

Разрабатывается оптимальная модель и метод управления многономенклатурным запасом в условиях неопределенности. Показывается, что их использование позволяет одновременно уменьшить время выполнения работ и общую стоимость проекта, а следовательно повысить эффективность работы предприятия

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ СТОИМОСТИ И ВРЕМЕНИ УПРАВЛЕНИЯ МНОГО- НОМЕНКЛАТУРНЫМ ЗАПАСОМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Л. И. Нефедов

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*
Контактный тел.: (057) 710-79-43
e-mail: nefedovli@rambler.ru

Д. А. Маркозов

Аспирант*
Контактный тел.: (057) 710-79-43

*Кафедра автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий
Харьковский национальный автомобильный университет
ул. Петровского, 25, Харьков, Украина, 61002

1. Вступление

При функционировании большинства торговых предприятий существует проблема управления запасами. Одной из наиболее сложных задач является необходимость сокращения затрат при ускорении темпов выполнения работ.

В связи с этим актуальность данного исследования обусловлена тем, что без разработки адекватной современным условиям модели и метода управления многономенклатурным запасом невозможна эффективная работа торговой организации.

В условиях сложной, постоянно меняющейся экономической ситуации проблема оптимизации принятия решений является весьма актуальной как в среде ученых, так и бизнеса.

Проблеме многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности посвящены работы В.П. Бочарникова [1], Э.Г. Петрова [2], Л.Г. Раскина [3], М. Сявавко [4]. Разработаны базовые модели управления запасами [5, 6, 7].

Однако сегодня многообразие реальных ситуаций вызвало необходимость рассмотрения огромного числа различных вариантов моделей управления запасами, многие из которых разработаны учеными лишь частично.

Например, для торговых организаций, использующих значительную номенклатуру товаров и ограниченных в сроках проведения операций, необходима более универсальная модель, позволяющая одинаково эффективно управлять запасами различного типа в максимально сжатые сроки.

Целью данной работы является повышение эффективности работы предприятий в условиях экономической, финансовой и потребительской неопределенности за счет разработки модели оптимизации стоимости и времени управления многономенклатурным запасом в условиях неопределенности.

Для достижения данной цели были решены такие задачи: проведен анализ публикаций; обоснована необходимость построения математической модели; разработан метод оптимизации управления запаса-

ми; произведена оптимизация выполнения работ при ограничениях на время и стоимость.

2. Модель и метод оптимизации управления многономенклатурным запасом

Управление запасами относится к числу объектов, требующих больших капиталовложений. Любая деятельность выполняется в течение определенного времени и связана с затратами финансовых, материальных и трудовых ресурсов. Следовательно, оптимальный план управления может быть получен посредством осуществления процедуры ускорения проекта и при этом по возможности минимизировать его общую стоимость.

Первоначально мы имеем некоторое множество работ:

$$J = \{j\}, j = \overline{1, j'}$$

где j' - число работ которые нужно выполнить;
 j - номер работы и задано некоторое отношение предшествования: для некоторых пар работ поставлено условие: одна из работ должна быть выполнена раньше другой.

Известно:

- продолжительность выполнения j -ой работы Δt_j ;
- стоимость выполнения j -ой работы S_j , которая состоит из прямых $S_j^п$ и косвенных $S_j^к$ затрат;
- технологический порядок выполнения работ $\gamma = \overline{1, j'-1}, j = \overline{\gamma+1, j'}$;

$$b_{\gamma j} = \begin{cases} 1, & \text{если работа } \gamma \text{ должна предшествовать работе } j; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Необходимо определить последовательность, начало t_j^* и окончание реализации $t_j^* + \Delta t_j^*$ каждой работы, $j = \overline{1, j'}$.

Частные критерии:

- минимальная стоимость выполнения работ:

$$S(t_j^*, \Delta t_j^*) = \min \sum_{j=1}^{j'} S_j(t_j, \Delta t_j); \quad j = \overline{1, j'}$$

где $S_j(t_j, \Delta t_j) = S_j^п(t_j, \Delta t_j) + S_j^к(t_j, \Delta t_j)$;

- минимальная продолжительность выполнения работ:

$$T(t_j^*, \Delta t_j^*) = \min_{\Delta t_j} \max_j (t_j + \Delta t_j).$$

Область допустимых решений задается следующими ограничениями:

- все работы должны завершиться до конца заданного периода τ

$$t_j + \Delta t_j \leq \tau; j = \overline{1, j'}$$

- все работы должны выполняться в технологической последовательности

$$t_j > \max_{\gamma} \{a_{\gamma j}(t_{\gamma} + \Delta t_{\gamma})\}; j = \overline{1, j'}$$

Проведенное исследование показало, что необходимо из исходных данных построить для наглядности сетевую модель, разработать метод управления запасами, а затем произвести оптимизацию сетевой модели.

Продолжительность работы называется нормальной продолжительностью (Δt_j), когда соответствует нормальному времени работы и ее минимальной стоимости. Если продолжительность работы соответствует

такому времени выполнения работы, когда она уменьшена до предела, то она называется сжатой продолжительностью. Стоимость выполнения работы в данные сроки максимальна.

Практика показывает, что коэффициент обратной пропорциональности K_j продолжительности и стоимости работы несложно найти, если известны стоимость нормальной продолжительности и стоимость "сжатой" продолжительности:

$$K_j = \frac{S_j(t_j, \Delta t_j) - S_j(t_j^*, \Delta t_j^*)}{\Delta t_j - \Delta t_j^*}$$

Следует учитывать, что общая стоимость управления запасами должна включать как сумму прямых, так и косвенных затрат. Прямые затраты - затраты, которые можно напрямую отнести на себестоимость определенного вида продукции, в данном случае: эксплуатационные расходы и затраты на управление; транспортные операции; затраты на регламентные работы; стоимость складских помещений и т.д.

Возьмем за основу исходные данные времени и стоимости проведения работ по управлению запасами одной из торговых организаций. Эти данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные времени и стоимости проведения работ

Работы	Предш- шеств. работы, γ	Продол- жительность работ		Стоимость работ		Увеличе- ние стои- мости работ K_j (\$ в день)
		Δt_j (дни)	Δt_j^* (дни)	S_j (\$)	S_j^* (\$)	
1	-	9	3	900	6300	900
2	-	7	6	2800	3300	500
3	1	10	2	7000	16600	1200
4	1	12	6	8400	13800	900
5	2	12	4	7200	12800	700
6	4,5	6	6	4900	4900	0
7	4,5	6	4	3000	6200	1600
8	7	14	12	4200	5200	500
9	6,7	8	3	3200	6700	700

Известно, что косвенные затраты на реализацию проекта определяются из расчета 1500\$ в день. Косвенные затраты - затраты, которые нельзя напрямую отнести на себестоимость каждого конкретного продукта, выпускаемого предприятием, в данном случае: потери от снижения потребительских качеств товара; потери от омертвления вложенных средств; накладные расходы на материал; производственные накладные расходы; административные, торговые накладные расходы и т.д. В качестве опорного плана проекта выберем его так называемый "нормальный" план, когда продолжительность выполнения каждой работы максимальна, т.е. "нормальна". Остальные данные: коэффициенты пропорциональности стоимости и продолжительности их выполнения, а также последовательность выполнения работ, остаются без изменения.

На основе исходных данных, представленных в таблице 1, строим сетевую модель (рисунок 1).

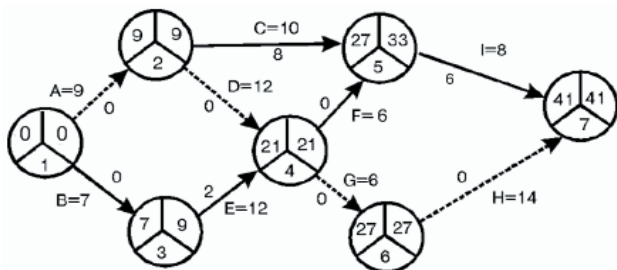


Рисунок 1. Исходная сетевая модель опорного плана

Построенная сетевая модель опорного проекта позволяет нам определить свободные резервы выполнения работ, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Временные параметры опорного плана

Работы	Предшеств. работы γ	Продолжительность работ (дни)	Свободный резерв (дни)
1	-	9	0
2	-	7	0
3	1	10	8
4	1	12	0
5	2	12	2
6	4,5	6	0
7	4,5	6	0
8	7	14	0
9	6,7	8	6

Из рисунка 1 видно, что критический путь проекта в опорном плане – [1,4,7,8] и его продолжительность составляет 41 день. Рассчитаем общую стоимость проекта соответствующую опорному плану:

- прямые затраты: $900+2800+7000+8400+7200+4900+3000+4200+3200= 41600$ \$;

- косвенные затраты: $1500 \times 41 = 61500$ \$;

- общие затраты: $41600 + 61500 = 103100$ \$.

Метод поиска плана, одновременно минимизирующий время выполнения работ и его общую стоимость предполагает выполнение следующих действий.

Поскольку минимизация сроков выполнения проекта всегда связано с ускорением выполнения критических работ, следовательно разрабатываемый метод предполагает, что необходимо уделить критическим работам основное внимание. На каждом шаге из числа критических работ выбирается такая работа, которая может дать максимальное сокращение критического пути. Сжатие выбранной работы не должно превышать минимального свободного резерва, который рассчитан для всех работ данного варианта плана проекта. Если таких работ несколько, то выбирается та из них, которая имеет наименьший коэффициент обратной пропорциональности K_j .

Затем производится “сжатие” выбранной работы (работ), строится новый план проекта, рассчитываются его временные параметры, определяются новая сумма прямых затрат (с учетом прироста стоимости выполнения сокращенной работы) и сумма косвенных затрат (с учетом новой продолжительности критического пути). Если общая стоимость нового проекта

оказывается меньше, либо равной предыдущему варианту, то новый проект принимается за опорный и описанная выше процедура его ускорения повторяется. Если же общая стоимость проекта в новом варианте оказывается больше, чем в предыдущем, то принимается решение об остановке, а за оптимальный берется предыдущий вариант плана.

Применяем разработанный метод к опорной сетевой модели до тех пор, пока не будет получен оптимальный результат.

Расчеты показали, что оптимальный вариант получается после трех шагов сжатия выбранной работы сетевой модели (рисунки 2, 3, 4).

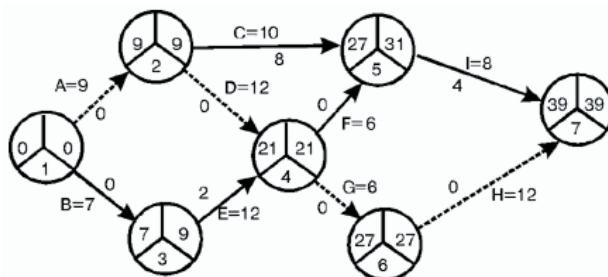


Рисунок 2. Сетевая модель проекта после 1 шага метода оптимизации

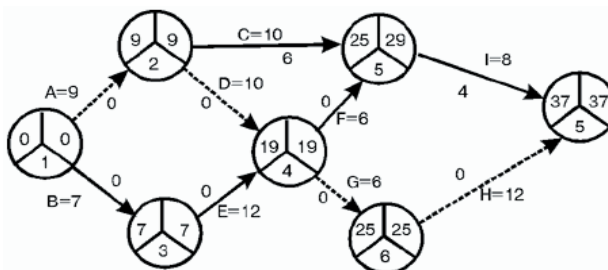


Рисунок 3. Сетевая модель проекта после 2 шага метода оптимизации

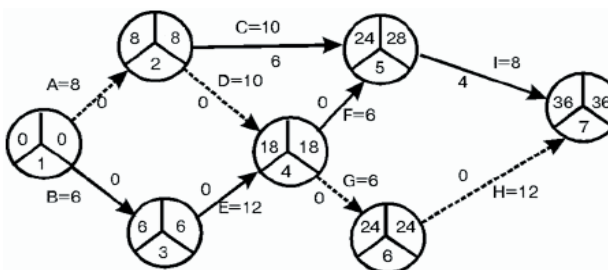


Рисунок 4. Сетевая модель проекта после 3 шага метода оптимизации

Все последующие сжатия работ приводят к удорожанию проекта в целом, так как экономия на косвенных затратах не перекрывает дополнительных прямых затрат. Следовательно, после третьего шага получен оптимальный план проекта.

В таблице 3 представлены полученные нами результаты продолжительности опорных работ и свободные резервы времени их выполнения на каждом шаге алгоритма оптимизации.

Таблица 3

Результаты расчета продолжительности опорных работ и свободных резервов времени

Работы	Исходная сетевая модель		Шаг 1		Шаг 2		Шаг 3	
	Норм. продолжит. / резерв	Свободный резерв (дни)	Норм. продолжит. / резерв	Свободный резерв (дни)	Норм. продолжит. / резерв	Свободный резерв (дни)	Норм. продолжит. / резерв	Свободный резерв (дни)
1	9 / 6	0	9 / 6	0	9 / 6	0	8 / 5	0
2	7 / 1	0	7 / 1	0	7 / 1	0	6 / 0	0
3	10 / 8	8	10 / 8	8	10 / 8	6	10 / 8	6
4	12 / 6	0	12 / 6	0	10 / 4	0	10 / 4	0
5	12 / 8	2	12 / 8	2	12 / 8	0	12 / 8	0
6	6 / 0	0	6 / 0	0	6 / 0	0	6 / 0	0
7	6 / 2	0	6 / 2	0	6 / 2	0	6 / 2	0
8	14 / 2	0	12 / 0	0	12 / 0	0	12 / 0	0
9	8 / 5	6	8 / 5	4	8 / 5	4	8 / 5	4
Всего дней	41		39		37		36	
Общая стоимость работ (\$)	103100		101100		99900		99800	

После оптимизации нашего проекта получили следующие результаты:

Прямые затраты: $1800+3300+7000+10200+7200+4900+3000+5200+3200=45800\$$.

Косвенные затраты: $1500 \times 36 = 54000 \$$.

Общие затраты: $45800 + 54000 = 99800 \$$.

Таким образом, нам удалось сократить общую стоимость управления многономенклатурным запасом на 3300\$ и время выполнения работ на 5 дней.

Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что разработанная математическая модель и метод расчета запасов позволяют, в отличие от известных, уменьшить стоимость и время управления многономенклатурным запасом в условиях экономической, финансовой и потребительской неопределенности, а следовательно повысить прибыль организации.

Использование данной модели даст возможность торговой организации оптимизировать товарные запасы, избежать формирования неликвидных запасов, сократить время принятия управленческих решений, то есть будет способствовать повышению эффективности системы управления товарными и финансовыми ресурсами.

Кроме того, разработанная модель и метод позволяет решать широкий круг прикладных задач при управлении экономическими, социальными и техни-

ческими системами в условиях неопределенности, когда исходной информацией являются нечеткие данные.

Литература

1. Бочарников В.П. Модель нечеткого процесса для задач управления нечеткими динамическими системами. // Проблема управления и информатики. – 1996. – №3. – С.61-66.
2. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник И.В. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах / За ред. Е.Г. Петрова. – К.: Техніка, 2004. – 256с.
3. Раскин Л.Г., Пустовойтов П.Е. Решение многономенклатурной задачи управления запасами по вероятностному критерию // Системный анализ, управление, информационные технологии. - Х.: НТУ «ХПИ». – 2002. - №13. – Т.1. – С.49-53.
4. Сявавко М., Рибицька О. Математичне програмування за умов невизначеності. – Львів: Українські технології, 2000. – 316 с.
5. Рыжиков Ю.И. Управление запасами. – М.: Изд-во «Наука», 1969. – 343с.
6. Колесников С.Н. Стратегия бизнеса. Управление ресурсами и запасами. - М.: Изд. Консультационная компания «Статус-Кво97», 1999. – 356 с.
7. Лотоцкий В.А., Мандель А.С. Модели и методы управления запасами. – М.: Наука, 1991. – 188 с.