - \Psi_{min,r}}{\Psi_{max,r} - \Psi_{min,r}}, \forall r \in I_{h2};$$

Ψ_{hjr} – значение показателя качества r для j -го альтернативного варианта выполнения работ по проекту или их комплексов на этапе h . Показатель качества может быть выражен в натуральных величинах или в виде оценок экспертов в баллах;

$\Psi_{min,r}$ – минимально возможное значение r -го показателя качества;

$\Psi_{max,r}$ – максимально возможное значение r -го показателя качества;

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

I_{h1} – множество номеров максимизир-х показателей качества на этапе h ;

I_{h2} – множество номеров минимизир-х показателей качества на этапе 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 -м 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 продуктов, включающего в себя

фазы планирования, осуществления проекта и фазу эксплуатации или потребления продуктов проекта. Фазы жизненного цикла продуктов проекта показаны на рис. 2.

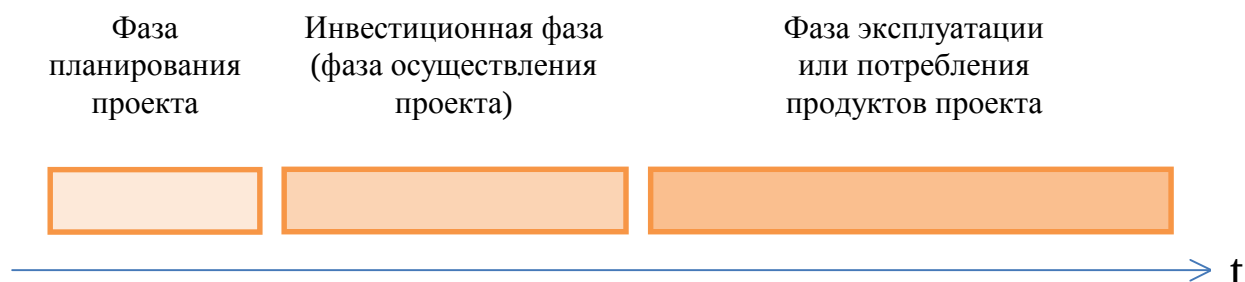


Рис. 2. Фазы жизненного цикла продуктов проекта

Значение целевой функции (2) $T_{pr} = \varphi(G, x_{hj})$, отражает время выполнения инвестиционной фазы 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 инвестиционной фазы 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 r -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 r -го показателя качества продукта этапа, где $r = \overline{1, R_h}$.

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, комплектующих, 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, срокам, стоимости, качеству 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. Он предназначен для решения задач в условиях, когда любая работа последующего этапа в проекте не может быть начата, пока не будут закончены все работы предыдущего этапа. При этом альтернативные варианты могут относиться как к одному этапу выполнения работ, так и к нескольким этапам.

В методе оптимизации содержания проекта по многим критериям используется значение прибыли предприятия до налогообложения за все годы жизненного цикла продуктов проекта F_1 , которое получается в результате оптимизации содержания проекта только по критерию прибыль, т.е. результат решения задачи (1),(6),(9),(10). Используют также аналогичные значения времени F_2 , стоимости F_3 , качества F_4 и рисков F_5 , полученные в результате решения однокритериальных задач оптимизации содержания проекта по критериям: времени, стоимости, качества, рисков, соответственно. В качестве примера рассмотрим решение задачи оптимизации содержания проекта по критерию прибыли.

Математическая модель задачи оптимизации содержания проекта по критерию прибыли – это модель вида

$$\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L C_t^{(l)} D_t^{(l)} - \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj} + \sum_{h=1}^H \sum_{j=1}^{M_h} E_{hj} x_{hj} - \sum_{t=1}^T U_t = P' \rightarrow \max_{x_{hj}}; \quad (11)$$

$$S_h = S_{h-1} + K_h - \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj}; \quad S_h > 0; \quad h = \overline{1, H}; \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^{M_h} x_{hj} = 1, \quad h = \overline{1, H}; \quad (13)$$

$$x_{hj} \in \{0, 1\}, \quad j = \overline{1, M_h}, \quad h = \overline{1, H}; \quad (14)$$

Для решения данной задачи предложен метод оптимизации, который относится к методам неявного перебора. Для сокращения объема вычислений в главном цикле этого метода и, соответственно, сокращения времени решения целесообразно провести предварительную подготовку информации. Подготовка информации для метода оптимизации содержания проекта с точки зрения прибыли заключается в вычислении нижней границы для затрат, связанных с осуществлением работ на каждом h – м этапе, $h = \overline{1, H}$. Для этого вначале определим затраты, связанные с реализацией на h – м этапе каждого j – го варианта выполнения работ

$$3_{hj} = w_{hj} - E_{hj} + \sum_{t=1}^T U_{hjt}, \quad h = \overline{1, H}, \quad \forall j = \overline{1, M_h},$$

где U_{hjt} – текущие затраты в t – м году, связанные с осуществлением на h – м этапе j – го варианта выполнения работ.

Затем на каждом h – м этапе находим вариант, связанный с минимальными затратами, и определяем эти затраты:

$$3_{h \min} = \min \{3_{hj}\}_{j=1}^{M_h}.$$

Величины Z_{hmin} будут использованы в методе оптимизации содержания проекта по критерию прибыли.

В процессе оптимизации содержания проекта по критерию прибыли рассматриваем варианты выполнения работ на каждом h – м этапе. При увеличении h уменьшается свобода выбора для последующих решений. Поэтому при оценивании верхней границы для производственной мощности, которую будем иметь в связи с осуществлением на h – м этапе j – го варианта работ, будем исходить из верхней границы, которая может быть оценена на самом раннем из возможных этапов. Например, в проекте строительства цеха предприятия первая оценка будущей производственной мощности цеха может быть сделана после того, как определили площадь и этажность зданий. Далее по мере продвижения по этапам эта оценка будет уточняться, но не возрастать. Указанная логика должна быть учтена при определении $A_t^{(i)}$ как функции от (G, x_{hj}) .

Метод оптимизации содержания проекта по критерию прибыли состоит из ряда шагов.

1. $\theta_H := 0, \theta_H$ - множество вариантов j , выбранных на всех H этапах проекта; $h \geq 1$; $f \geq 0$; $f^* \rightarrow +\infty$.
2. Начинаем рассмотрение с 1-го варианта, т.е. $j_h := 1$.
3. Проверяем, выполняется ли ограничение (12):

$$S_h = S_{h-1} + K_h - \sum_{j=1}^{M_h} w_{hj} x_{hj}; \quad S_h \geq 0.$$

Если ограничение не выполняется, переходим к шагу 8.

4. Определяем прибыль, которая может быть получена в результате выполнения операций на всех этапах от 1-го до h -го включительно

$$P'_h = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^L C_t^{(i)} D_t^{(i)} - \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_k} w_{kj} x_{kj} + \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_k} E_{kj} x_{kj} - \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_k} \sum_{t=1}^T U_{kjt} x_{kj},$$

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

$$A_t^{(i)} = \varphi_A(G, x_{kj}), \quad t = \overline{1, T};$$

$$x_{kj} \in \{0, 1\}, \quad k = \overline{1, h}, \quad j = \overline{1, M_h},$$

где U_{kjt} – текущие затраты в t – м году, связанные с осуществлением на h -м этапе j – го варианта выполнения работ. Осуществляем присвоение $f := -P'_h$.

5. Оцениваем нижнюю границу для затрат, которые могут быть понесены в результате выполнения всех оставшихся этапов, т.е. начиная от $(h+1)$ -го до H – го включительно:

$$Z'_h = Z_{h+1, min} + Z_{h+2, min} + \dots + Z_{H, min}.$$

Значения $Z_{h+1, min}, Z_{h+2, min}, \dots, Z_{H, min}$ были определены на этапе подготовки информации.

Величина $\pi = P'_h - Z'_h$ является оценкой верхней границы для прибыли, которая может быть получена на этапах от 1-го до H -го включительно. Если $-\pi \geq f^*$, то использование j -го варианта не приведет к решению, лучшему, чем рекордное, переходим к шагу 8.

6. Если $h < H$, рассматриваем следующий этап проекта, $h := h + 1$ и возвращаемся к шагу 2.

7. Задаем новое значение рекорда $f^* := f$ и запоминаем множество

$$\theta_h := \{j_h\}_{h=1}^H.$$

8. Если $j_h < M_h$, анализируем следующий вариант, т.е. $j_h := j_h + 1$, и возвращаемся к шагу 3.

9. Если $h > 1$, возвращаемся на предыдущий этап, т.е. $h := h - 1$. Извлекаем из памяти значение j_h и возвращаемся к шагу 8. Если $h = 1$ и $\theta_h = \emptyset$, задача не имеет решения, иначе получено оптимальное решение. Значение целевой функции $P = f^*$, $F_1 := P$.

Ниже представлен метод многокритериальной оптимизации содержания проекта.

1. Полагаем

$$\theta_H := 0;$$

$$h := 1;$$

$$f^* := +\infty.$$

2. Принимаем $j_h := 1$.

3. Проверяем выполнение ограничения (6):

$$S_h = S_{h-1} + K_h - w_{hj};$$

$$S_h \geq 0.$$

Вводим фиктивную вершину «финиш», которая обозначает окончание всех операций на этапе h .

Определяем общее время t_h выполнения операций от 1-го до h -го этапа путем расчета продолжительности критического пути.

Присваиваем значение t^0_h . Определяем

$$T_{prh}^i = t_{min_{h+1}} + \dots + t_{min_H}.$$

Значения $t_{min_{h+1}}, t_{min_{h+2}}, \dots, t_{min_H}$ должны быть определены на этапе подготовки информации при решении задачи оптимизации содержания проекта по времени.

Обозначаем $T_{pr} = t^0 + T_{prh}^i$ и проверяем выполнение ограничения (7)

$$T_{pr} \leq T^{def}.$$

Проверяем выполнение ограничения (8):

$$\Psi_{hjr} x_{hj} \leq Q_{hr}^{def}, \quad r = \overline{1, R_h}.$$

Проверяем и иные ограничения, если они присутствуют в модели. Если хотя бы одно ограничение не выполняется, переходим к шагу 12.

4. От реализации работ в соответствии с принятыми вариантами на этапах от 1-го до h -го будет получена следующая прибыль (без учета налогов):

$$P_h^i = \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L C_t^{(l)} D_t^{(l)} - \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_k} w_{kj} x_{kj} + \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_k} E_{kj} x_{kj} - \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_k} \sum_{t=1}^T U_{kjt} x_{kj}.$$

Оцениваем нижнюю границу для затрат, которые могут быть понесены в результате выполнения всех оставшихся этапов, т.е. начиная от $(h+1)$ -го до H -го включительно.

$$Z_h^i = Z_{h+1,min} + Z_{h+2,min} + \dots + Z_{H,min}.$$

Значения $Z_{h+1,min}, Z_{h+2,min}, \dots, Z_{H,min}$ были определены на этапе подготовки информации.

Величина $\pi = P'_h - Z'_h$ является оценкой верхней границы для прибыли, которая может быть получена на этапах от 1-го до H -го включительно.

Нормируем f^1 так:

$$f_{norm}^1 = \frac{F_1}{\pi}.$$

5. Присваиваем $f^2 := T_{pr}$. Нормируем f^2 так:

$$f_{norm}^2 = \frac{f^2}{F_2}.$$

6. Определяем w'_h – стоимость выполнения работ на всех этапах проекта от 1-го до h -го включительно:

$$w'_h = \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_h} w_{kj} x_{kj}.$$

Присваиваем $f^w := w'_h$.

Рассчитываем $W'_{prh} = w_{min_{h+1}} + \dots + w_{min_H}$, где W'_{prh} – нижняя граница для стоимости выполнения работ всех последующих этапов после h .

Значения $w_{min_{h+1}}, w_{min_{h+2}}, \dots, w_{min_H}$ должны быть определены на этапе подготовки информации при решении задачи оптимизации содержания проекта по стоимости.

Обозначим $f^3 = f^w + W'_{prh}$.

Нормируем f^3 так: $f_{norm}^3 = \frac{f^3}{F_3}$.

7. Найдем качество продукта q'_h , которое определяется работами, выполненными на этапах от 1-го до h -го включительно.

$$q'_h = \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{r=1}^{R_h} b_r \cdot \Psi_{kjr}^{norm} \cdot x_{kj}.$$

Присваиваем $f^q := q'_h$.

Определяем $Q'_{prh} = Q_{h+1,min} + Q_{h+2,min} + \dots + Q_{H,min}$.

Значения $Q_{h+1,min}, Q_{h+2,min}, \dots, Q_{H,min}$ должны быть определены на этапе подготовки информации при решении задачи оптимизации содержания проекта по качеству.

Обозначим $f^4 = f^q + Q'_{prh}$.

Нормируем f^4 так:

$$f_{norm}^4 = \frac{f^4}{F_4}.$$

8. Оценим риски проекта, которые появляются после выполнения работ на этапах от 1-го до h -го включительно:

$$r'_h = \sum_{k=1}^h \sum_{j=1}^{M_h} \sum_{i=1}^I P_{kji} \cdot V_{kji} \cdot x_{kj}.$$

Присваиваем $f^r := r'_h$.

Определяем $R'_h = R_{h+1,min}^{neg} + \dots + R_{H,min}^{neg}$.

Значения $R_{h+1,min}^{neg}, R_{h+2,min}^{neg}, \dots, R_{H,min}^{neg}$ должны быть определены на этапе подготовки информации при решении задачи оптимизации содержания проекта по рискам.

Обозначим $f^5 = f^r + R'_h$.

Нормируем f^5 так:

$$f_{norm}^5 = \frac{f^5}{F_5}.$$

9. Определим $f = \lambda_1 f_{norm}^1 + \lambda_2 f_{norm}^2 + \dots + \lambda_5 f_{norm}^5$,

где $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5$ – весовые коэффициенты, которые задаются лицом, принимающим решение, для каждой целевой функции, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5 \geq 0$; $\sum_{i=1}^5 \lambda_i = 1$. Если $f \geq f^*$, переходим к шагу 12.

10. При $h < H$ анализируем следующий этап проекта, т.е. $h := h + 1$, и возвращаемся к шагу 2.

11. Величине f^* присваиваем новое значения $f^* := f$ и фиксируем множество $\theta_h := \left\{ j_h \right\}_{h=1}^H$.

12. При $j_h < M_h$ рассматриваем следующий вариант, т.е. $j_h := j_h + 1$, и переходим к шагу 3.

13. При $h > 1$ переходим на предыдущий этап, т.е. $h := h - 1$. Извлекаем из памяти j_h и переходим к шагу 12. При $h = 1$ и $\theta_h = \emptyset$ задача не имеет решения, в противном случае оптимальное решение получено. При этом значения величин f^p , f^t , f^w , f^q и f^r для θ_h определяют прибыль от осуществления проекта, время выполнения проекта, его стоимость, качество продукта проекта и риски, связанные с ним, соответственно.

В результате проведенной работы предложены математическая модель и метод многокритериальной оптимизации содержания проекта по прибыли, срокам, стоимости, качеству и рискам, при наличии ограничений и заданных альтернативных вариантах выполнения работ или их комплексов, представленных в виде сетевых моделей. Предложенная модель является многокритериальной, динамической, с булевыми переменными, с алгоритмическими и аналитическими целевыми функциями, с алгоритмическими и аналитическими ограничениями.

Метод основан на применении обобщённого критерия в сочетании с методом неявного перебора, и 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.

Список литературы

1. A Guide to Project Management Body of Knowledge. 4th edition. Project Management Institute, - 2008. - 495 p.
2. Кононенко, И. В. Математическая модель и метод минимизации сроков выполнения работ по проекту [Текст] / И.В. Кононенко, Е.В. Емельянова, А.И. Грицай // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2007. – №2/6 (26). – С. 35-40.
3. Кононенко, И. В. Математическая модель и метод минимизации затрат по проекту при ограничениях на сроки выполнения работ [Текст] / И.В. Кононенко,

Е.В. Емельянова // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», – Х., 2009. – № 4. – С. 46-53.

4. Кононенко, И. В. Математическая модель и метод оптимизации содержания проекта с точки зрения времени и стоимости его выполнения[Текст] / И.В. Кононенко, В.А. Мироненко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №1/2 (43). – С. 12-17.

5. Кононенко, И. В. Двухкритериальная оптимизация содержания проекта при ограничениях на качество продукта[Текст] / И. В. Кононенко, И. В. Протасов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №5/4 (47). – С. 57-60.

6. Цвиркун, А. Д. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем[Текст] / А.Д. Цвиркун, В.К. Акинфиев, В.А. Филиппов. – М.: Наука, 1985. – 174с.

7. Кононенко, И. В. Оптимизация содержания проекта по критериям прибыль, время, стоимость, качество, риски[Текст] / И. В. Кононенко, М. Э. Колесник // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №1/10 (55). – С. 13-15.

Рецензент: доктор техн. наук, проф. М.А. Латкин, Национальный аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков

Поступила в редакцию 01.10.12

Розробка моделі та методу багатокритеріальної оптимізації змісту проекту

Запропоновано математичну модель і метод розв'язання динамічної задачі багатокритеріальної оптимізації змісту проекту за наявності обмежень і заданих альтернативних варіантів виконання робіт, наведених у вигляді сітьових моделей. Оптимізація змісту проекту здійснюється за критеріями прибутку, часу, вартості, якості й ризиків.

Ключові слова: проект, зміст, багатокритеріальна оптимізація, сітьова модель, динамічна задача.

Developing model and method of multi-criteria project scope optimization

A mathematical model and method for dynamic multiobjective scope project optimization with constraints and given alternative embodiments, the works presented in the form of network models. The scope project optimization is in criteria of income, time, cost, quality and project risks.

Keywords: design, content, multi-criteria optimization, network model, the dynamic problem.