

Метод планирования затрат на ресурсы проектов на основе прогнозирования изменения их стоимости

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Приведено обоснование возможности прогнозирования стоимости материальных ресурсов проекта на основе моделей анализа временных рядов. Предложен метод планирования затрат на ресурсы проекта с использованием линейного и параболического тренда стоимости ресурсов. Метод является основой для разработки информационной подсистемы анализа затрат на ресурсы проекта.

Ключевые слова: проект, управление ресурсами, прогнозирование, затраты на ресурсы, анализ временных рядов.

Введение

Одна из аксиом управления проектами гласит, что стоимость проекта формируется через стоимость используемых в нем ресурсов [1]. Поэтому реалистичный прогноз затрат на ресурсы с учетом изменения их стоимости дает возможность менеджеру проектов обоснованно планировать денежные потоки по проекту во времени. Это особенно актуально для среднесрочных и долгосрочных проектов, когда в процессе выполнения проекта внешнее окружение изменяется и стоимость обеспечивающих ресурсов может возрасти по сравнению с базовым значением, что приведет к превышению затрат на их приобретение и, как следствие, – к перерасходу денежных средств на выполнение всего проекта.

Поэтому актуальной задачей на этапе планирования проекта является анализ тенденций изменения цен обеспечивающих ресурсов, на основании чего можно оценить прогнозную стоимость ресурса в будущем и выбрать стратегию закупок – либо закупить ресурс в базовый момент времени и хранить его до момента использования, либо купить ресурс непосредственно в требуемый момент, но, возможно, дороже. Эти альтернативы требуют анализа с позиции минимизации затрат и обеспечения бесперебойного функционирования организации-исполнителя проекта.

Постановка задачи исследования

Среди различных классификационных основ ресурсов [2, 3] для решения задачи планирования затрат на проекты с учетом изменения их стоимости можно воспользоваться делением ресурсов:

- по типу: на финансовые, временные, материальные, трудовые, информационные;
- по способу хранения: на складываемые и нескладываемые;
- по способу использования: на дискретные и непрерывные.

Исходя из характеристик ресурсов выбирают методы их планирования и управления. Следует отметить, что с точки зрения проектного управления материальные, трудовые и информационные ресурсы могут трансформироваться в финансовые и временные, и наоборот [4]. В данной работе будут рассмотрены аспекты планирования материальных складываемых и нескладываемых ресурсов.

Для планирования материальных складываемых и непрерывно или дискретно потребляемых ресурсов широко применяются методы и модели управления запасами [2], которые позволяют ответить на вопросы о рациональном уровне запаса ресурса на складе, о моменте совершения закупок ресурсов, о размере оптимальной партии закупок. Входными данными для моделей управления запасами служат интенсивность потребления ресурса, стоимость закупки, стоимость хранения, время доставки партии и другие параметры, определяемые типом модели управления запасами [2]. Поэтому прогнозирование стоимости ресурса на момент совершения закупки в будущем периоде позволит более обоснованно планировать затраты на весь проект, так как общие затраты на i -й вид ресурса Res_i будут рассчитывать как

$$Z^{Res_i} = \sum_{j=1}^N (C_j^{Res_i} \times V_j^{Res_i}), \quad (1)$$

где $C_j^{Res_i}$ – цена ресурса i -го вида в j -й период; $i = 1 \dots R$, R – количество видов ресурсов; $j = 1 \dots N$, N – количество периодов, где осуществляются закупки данного вида ресурса;

$V_j^{Res_i}$ – объем ресурса i -го вида, закупаемый в j -м периоде.

В случае подсчета затрат на ресурс без учета изменения его стоимости формула (1) имеет вид

$$Z^{Res_i} = \sum_{j=1}^N (C_{baz}^{Res_i} \times V_j^{Res_i}), \quad (2)$$

где $C_{baz}^{Res_i}$ – базовая стоимость ресурса i -го вида, принятая в расчетах на момент планирования проекта.

Обезопасить себя от риска повышения цены ресурса можно путем покупки всего объема ресурса на базовый момент и хранения его до момента использования. Тогда следует учесть затраты на хранение ресурса Zx^{Res_i} и проверить выполнение неравенства

$$C_{baz}^{Res_i} \times V^{Res_i} + Zx^{Res_i} < \sum_{j=1}^N (C_j^{Res_i} \times V_j^{Res_i}), \quad (3)$$

где V^{Res_i} – суммарный объем ресурса i -го вида.

Если неравенство (3) выполняется, то исполнителю проекта имеет смысл создать резервы ресурса, хотя при этом дополнительно следует учесть риск потерь ресурса за время хранения.

Для нескладываемых ресурсов использование их прогнозной стоимости позволит учесть в денежных потоках проектов новое значение затрат с определенного момента времени, тем самым снизив риск превышения затрат и уменьшив рассогласование по плановым и фактическим финансовым потокам. В этом случае для расчета затрат используют формулу (1). Кроме того, хотя ресурс и нескладываемый, менеджер может сравнить альтернативные затраты на предоплату определенного объема ресурса на будущий период по базовой цене и затраты в случае работы без предоплаты, но с учетом новой стоимости в будущем:

$$C_{baz}^{Res_i} \times V^{Res_i} < \sum_{j=1}^N (C_j^{Res_i} \times V_j^{Res_i}). \quad (4)$$

Если выполняется условие (4), то предоплата по фиксированной цене будет рациональным решением, если предприятие располагает достаточным объемом оборотных средств и может позволить «заморозить» их в запасах.

Для выбора метода прогнозирования стоимости ресурсов укрупненно все методы прогнозирования можно разбить на две группы: фактографические и экспертные [5]. В основе методов первой группы лежит использование фактической информации об объекте прогнозирования, второй группы – экспертные оценки, причем методы не взаимоисключают друг друга, а применяются в зависимости от типа имеющихся исходных данных.

Преимущество экспертных методов заключается в их простоте, но недостатком является субъективизм и укрупненность оценок. При формировании количественного плана проекта и денежных потоков по нему преимущественно используют более точные методы оценки затрат. Поэтому в разрабатываемом методе оценки затрат на ресурсы проекта предлагается использовать методы прогнозирования их цен на основе анализа временного ряда (тренда). Выбор методов прогнозирования тренда обусловлен несколькими причинами [6]. Во-первых, в уравнении тренда коэффициент при номере периода является комплексным коэффициентом регрессии при всех факторах, влияющих на исследуемый показатель. Следовательно, модель будет построена с учетом влияния всех факторов, объективно действующих на прогнозируемый показатель, что не достигается при использовании уравнений регрессии, когда исследователем субъективно выделяются только основные факторы влияния. Во-вторых, уравнение тренда строится на основе анализа динамики процесса и прогнозирует развитие этой динамики, т.е. логически основа прогноза соответствует задаче прогнозирования. При использовании же регрессионных моделей объясняется зависимость прогнозируемого показателя от изменения обуславливающих его факторов, т.е. оценивается степень влияния факторов, а не динамика изменения прогнозируемого показателя во времени.

Недостатком использования тренда является необходимость наличия фактических данных о наблюдаемом показателе – в данном случае цены ресурса – за период времени в три раза дольше периода прогнозирования. Также прогноз нельзя считать достоверным, если условия внешнего окружения скачкообразно изменяются.

Однако при наличии статистической информации об изменениях цен ресурсов за прошлые периоды применение методов прогнозирования на основе анализа временных рядов может повысить достоверность планируемых затрат на проект.

При этом следует учесть, что модели прогнозирования имеют погрешность, которая определяет диапазон возможного отклонения прогнозируемого показателя (рис. 1).

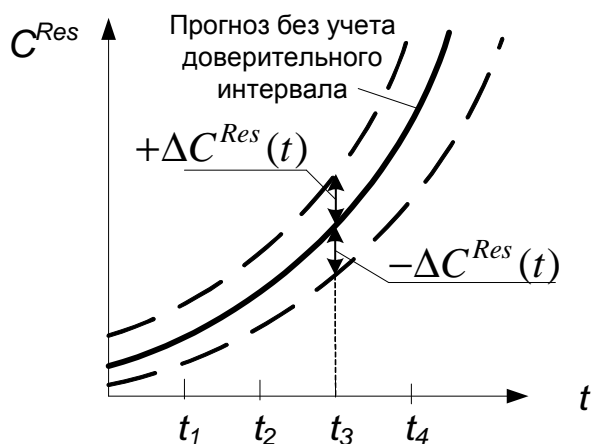


Рис. 1. Схема тренда с доверительным интервалом

Поэтому в случае прогнозирования стоимости ресурса в будущем менеджер должен оценить среднее значение затрат на ресурсы $Z^{Res_i} = f(C^{Res(t)})$, минимальное значение $Z_{min}^{Res_i} = f(C^{Res(t)} - \Delta C^{Res(t)})$ и максимальное значение $Z_{max}^{Res_i} = f(C^{Res(t)} + \Delta C^{Res(t)})$.

Следует отметить, что большинство программных продуктов в области управления проектами – такие, как Project Expert, Sider Project и др. – представляют собой так называемые «инвестиционные калькуляторы», рассчитывающие издержки и прибыль проекта, реализующегося по детерминированному плану работ, и не содержат модулей анализа имеющихся данных о проекте, в частности – об изменении цен на ресурсы. Пользователь имеет возможность провести актуализацию составленного плана проекта путем ввода новых данных о стоимости ресурса с определенного момента времени, однако какие именно актуализированные значения вводить, менеджер должен рассчитать сам.

С другой стороны, для проведения статистического анализа данных существуют пакеты прикладных программ (Statistica, SPSS, Systat), имеющие большую функциональность, но требующие высокого уровня знаний в области теории статистики и навыки работы с данными пакетами. Следовательно, было бы целесообразно разработать подсистему, которая была бы простой в использовании для менеджера проектов и позволяла прогнозировать затраты на проект с учетом изменения стоимости ресурсов во времени.

Разработка метода планирования затрат на ресурсы

Планированию ресурсов предшествует разработка плана работ проекта, на основании которого за каждой работой закрепляют ресурсы (рис. 2). На основе календарного плана работ составляют графики потребления ресурсов. Зная потребность в складываемом ресурсе, менеджер проекта может определить функцию интенсивности затрат, показывающую скорость потребления ресурса, либо функцию затрат, показывающую накопленный объем требуемого ресурса. На основании этих данных составляется план закупок ресурса, тесно связанный с вопросами поставки и хранения запасов. Задачи определения времени и объемов поставок, уровня запасов относят к классу оптимизационных задач, решение которых широко представлено в рамках теории управления запасами [2]. Именно план закупок содержит входные данные для оценки затрат на ресурсы с учетом изменения их стоимости – объем ресурсов $V_j^{Res_i}$ и время их закупки $t_j^{Res_i}$.

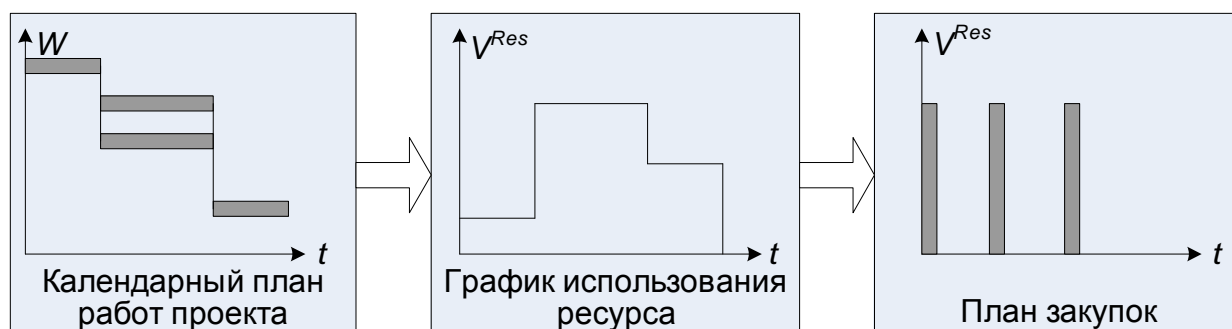


Рис. 2. Порядок составления плана закупок

Кроме того, для прогнозирования цены ресурса в будущем периоде необходимо иметь массив ретроспективных данных о цене анализируемого вида ресурса $\{c_{t_i}^{res}\}$, где t_i – номер периода времени наблюдения цены ресурса.

В анализе временных рядов используют множество типов трендов – линейный, параболический, гиперболический, экспоненциальный, логарифмический, логистический и др. В данной статье рассмотрим применение метода планирования затрат на ресурсы на примере линейного и параболического трендов.

Самым простым типом линии тренда считается прямая линия, описываемая линейным уравнением [6]

$$\bar{y}_i = a + bt_i, \quad (5)$$

где \bar{y}_i – выровненные, т.е. лишенные колебаний, уровни тренда для периодов с номером i ;

a – свободный член уравнения, численно равный среднему выровненному уровню для периода времени $t_i = 0$, принятого за начало отсчета;

b – средняя величина изменения уровней ряда за единицу изменения времени;

t_i – номера периодов времени, к которым относятся уровни временного ряда (год, квартал, месяц, дата), $i = 1 \dots n$.

Величину параметров a и b определяют по методу наименьших квадратов. При этом для упрощения начало отсчета времени переносят в середину временного ряда, т.е. при нечетном n – на период с номером $(n+1)/2$, а при четном – на середину между периодом $n/2$ и $n/2+1$. В последнем случае номера периодов будут дробными. И в том, и другом случае будет выполняться условие

$\sum_{i=1}^n t_i = 0$, поэтому, решая уравнения методом наименьших квадратов, получаем:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad (6)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n t_i y_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2}. \quad (7)$$

Наличие или отсутствие тренда на изучаемом отрезке времени может быть доказано лишь с некоторой вероятностью, поэтому для каждого уравнения тренда требуется указать степень надежности и доверительный интервал для оценки генеральной величины исследуемого показателя, в данном случае – цены ресурса.

Вероятностная оценка любого выборочного показателя осуществляется путем сравнения его величины с величиной среднего квадратического отклонения [6], которое рассчитывают как

$$S(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}{n - p}}, \quad (8)$$

где p – число параметров в уравнении тренда, для линейного тренда $p = 2$.

Надежность тренда можно определить по надежности основного параметра тренда, в частности, для линейного тренда – по коэффициенту b . Среднюю ошибку репрезентативности коэффициента b линейного тренда рассчитывают по следующей формуле при отсчете t_i от середины ряда [6]:

$$m_b = \frac{S(t)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n t_i^2}}. \quad (9)$$

Определяем значение t -критерия Стьюдента, который показывает отношение среднегодового изменения к его средней ошибке:

$$t = \left| \frac{b}{m_b} \right|. \quad (10)$$

Полученное значение критерия сравниваем с табличной величиной критерия Стьюдента $t_{табл}$ для $n - p$ степеней свободы и выбранным пользователем уровнем значимости $P = \{0,1; 0,05; 0,05\}$. Если $t \geq t_{табл}$, то считаем, что полученное по формулам (6) и (7) уравнение тренда является достоверным, т.е. существование такого тренда имеет большую вероятность.

Расчет доверительного интервала для линии тренда основан на вычислении средней ошибки прогноза для линии тренда на период с удалением t_k от середины базы прогноза [6]:

$$m_{y_k} = \sqrt{m_a^2 + m_b^2 t_k^2} = S(t) \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{t_k^2}{\sum_{i=1}^n t_i^2}}, \quad (11)$$

где m_a – средняя ошибка свободного члена линейного тренда

$$m_a = \frac{S(t)}{\sqrt{n}}. \quad (12)$$

Чтобы получить доверительный интервал прогноза, например с вероятностью 0,95, среднюю ошибку m_{y_k} нужно умножить на величину t -критерия Стьюдента для вероятности 0,95 и $n - p$ степеней свободы.

Тогда определяем ожидаемую прогнозную цену на ресурс на период с удалением t_k от середины базы прогноза:

$$y_k = a + b t_k. \quad (13)$$

Затем рассчитываем границы доверительного интервала с заданной вероятностью :

$$y_k^{дог} = y_k \pm m_{y_k} t_{табл}. \quad (14)$$

Таким образом, в результате расчета с использованием линейного тренда по формуле (13) менеджер проекта получает прогнозное значение цены ресурса через заданный интервал t_k от середины базы прогноза, а по формуле (14) – минимальное и максимальное значения прогнозных цены с заданной вероятностью доверительного интервала.

Уравнение параболического тренда имеет вид:

$$y_i = a + bt_i + ct_i^2. \quad (15)$$

Параметры a , b , c вычисляются по методу наименьших квадратов, где три частные производные функции: $f(a,b,c) = \sum_{i=1}^n (y_i - y_i)^2$ приравнивают к нулю. При переносе начала отсчета периодов времени в середину ряда суммы нечетных степеней номеров этих периодов $\sum_{i=1}^n t_i$ и $\sum_{i=1}^n t_i^3$ обращаются в нуль. Поэтому

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2}. \quad (16)$$

Для нахождения коэффициентов уравнения a и c следует решить систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} na + c \sum_{i=1}^n t_i^2 &= \sum_{i=1}^n y_i \\ a \sum_{i=1}^n t_i^2 + c \sum_{i=1}^n t_i^4 &= \sum_{i=1}^n y_i t_i^2 \end{aligned} \right\}, \quad (17)$$

где $\sum_{i=1}^n t_i^2 = \frac{n^3 - n}{12}$ и $\sum_{i=1}^n t_i^4 = \frac{3n^5 - 10n^3 + 7n}{240}$.

Далее по формуле (8) определяем среднее квадратическое отклонение уровней ряда от тренда, учитывая, что для параболического тренда $p = 3$.

Надежность параболического тренда определяем по надежности коэффициента c . Среднюю ошибку репрезентативности оценки параметра c при условии отсчета номеров периодов от середины ряда вычисляем по формуле [6]

$$m_c = \frac{S(t)}{\sqrt{t_i^4 - (t_i^2)^2}}. \quad (18)$$

Аналогично формуле (10) определяем критерий Стьюдента и сравниваем его с табличным значением $t_{табл}$ для $n - p$ степеней свободы и выбранным пользователем уровнем значимости, если выполняется следующее условие:

$$t = \left| \frac{c}{m_c} \right| \geq t_{табл}, \quad (19)$$

то полученное уравнение тренда считаем достоверным.

Среднюю ошибку прогноза для линии параболического тренда на период с удалением t_k от середины базы прогноза определяем по формуле [7]

$$m_{y_k} = S(t) \sqrt{\frac{t_k^2}{\sum t_i^2} + \frac{\sum t_i^4 - (2\sum t_i^2) \times t_k^2 + nt_k^4}{n\sum t_i^4 - (\sum t_i^2)^2}}. \quad (20)$$

После расчета средней ошибки m_{y_k} рассчитываем доверительный интервал по формуле (14).

Таким образом, предложенный метод планирования затрат на ресурсы проекта с учетом изменения их стоимости состоит из следующих этапов:

1. В календарном плане проекта за каждой работой закрепляют ресурсы.
2. Формируют множество материальных складываемых и нескладываемых ресурсов, прогнозирование стоимости которых будет проводиться.
3. По каждому виду ресурса составляют базу ретроспективных данных их стоимости за выбранные периоды времени.
4. На основе анализа графика потребления ресурсов формируется план закупок, где определяют объемы и периоды закупки ресурса.
5. Проводят анализ вида тренда и расчет коэффициентов уравнения тренда – линейного или параболического – для выбранного вида ресурса.
6. Оценивают надежность тренда по формулам (8), (9), (10) для линейного тренда и по формулам (18), (19) – для параболического тренда.
7. С использованием заданных периодов проведения прогноза (периодов закупки) по уравнениям тренда прогнозируют новую цену ресурса на заданный период: по формуле (13) – для линейного тренда, по формуле (15) – для параболического.
8. Оценивают границу доверительного интервала по формуле (14) как для линейного, так и для параболического тренда, что дает возможность менеджеру проекта оценить минимальную и максимальную стоимость ресурса на заданный период.
9. Рассчитывают значение затрат на ресурсы с использованием выражений (1)–(4) при разных стратегиях закупок. Полученные результаты являются основой для принятия решения о времени закупок и планирования размера совокупных затрат на материальные ресурсы проекта с учетом изменения их стоимости во времени.

Заключение

В данной статье предложен метод планирования затрат на ресурсы проекта с учетом изменения их стоимости во времени с использованием линейного и параболического трендов. На основе предложенного метода разработана информационная подсистема для расчета прогнозируемых затрат на ресурсы проекта, которая позволяет менеджеру проекта анализировать имеющиеся статистические данные о стоимости ресурса и прогнозировать их стоимость на заданный момент времени. Подсистема позволяет также просчитать затраты на ресурсы при различных вариантах закупки – закупать заранее по базовой цене и хранить ресурс до момента использования или сразу учитывать новую стоимость и закупать ресурс на планируемый момент использования. Расчет коэффициентов уравнений, проверка достоверности тренда и расчет доверительного интервала выполняются автоматически системой. При этом не требуются глубокие знания менеджера о математическом аппарате прогнозирования. Дальнейшим развитием метода предполагается расширение используемых методов прогнозирования с внедрением модуля сравнения и выбора наиболее подходящего вида тренда.

Список литературы

1. Управление стоимостью в проекте. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dn-weekly.kiev.ua/spec/833-upravlenie-stoimostju-v-proektakh.html>. (22.06.2010).
2. Букан Д. Научное управление запасами: пер. с англ. / Д. Букан, Э. Кенигсберг. – М.: Наука, 1967. – 424 с.
3. Мазур И.И. Управление проектами / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге; под ред. И.И. Мазура. – М.: Омега-Л, 2006. – 664 с.
4. Дружинин Е.А. Методологические основы риск-ориентированного подхода к управлению ресурсами проектами и программ развития техники: дис. ... д-ра техн. наук. – Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт». – Х., 2006. – 593 с.
5. Словарик для политологов: Прогностика. Терминология. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://www.psy.b3.nu/>. (01.10.2007).
6. Афанасьев В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование: учеб. / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 228 с.
7. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования / Е.М. Четыркин. – М.: Статистика, 1977. – 198 с.

Рецензент: д-р техн.наук, доц., зав. каф. Р.М Трищ, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков .

Поступила в редакцию 09.06.10

Метод планування витрат на ресурси проектів на основі прогнозування зміни їхньої вартості

Наведено обґрунтування можливості прогнозування вартості матеріальних ресурсів проекту на основі моделей аналізу часових рядів. Запропоновано метод планування витрат на ресурси проекту з використанням лінійного й параболічного тренда вартості ресурсів. Метод є основою для розроблення інформаційної підсистеми аналізу витрат на ресурси проекту.

Ключові слова: проект, керування ресурсами, прогнозування, витрати на ресурси, аналіз часових рядів.

Method of project resource expenses planning on the basis of resources cost changes forecasting

The substantiation of forecasting possibility of project material resources cost on the basis of time-series analysis models is shown. The method of project resource expenses planning with usage of linear and parabolic trend of resources cost is proposed. This method is the basis for the development of information subsystem for project resource cost analysis.

Keywords: project, resources management, forecasting, resource expenses, time-series analysis.