

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.2 (075.8)

А. С. Птускин, О. Л. Перерва

ИНВЕСТИЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассмотрена стратегическая задача оптимального выбора инвестиционных проектов. С точки зрения системного подхода в построенной модели учтены взаимосвязи между проектами. Для адекватного учета неопределенности применен аппарат теории нечетких множеств. Параметры модели представлены нечеткими числами с треугольными функциями принадлежности, зависящими от уровня риска негативного изменения этих параметров.

Принятие решения об инвестициях является стратегической, одной из наиболее ответственных задач управления. Процесс выбора инвестиционных проектов включает в себя определение того, какие из проектов следует принять, и оптимальное распределение ограниченных ресурсов между несколькими проектами, претендующими на имеющиеся ресурсы.

Выбор оптимального решения в реальной ситуации исключительно сложен. С этой целью в рамках исследования операций были разработаны многочисленные модели и методы. Большинство подходов к формированию инновационного портфеля предприятия заключается в рассмотрении независимых, одновременно начинающихся проектов, а выбор производится, прежде всего, с точки зрения финансовых результатов и ограничений. Таким образом, проекты анализируются изолированно друг от друга. Однако каждый проект является элементом инвестиционного комплекса предприятия и при стратегическом выборе необходимо учитывать условия их совместной реализации. В моделях рассматриваемого типа должны быть отражены: соотношения между различными проектами; возможность начала проектов в разные периоды времени; ограничения на другие, кроме финансовых, ресурсы; возможность различных источников финансирования проектов.

Далее будет представлена модель, которая развивает предложенный в работах [1, 2] системный подход, учитывающий сложные проектные связи. В системе ограничений модели выделены финансовые и ресурсные, а также ограничения, учитывающие взаимоотношения между проектами. Далее будем использовать следующие обозначения: T — горизонт планирования; n — количество потенциальных инвестиционных проектов; m_i — количество вариантов реализации проекта i , $i = 0, \dots, n$; $x_i^j = 1$, если проект i , реализованный в варианте j , включен в инвестиционный портфель, и $x_i^j = 0$ в противном случае; $i = 0, \dots, n$, $j = 1, \dots, m_i$; $c_i^v(t)$ — основные фонды v -го вида, используемые в проекте i в период t , $i = 0, \dots, n$; $v = 1, \dots, C$; $t = 0, \dots, T$; C — количество видов основных фондов; $C^v(t)$ — максимальный доступный объем основных фондов v -го вида в период t , $v = 1, \dots, C$,

$t = 0, \dots, T$; $s_i^u(t)$ — материальные ресурсы u -го вида, используемые в проекте i в период t , $i = 0, \dots, n$, $u = 1, \dots, S$, $t = 0, \dots, T$, S — количество видов материальных ресурсов; $\underline{S}^u(t)$ — максимально доступный объем материальных ресурсов u -го вида в период t , $u = 1, \dots, S$, $t = 0, \dots, T$; $w_i^q(t)$ — трудовые ресурсы q -й категории, используемые в проекте i в период t , $i = 0, \dots, n$, $q = 1, \dots, W$, $t = 0, \dots, T$, W — количество категорий трудовых ресурсов; $\underline{W}^q(t)$ — максимально доступный объем трудовых ресурсов q -го вида в период t , $q = 1, \dots, W$, $t = 0, \dots, T$; O^0 — акционерный капитал предприятия в начальный период $t = 0$; $O_i^j(t)$ — изменение акционерного капитала предприятия за период t при осуществлении проекта i , реализуемого в варианте j , $i = 0, \dots, n$, $j = 1, \dots, m_i$, $t = 0, \dots, T$; \underline{O} — пороговое для предприятия значение коэффициента финансовой устойчивости; $P_i^j(t)$ — нераспределенная прибыль по проекту i , реализуемому в варианте j в период t ; $i = 0, \dots, n$; $j = 1, \dots, m_i$; $t = 0, \dots, T$; $I_i^j(t)$ — объем внешних инвестиций, привлеченных для проекта i , реализуемого в варианте j , в период t , $i = 0, \dots, n$, $j = 1, \dots, m_i$, $t = 0, \dots, T$; $F_i^j(t)$ — операционная прибыль по проекту i , реализуемому в варианте j , в период t , $i = 0, \dots, n$, $j = 1, \dots, m_i$, $t = 0, \dots, T$; $E_i^j(t)$ — проценты, выплачиваемые по кредиту, привлеченному для проекта i , реализуемого в варианте j , в период t , $i = 0, \dots, n$, $j = 1, \dots, m_i$, $t = 0, \dots, T$; \underline{E} — пороговое для предприятия значение индекса покрытия процентных платежей; $CF_i^j(t)$ — суммарный денежный поток в период t по проекту i , реализуемому в варианте j , $i = 0, \dots, n$, $j = 1, \dots, m_i$, $t = 0, \dots, T$; $\underline{CF}_i^j(t)$ — суммарный денежный поток в период t по проекту i , реализуемому в варианте j , за вычетом потоков, связанных с изменением акционерного капитала, займами, выплатами в погашение займов, выплатами дивидендов, $i = 0, \dots, n$, $j = 1, \dots, m_i$, $t = 0, \dots, T$; r — норма дисконта.

Зависимость проектов может иметь разные формы [3]. Для независимых проектов ограничений по совместимости нет. Взаимодополняющие проекты должны быть сведены в единый проект. Взаимоисключающие проекты будем рассматривать как варианты реализации одного проекта. Как указывается в работе [2], теоретически можно подготовить все варианты реализации, связанные с различными источниками финансирования и с разными сроками начала проектов. Если проект i не имеет альтернатив, то $m_i = 1$. Для взаимоисключающих проектов ограничения могут быть записаны в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^{m_i} x_i^j \leq 1; \quad i = 0, \dots, n. \quad (1)$$

В стратегической модели необходимо учитывать деятельность предприятия, связанную с неизменяющимися в течение планируемого периода процессами. Эта деятельность может быть отражена как проект 0 с зафиксированным значением $x_0^1 = 1$; $m_0 = 1$. Кроме того, необходимо выделить абсолютно обязательные проекты. Для проекта l , относящегося к этой категории, необходимо выполнение условия:

$$\sum_{j=1}^{m_i} x_i^j = 1. \quad (2)$$

Ресурсные ограничения должны учитывать доступный объем факторов производства. Эти ограничения можно разделить на материальные и трудо-

вые и записать:

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{m_i} c_i^v(t) x_i^j \leq \underline{C}^v(t); \quad v = 1, \dots, C; \quad t = 0, \dots, T; \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{m_i} s_i^u(t) x_i^j \leq \underline{S}^u(t); \quad u = 1, \dots, S; \quad t = 0, \dots, T; \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{m_i} w_i^q(t) x_i^j \leq \underline{W}^q(t); \quad q = 1, \dots, W; \quad t = 0, \dots, T. \quad (5)$$

Финансовые ограничения в свою очередь можно разделить на ограничения по доступному в каждый период времени объему инвестиционных ресурсов (внутренних и внешних) и ограничения, связанные с уровнем финансового риска. Целесообразно ввести в модель ограничения по коэффициенту финансовой устойчивости и индексу покрытия процентных платежей. Ограничение по коэффициенту финансовой устойчивости определяют возможность привлечения предприятием внешних финансовых ресурсов для реализации проектов:

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{m_i} (O_i^j(t) + P_i^j(t) - \underline{O}I_i^j(t) x_i^j \geq -O^0; \quad t = 0, \dots, T. \quad (6)$$

Ограничение по величине индекса покрытия процентных платежей определяется как:

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{m_i} (F_i^j(t) - \underline{E}E_i^j(t) x_i^j \geq 0; \quad t = 0, \dots, T. \quad (7)$$

Ограничения по доступному объему внешних инвестиционных ресурсов удовлетворяется выполнением условий (6)–(7), а с точки зрения внутренних инвестиционных ресурсов — выполнением основного условия реализуемости проектов: обеспечением положительного накопленного денежного потока во все периоды времени в течение горизонта планирования:

$$\sum_{w=0}^t \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{m_i} CF_i^j(w) x_i^j \geq 0; \quad t = 0, \dots, T. \quad (8)$$

Одним из ключевых вопросов выбора инвестиционных проектов является определение целевой функции. Предпочтительнее использовать в качестве основного критерий *NPV*. При расчете чистого приведенного дохода в суммарный денежный поток каждого периода не включаются акционерный капитал; займы; выплаты в погашение займов; выплаты дивидендов. Поэтому критерий определяется по откорректированным на эти значения потокам:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{m_i} \frac{CF_i^j(t)}{(1-r)^t} x_i^j \rightarrow \max. \quad (9)$$

Оптимальное решение модели (1)–(9) определяет портфель проектов, максимизирующих рыночную стоимость предприятия с позиции системного подхода, учитывающего сложные связи проектов. Оно может быть получено методами целочисленного линейного программирования.

Однако существует еще одна серьезная проблема при оптимальном выборе инвестиционных проектов: адекватное отражение рисков и неопределенности. Существуют различные способы учета неопределенности при выборе

инвестиционных проектов, традиционно в этом случае применяются вероятностные методы. Однако в большинстве случаев проблема бюджетирования капитала связана с возможностью появления каких-либо неповторяющихся событий и не может рассматриваться с точки зрения вероятностного подхода. Естественным образом представить не определенные точно параметры задачи возможно в рамках теории нечетких (размытых) множеств [4].

Проиллюстрируем это на примере одномерной задачи бюджетирования капитала, модель которой является упрощенным вариантом модели (1)–(9). Задача состоит в максимизации суммарной величины чистого приведенного дохода выбранных инвестиционных проектов с учетом ограничения инвестиционных ресурсов. Будем рассматривать ситуацию, когда весь объем ограниченных инвестиционных ресурсов задан единой величиной, а не распределен по периодам. Имеется набор из нескольких потенциально возможных, независимых друг от друга неделимых инвестиционных проектов, связанных с производством и реализацией каких-либо продуктов или услуг. Для каждого проекта известны инвестиционные затраты и доходность проекта, характеризующаяся ожидаемой величиной NPV . Необходимо выбрать те проекты, которые могут быть реализованы с учетом ограничений на доступный суммарный объем инвестиций и обеспечат максимальную величину чистого приведенного дохода. Модель задачи может быть представлена следующим образом:

$$c(x) = \sum_{i=1}^n NPV_i x_i \rightarrow \max \quad (10)$$

при условиях

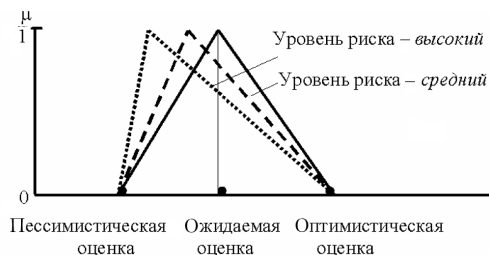
$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \leq b,$$

где $x_i = 0$, если проект i не включен в инвестиционный портфель, и $x_i = 1$, если проект i включен в инвестиционный портфель; n — количество проектов; $b > 0$; $a_i > 0$; $NPV_i > 0$; $\sum_{i=1}^n a_i > b$; $a_i < b$; NPV_i — интегральный

показатель эффективности проекта i ; $i = 1, \dots, n$, a_i — инвестиционные затраты проекта i ; $i = 1, \dots, n$, b — общий объем доступных инвестиционных ресурсов.

Целевая функция (10) аналогична соотношению (9). В результате решения всем x_i , $i = 1, \dots, n$, должны быть присвоены значения 0 или 1 таким образом, чтобы функционал $c(x)$ достигал максимального значения и удовлетворял условиям задачи.

Для выделения значений показателей, которые в заданном интервале наиболее возможны, адекватно их представление нечеткими числами. Носителями функции принадлежности этих размытых чисел являются интервалы с границами, заданными пессимистическими и оптимистическими оценками, а вершинами с максимальными значениями функций принадлежности, равными 1, — ожидаемые оценки. Наши оценки приближительны, поэтому можно считать, что треугольные функции принадлежности вполне пригодны для описания неопределенности и удобны для выполнения всех необходимых операций с размытыми числами. В принципе такое представление параметров уже отражает неопределенность, связанную с проектом, но не учитывает оценку рисков. Чем выше уровень риска негативного изменения параметра, тем больше значение базовой переменной с максимальным значением функции принадлежности должно смещаться от оценки для ожидаемого варианта к оценке для пессимистического варианта, как это показано на рисунке.



Представление параметров в зависимости от уровня риска

В результате для каждого проекта определяется чистый приведенный доход NPV , значение которого представляется нечетким числом. Аналогично определяются инвестиционные затраты. В результате получаем нечеткую модель задачи

$$c_{\alpha}(x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightsquigarrow \max$$

при условиях $\sum_{i=1}^n a_i x_i \leq b$, где $x_i = 0$ или $x_i = 1$; $i = 1, \dots, n$; a_i ; $c_i = NPV_i$; b — нечеткие числа; α — заданный минимальный уровень степеней принадлежности, определяющий субъективную оценку степени уверенности лица, принимающего решение, в возможности появления рисков событий.

Процесс решения разбивается на два этапа: первый этап — редукция переменных заключается в сокращении размерности задачи на основании априорной фиксации значений некоторых переменных; на втором этапе с применением динамического программирования определяются оптимальные значения оставшихся переменных. Предложенный подход может быть использован и для решения основной модели (1)–(9).

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда и администрации Калужской области (проект 03-02-00222а/Ц).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плещинский А. С. Оптимизация инвестиционных проектов предприятия в условиях рыночной экономики // Экономика и математические методы. – 1995. – Т. 31. – № 2. – С. 81–90.
2. Данилин В. И. Экономико-математическая модель развития корпорации // Российский экономический журнал. – 1997. – № 10. – С. 82–98.
3. Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности (теория ожидаемого эффекта). – М.: Наука, 2002. – 182 с.
4. Левнер Е. В., Птускин А. С., Фридман А. А. Размытые множества и их применение. – М.: ЦЭМИ РАН, 1998. – 108 с.

Статья поступила в редакцию 30.01.04