

УДК 658.012

Е.С. БАХМАЧ<sup>1</sup>, А.П. БЕГУН<sup>2</sup><sup>1</sup>*Закрите акціонерне общество «Радий», Украина*<sup>2</sup>*Кировоградский государственный технический университет, Украина*

## УЧЕТ ДИНАМИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ СЛОЖНЫХ ВИДОВ ТЕХНИКИ

Разработана модель определения равномерного распределения финансовых ресурсов проектов. Предложено использование существующих методов сетевого планирования для решения задачи снижения объема дефицита исходя из характеристик проектных работ и финансовых потоков по проектам.

**проект, распределение ресурсов, профили финансирования, сетевой график**

### Введение

В настоящее время актуальным вопросом является управление финансовыми ресурсами множеством работ по различным проектам. Существующие методы и технологии управления не всегда эффективно работают, когда приходится управлять множеством различных проектов на одном предприятии. Поэтому существует необходимость в разработке таких методов, которые позволили бы учесть различные характеристики и финансовые потоки по проектным работам.

Целью данной работы является разработка модели определения равномерного распределения финансовых ресурсов с учетом динамики финансирования проектов и снижения уровня дефицита средств по проектам.

### 1. Анализ методов распределения проектных ресурсов

Существует множество методов распределения средств, имеющих свои достоинства и недостатки. Например, на основе методов исследования операций разработано большое количество моделей выбора проектов и распределения капиталовложений [1]. Однако отсутствуют эффективные модели распределения капиталовложений, которые учитывали бы динамику поступления и расходования денежных средств.

В модели равномерного распределения ресурсов [2] производятся большие математические расчеты, и представление информации о проектах возможно только лишь в табличном виде при перечислении всех проектных работ, в то время как руководителю необходимо иметь полный контроль за всеми работами и финансовыми потоками на предприятии во избежание дефицита средств.

Возможно уменьшение потребности в ресурсах с помощью процедуры сглаживания профиля потребности в ресурсах [3]. Профиль потребности в ресурсах, рассчитанный с помощью процедуры распределения ресурсов, может быть сравнен с профилем наличия ресурсов, и если первый охватывается вторым, то можно сделать вывод о физической реализуемости проекта. Следует иметь в виду, что может существовать несколько решений сглаживания профиля. Решение считается приемлемым, если оно содержит только один максимум, а возрастание и понижение профиля являются монотонными. Однако во всех вышеизложенных распределениях ресурсы не связаны с проектными работами, что распространено на задачу сглаживания в сетевом контексте.

Ограничения, накладываемые работами, являются существенными для любого проекта.

В данной работе предлагается использование существующих методов сетевого планирования для

решения задачи снижения объема дефицита исходя из характеристик проектных работ и финансовых потоков по проектам.

## 2. Способы перераспределения ресурсов и нахождение компромиссного решения относительно времени выполнения, стоимости и финансирования проекта

Резервное время играет важную роль при «выравнивании» потребления финансовых ресурсов. Выравнивание потребления финансовых средств позволяет сгладить профиль функции использования финансовых ресурсов при сохранении заданной продолжительности проекта либо минимизировать длительность проекта при выполнении ограничений на эти ресурсы. Такая задача может возникнуть, когда накладываются ограничения на трудовые ресурсы, бюджет, квалификацию персонала и т.п.

Наряду с существующими обозначениями в сетевых графиках предлагается ввести новые данные для отображения динамики финансирования и дефицита финансовых средств по конкретным проектным работам и проектам в целом. Для обозначения моментов событий будут использоваться следующие обозначения:  $i$  – номер предыдущего узла,  $E$  – ранний момент события,  $L$  – поздний момент события.

Пусть имеется заданная совокупность работ; каждая работа имеет фиксированную целочисленную длительность, требует фиксированного количества финансовых средств и подчинена условиям предшествования, которые определяют порядок работ в сетевом графике. Работа выполняется без прерываний. Требуется определить рациональное распределение финансовых ресурсов, которые выделяются на проект, с учетом требуемых финансовых средств по конкретным выполняемым проектным работам. Целью такого распределения является минимизация объема дефицита финансовых средств. Существенным фактором решения этой задачи является усло-

вие, что изменяться могут начальные моменты только не критических работ. Для использования этого алгоритма в данной работе предлагается ввести новые показатели, характеризующие динамику финансирования проектных работ. В свою очередь, финансовое изменение означает неравномерность требуемых финансовых средств по конкретной проектной работе в течение всего периода ее выполнения. Это может обуславливаться освобождением каких-либо ресурсов в ходе выполнения одной работы.

Для реализации данного алгоритма будут использоваться следующие обозначения:

$A(j)$  – не критическая операция ( $j=1, \dots, K$ );

$D(j)$  – длительность  $A(j)$ ;

$R(j)$  – периодически требуемые финансовые ресурсы для  $A(j)$ ;

$F(j)$  – периодически поступающие финансовые ресурсы для  $A(j)$ , где  $F(j) - R(j) \geq 0$ , т.е. поступления финансовых средств не должны приводить к дефициту финансирования;

$ES(j)$  – ранний момент начала  $A(j)$ ;

$EF(j)$  – ранний момент окончания  $A(j)$ ;

$LS(j)$  – поздний момент начала  $A(j)$ ;

$S(j)$  – планируемый момент начала  $A(j)$ ;

$X(j)$  – момент начала  $A(j)$  относительно времени  $ES(j)$  (где  $X(j) = 1$ , если  $A(j)$  начинается в период  $ES(j)$ , и  $X(j)=LS(j)-ES(j)+1$ , если  $A(j)$  начинается в период  $LS(j)$ );

$FL(j)=LS(j)-ES(j)$  – число периодов между  $LS(j)$  и  $ES(j)$ ;

$L(i)$  – фиксированное финансовое изменение в период  $i$  из-за критических работ;

$Y(i)$  – финансовое изменение в период  $i$ ;

$a(i,j)$  – финансовое изменение для работы  $A(j)$  в период  $i$ ;

$K$  – число не критических работ;

$H$  – множество всех ресурсных изменений в проекте;

$N$  – длительность проекта;

$$1 \leq j \leq K ;$$

$$1 \leq i \leq N+1 .$$

Задача формулируется следующим образом:  $X(j)$  принимает значения между 1 и  $FL(j)$ ; следовательно,

$$1 \leq X(j) \leq FL(j) , \quad (1)$$

где

$$FL(j) = LS(j) - ES(j) + I \quad (2)$$

и

$$X(j) = S(j) - ES(j) + I. \quad (3)$$

Пусть  $A(i)$  и  $A(j)$  – последовательные работы, причем  $A(i)$  предшествует  $A(j)$ . Отношения предшествования формализуются следующим образом:

$$S(i) + D(i) \leq S(j); \quad (4)$$

$$ES(i) + D(i) \leq ES(j). \quad (5)$$

Из уравнений (3) – (5) получаем

$$X(i) \leq X(j). \quad (6)$$

Для  $Y(i)$  можно написать равенство

$$Y(i) = \sum_{j=1}^K a(i, j) + L(i), \quad (7)$$

где

$$a[S(j), j] = R(j), \quad (8)$$

$$a[S(j) + D(j), j] = -R(j) \quad (9)$$

и

$$H \cap \{a[S(j), j], a[S(j) + D(j), j]\} = 0. \quad (10)$$

Поскольку требуется минимизировать дисперсию ресурсных изменений, целевой функцией является сумма квадратов ежедневных ресурсных изменений. Поэтому из уравнения (7) получаем следующее выражение:

$$\sum_{i=1}^{N+1} Y(i)^2 = \sum_{i=1}^{N+1} \left\{ \left[ \sum_{j=1}^K a(i, j) \right] + L(i) \right\}^2 \rightarrow \min. \quad (11)$$

Для минимизации дефицита финансирования требуется минимизировать (свести к нулю) результат разности:

$$F(j) - R(j) \rightarrow \min, \text{ если } F(j) - R(j) \leq 0. \quad (12)$$

Для этого можно вручную перераспределить избыточные финансовые средства по другим работам после полного перераспределения требуемых

средств по алгоритму.

В окончательном виде задача формулируется так: минимизировать требуемые финансовые средства по работам:

$$\sum_{i=1}^{N+1} \left\{ \left[ \sum_{j=1}^K a(i, j) \right] + L(i) \right\}^2 ;$$

минимизировать выявленный дефицит финансирования по работам:

$$F(j) - R(j) \rightarrow \min, \text{ если } F(j) - R(j) \leq 0,$$

при ограничениях (1) и (6) с учетом соотношений (2) – (5), (7) – (10) и (12).

Результаты расчетов отображаются на сетевом графике, после чего требуется построение финансовых профилей как для отдельного проекта, так и для комплекса реализуемых проектов. Пример построения профилей приведен в [3]. При неудовлетворительных финансовых профилях требуемых и поступающих ресурсов целесообразно заново перераспределить финансовые средства или подключить расчеты по привлечению дополнительных финансовых средств.

Так как проекты в основном состоят из большого количества работ, имеют, соответственно, большие сетевые графики, то целесообразно использовать для такого вида графиков эвристический алгоритм. Цель использования эвристического подхода для сглаживания ресурсов в больших сетевых графиках состоит в сокращении числа комбинаций, образующихся из-за множества допустимых моментов начала большого количества не критических работ графика. Последовательное изложение эвристического алгоритма приведено в [3].

Рассмотренный выше сетевой метод может быть применен к планированию нескольких проектов, руководство которыми осуществляется одной организацией (рис. 1). При перераспределении финансовых средств по указанному алгоритму, некоторый объем дефицита может не достичь нуля, поэтому далее предлагается перераспределить финансы не только в пределах одного проекта, но и с учетом

важности работ на другие проекты. Обозначим разность необходимых и поступающих финансовых ресурсов как  $Z = F(j) - R(j)$ . Таким образом, если  $Z > 0$ , то на данной работе – избыток финансовых средств; если  $Z < 0$ , то наблюдается дефицит финансирования, возможен риск невыполнения работ; если  $Z = 0$  – дефицита финансовых средств нет.

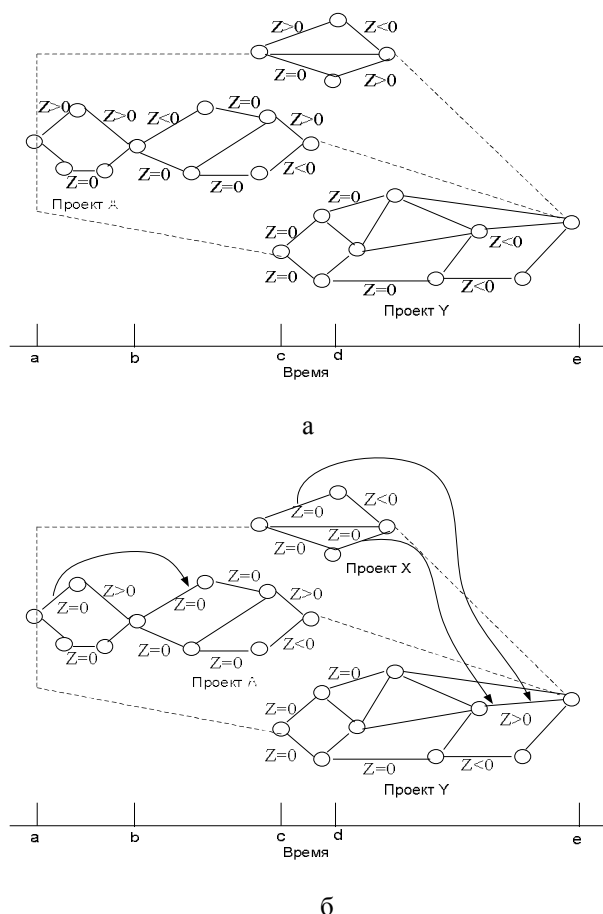


Рис. 1. Сетевой график для комплексной программы при перераспределении финансовых средств между проектами: а – пример исходных данных с учетом динамики финансирования; б – результат перераспределения финансовых средств

Порядок выполнения проектов носит весьма важный аспект. Могут существовать веские основания для того, чтобы руководитель считал необходимым сначала начать один проект, а не любой другой. Одной из таких причин могла бы быть опасность конкуренции. Приоритетность отдельных

проектов используется в качестве весового множителя при календарном планировании и распределении ресурсов между конкурирующими проектами в системах комплексных проектов, где начало реализации одного проекта зависит от окончания другого проекта [1].

## Заключение

Исходя из сложности алгоритма, количества выполняемых итераций и объема информационных данных по проектам, целесообразно использовать автоматизированные системы управления для поддержки принятия решений руководителями предприятий по выполнению проектов.

Последовательные изменения в сетевых графиках проектов позволяют руководителям на уровне проекта и на уровне отдела создавать интегрированные планы. Руководитель каждого проекта может представить на рассмотрение оптимальный сетевой график. Эти графики могут быть затем объединены в одну сеть комплексного проекта при различных приоритетах относительно ресурсов, динамики финансирования и т.д. В результате может быть выбран наилучший сетевой график комплексного проекта.

## Литература

1. Исследование операций: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Моудера. – М.: 1981. – Т. 2.
2. Проектирование комплексно-автоматизированных производств: Сб. науч. тр. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1990. – 192 с.
3. Ахьюджа Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве. – М.: Мир, 1979. – 638 с.

Поступила в редакцию 14.04.04

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков