

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ ПО УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

© 2013 Е.П. Ростова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 02.12.2013

В статье сформулирована задача распределения средств на различные мероприятия по управлению рисками внутри предприятия, включающего различные подразделения. Обоснован выбор модели динамического программирования для решения данной задачи, сформулированы основные зависимости, функциональные уравнения, функции перехода состояния системы.

Ключевые слова: динамическое программирование, управление рисками, распределение ресурсов.

Управление рисками в рамках любого предприятия является весьма важным аспектом деятельности. Существуют различные мероприятия по управлению риском. Среди них можно выделить три основных подхода: передача риска, снижение риска и сохранение риска [1]. Каждый из перечисленных подходов включает в себя отдельные способы: передача риска подразумевает страхование, передачу финансовых гарантий и др., сохранение риска может быть реализовано путем создания фонда самострахования либо с привлечением внешних источников, снижение риска осуществляется с помощью мероприятий, направленных на снижение вероятности возникновения риска, снижение ожидаемого ущерба либо исключение риска. Выбор подхода и способа управления риском зависит от особенностей предприятия, специфики его деятельности, месторасположения и т.д. Руководство предприятием может воспользоваться несколькими способами в рамках как одного, так и разных подходов. Однако, эффективнее совмещать способы управления риском, относящиеся к различным подходам. Кроме того, вложения в повышение безопасности носят долгосрочный характер и производятся с определенной периодичностью, при этом текущая ситуация меняется и отличается от той, которая была при начальном прогнозировании и плановом распределении средств. Следовательно, при решении задачи распределения ресурсов между различными способами управления и между различными подразделениями предприятия следует учитывать и изменения, происходящие с течением времени.

Рассмотрим предприятие, производящее не-

которую продукцию [2]. Его прибыль равна

$$\Pi = R - C,$$

где  $R$  – доход,

$C$  – затраты.

Доход предприятия обусловлен доходом от реализации продукции, произведенной в количестве  $Q$  и реализованной по цене  $pr$ , а также возможными выплатами страхового возмещения  $W$  при наступлении страхового случая с вероятностью  $p$ .

$$R = Q \cdot pr + W \cdot p,$$

$Q$  – объем произведенной продукции,

$pr$  – цена реализации продукции,

$W$  – страховое возмещение,

$p$  – вероятность наступления страхового случая.

В качестве затрат рассмотрим производственные затраты  $C_Q$ , затраты на безопасность  $C_S$  и возможный ущерб  $X$  от нештатных ситуаций, который наступит с вероятностью  $p$ .

$$C = C_Q + C_S + X \cdot p,$$

$C_Q$  – затраты, обусловленные производственным процессом,

$C_S$  – затраты на безопасность,

$X$  – размер ущерба.

Затраты на безопасность состоят из страховой премии  $V$ , отчислений в фонд самострахования  $S$ , отчислений на предупредительные мероприятия  $f$ .

$$C_S = V + f + S,$$

$V$  – страховая премия,

$S$  – отчисления в фонд самострахования,

$f$  – отчисления на предупредительные мероприятия.

Решать задачу распределения денежных средств на управление рисками между различными способами управления лишь на текущий момент времени нецелесообразно, поскольку вложения в безопасность не всегда производятся одноразово и могут быть рассредоточены на не-

Ростова Елена Павловна, кандидат экономических наук,  
доцент кафедры математических методов в экономике.  
E-mail: el\_rostova@mail.ru

сколько периодов в зависимости от технологических особенностей производства и от финансовых возможностей предприятия. Кроме того, рассматривать расходы текущего периода некорректно без учета прибыли предыдущего временного интервала. Также нецелесообразно распределять вложения в безопасность, не учитывая последующие периоды. Кроме того, очевидно, что управление средствами в рамках любого временного интервала влияет на состояние предприятия в последующих периодах.

Таким образом, задача управления рисками на промышленном предприятии может быть решена как задача динамического программирования [3], [4]. Однако, распределение затрат на безопасность подразумевает разносторонний учет возможных вложений денежных средств в различные мероприятия по управлению рисками: страхование, самострахование (создание резервного фонда) и/или проведение превентивных мероприятий. Значит, решать задачу следует не только во временном разрезе, но и в рамках одного периода, стремясь наиболее эффективно распределить средства на управление рисками нескольких подразделений с помощью различных методов.

Рассмотрим предприятие, имеющее  $m$  подразделений. Для каждого из  $m$  подразделений предприятие периодически резервирует некоторые средства, предназначенные для проведения превентивных мероприятий  $f$ . Кроме этого, предприятие создает фонд самострахования, а также часть риска передает страховщику. Требуется определить оптимальное соотношение отчислений на предупредительные мероприятия  $f$ , фонд самострахования  $S$  и страховые премии  $V$ . При этом, для определения фонда самострахования требуется спрогнозировать будущие возможные траты на ликвидацию последствий аварий в  $k$ -ом подразделении  $S_{kt}$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) в предстоящем периоде  $t$  для каждого из  $m$  подразделений, которые в свою очередь зависят от функции распределения  $F_{kt}$  случайной величины  $X_{kt}$ , соответствующей ущербу предприятия, от вероятности наступления аварийной ситуации  $p_{kt}$  в определенный период времени  $t$  на  $k$ -ом объекте:  $S_{kt} = S_{kt}(F_{kt}(X), p_{kt}(t))$ . Уровень надежности у каждого подразделения может быть различным и в зависимости от него определяются средства, необходимые для поддержания этого показателя на существующему уровне или для его повышения. Следовательно, для того, чтобы рассчитать размер отчислений на предупредительные мероприятия  $f$ , требуется знать каков был уровень надежности  $Y$  определенного  $k$ -го объекта в предыдущем периоде:  $f_{kt} = f_{kt}(Y_{k, t-1})$ ,  $k = \overline{1, m}$ .

Все средства, направленные на управление рисками формируются с учетом прибыли, полученной в предшествующем периоде, а также с учетом планируемых доходов и расходов предприятия.

Следует отметить, что распределение денежных ресурсов есть управляемый процесс, осуществляемый для всех видов деятельности предприятия, при этом общий результат является суммой каждого частного результата, на который влияют другие виды деятельности организации. Таким образом, можно сказать, что объем средств на снижение уровня риска, его передачу и сохранение для каждого подразделения следует выбирать так, чтобы оптимальной была сумма всех результатов, оставшихся до конца процесса распределения, включая результат текущего периода. Кроме того, затраты на повышение безопасности различных подразделений зависят друг от друга и при определении размера одного из них следует учитывать возможные последствия и от затрат на другие объекты.

Также следует отметить, что при распределении средств между объектами и способами управления на тот или иной временной интервал, оптимизацию необходимо проводить с учетом последующих периодов, входящих в горизонт прогноза, включая и текущий период.

Таким образом, получается задача распределения ресурсов по различным признакам:

- 1) во времени, т.е. между периодами, входящими в горизонт прогноза;
- 2) по способам управления рисками: страхование, самострахование и проведение предупредительных мероприятий;
- 3) по объектам: между различными подразделениями, цехами, находящимися на предприятии.

Судя по тому, что этапы распределения ресурсов связаны между собой и всегда следует учитывать результат не только текущего этапа, а всего процесса распределения до конца периода прогнозирования, можно сделать вывод о том, что рассматриваемая задача может быть отнесена к классу задач динамического программирования. Осложняется данная задача тем, что решать ее надо как бы в двух плоскостях: во времени и между различными способами управления риском.

В качестве критерия выигрыша будет выступать функция прибыли предприятия  $\Pi$  за рассматриваемый период  $T$ , которая обладает свойством аддитивности:  $\Pi = \sum_{t=1}^T \Pi_t$ . Выбор именно прибыли в качестве критерия выигрыша обоснован тем, что данная экономическая категория является своеобразным итоговым показателем деятельности любого экономического агента за определенный временной интервал.

Управлением в  $t$ -ом периоде будет являться объем средств, направленных на управление рисками различными способами применительно к различным подразделениям:  $V_{kt}, S_{kt}, f_{kt}$ .

Состояние процесса описывается уровнем надежности предприятия  $\gamma$  перед  $t$ -ым периодом ( $\gamma_t$ ). Следовательно,  $0 < \gamma < 1$ . Строгое неравенство объясняется невозможностью “идеальной” ситуации, которая заключается в 100%-ой надежности либо в абсолютном ее отсутствии. На уровень надежности влияют объем производства и проведенные ранее предупредительные мероприятия  $\gamma_t = \gamma(f_{t-1}, Q_t)$ . Объем производства будем считать определяемым требованиями рынка, заказа, плана и т.д., т.е. экзогенной переменной. Отчисления на предупредительные мероприятия зависят от уровня надежности, достигнутого в предшествующем периоде  $f_t = f_t(\gamma_{t-1})$ .

Тогда  $\Pi_t(\gamma_{t-1}, V_p, S_p, f_t)$  – выигрыш, который принесет в  $t$ -ом периоде управление  $(V_p, S_p, f_t)$ , если система перед этим находилась в состоянии  $\gamma_{t-1}$ . Здесь

$$V_t = \sum_{k=1}^m V_{kt}$$

и аналогично

$$S_t = \sum_{k=1}^m S_{kt}$$

и

$$f_t = \sum_{k=1}^m f_{kt}$$

Состояние  $\gamma_t$  в которое переходит система из состояния  $\gamma_{t-1}$  под влиянием управления  $(V_p, S_p, f_t)$  описывается следующей функцией:

$$\gamma_t = \gamma_t(\gamma_{t-1}, V_p, S_p, f_t).$$

Уравнение, определяющее условный оптимальный выигрыш на последнем шаге, для состояния  $\gamma_T$  моделируемого процесса:

$$\Pi_T(\gamma_{T-1}) = \max_{V_T \in V, S_T \in S, f_T \in f} \{ \Pi_T(\gamma_{T-1}, V_T, S_T, f_T) \}.$$

Основное функциональное уравнение динамического программирования, определяющее условный оптимальный выигрыш для данного состояния  $\gamma_{t-1}$  с  $t$ -го периода и до конца процесса моделирования через уже известный условный оптимальный выигрыш с  $(t+1)$ -го шага и до конца

$$\begin{aligned} \Pi_t(\gamma_{t-1}) = & \max_{V_t \in V, S_t \in S, f_t \in f} \{ \Pi_t(\gamma_{t-1}, V_t, S_t, f_t) + \\ & + \Pi_{t+1}(\gamma_t(\gamma_{t-1}, V_t, S_t, f_t)) \}. \end{aligned}$$

Процесс решения данной задачи динамического программирования следует разбить на про-

ведение условной оптимизации и проведение безусловной оптимизации.

Проведение условной оптимизации следует разбить на несколько этапов.

1 этап: определение возможных состояний безопасности  $\gamma_T$  на последнем временном интервале  $T$ .

2 этап: с учетом определенных возможных состояний системы, описанных как уровень безопасности предприятия, проведение условной оптимизации для каждого состояния  $\gamma_T$  и определение условного оптимального управления  $(V_T, S_T, f_T)$  в зависимости от  $\gamma_{T-1}$ .

3 этап: определение возможных состояний  $\gamma_t$  для каждого  $t$ -го шага ( $2 \leq t \leq T-1$ ), причем  $\gamma_t \leq \gamma_{t+1}$ .

4 этап: проведение условной оптимизации для каждого  $t$ -го шага

( $2 \leq t \leq T-1$ ) и определение условного оптимального управления  $(V_t, S_t, f_t)$  в зависимости от  $\gamma_{t-1}$ .

5 этап: определение начального состояния системы  $\gamma_1$  и определение оптимального выигрыша  $\Pi_1(\gamma_1)$  и оптимального управления  $(V_1^*, S_1^*, f_1^*)$ .

### Проведение безусловной оптимизации управления

Для проведения безусловной оптимизации необходимо найденное на первом шаге оптимальное управление  $(V_1^*, S_1^*, f_1^*)$  использовать для определения следующего состояния системы  $\gamma_2 = \gamma_2(\gamma_1, V_2^*, S_2^*, f_2^*)$ . Для измененного состояния найти оптимальное управление  $(V_2^*, S_2^*, f_2^*)$ , с помощью которого определить состояние системы на 3-ем шаге и т.д. Для состояния в  $t$ -ом временном периоде  $\gamma_t$  найти  $\gamma_{t+1} = \gamma_{t+1}(\gamma_t, V_{t+1}^*, S_{t+1}^*, f_{t+1}^*)$  и т.д.

Сформулирована задача динамического программирования, позволяющая распределить средства, направленные на мероприятия по управлению рисками предприятия, на несколько временных периодов с учетом общего результата на весь горизонт прогнозирования. С помощью сформулированной задачи предприятие может разработать план проведения мероприятий по управлению рисками на несколько лет вперед, определив для каждого структурного подразделения средства, предполагаемые для каждого из

способов – страхования, самострахования или предупредительные мероприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хохлов Н.В. Управление риском: учебн. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 239 с.
2. Ростова Е.П. Показатели оценки эффективности вложений в безопасность предприятия // Организатор производства. 2013. №3 (58). С. 68-72
3. Замков О.О. Математические методы в экономике: Учебник МГУ. М.: Дело и Сервис, 1999. 366 с.
4. Шапкин А.С. Математические методы и модели исследования операций. М.: Издательский дом «Дашков и К», 2007. 400 с.

### FORMULATION OF THE PROBLEM OF DYNAMIC PROGRAMMING FOR THE ALLOCATION OF RISK MANAGEMENT AT THE ENTERPRISE

© 2013 E.P. Rostova

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

In the article the task of distributing funds to different risk management activities within the enterprise, including various units. The choice of the model of dynamic programming to solve this problem, formulated the basic dependencies, functional equations, functions of the state transition system.

Key words: dynamic programming, risk management, allocation of resources.