

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ТЕОРИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ВЫБОРЕ ВАРИАНТОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Самарский государственный аэрокосмический университет

Актуальной задачей на стадии исследования инвестиционных возможностей, предварительного технико-экономического обоснования на прединвестиционной фазе осуществления инвестиционных проектов (ИП) являются задача выбора значений входных факторов для достижения требуемого значения интегрального показателя эффективности ИП.

Задачу можно рассматривать как задачу выбора вариантов осуществления ИП. Подобного рода задача решаются, как правило, методами математического программирования. Поиск оптимального решения ведется методом перебора всех возможных комбинаций с учетом налагаемых ограничений, поэтому при любом уточнении исходных данных или модели ИП необходимо заново применять метод математического программирования. Данный подход не предназначен для анализа и выявления общих закономерностей процесса осуществления ИП и в силу этого не создает необходимой базы для прогнозирования процесса осуществления ИП, синтеза значений входных факторов с целью достижения требуемого значения интегрального показателя эффективности ИП.

Рассмотрим применение методологии теории чувствительности к решению задачи оценки влияния нескольких входных факторов на изменение интегрального показателя эффективности. В качестве которого выберем чистый дисконтированный доход (ЧДД), модель которого, в общем случае, имеет вид:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{D_i - Z_i}{(1 + \alpha)^i} - \sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1 + \alpha)^i} \quad (1)$$

где: NPV – чистый дисконтированный доход (Net Present Value);

i - номер шага расчета (осуществления) проекта;

D_i - поступления денежных средств (выручка от реализации) на i -м шаге проекта;

Z_i - текущие затраты на i -м шаге проекта;

K_i - капиталовложения на i -м шаге проекта;

α - норма дисконта;

n - горизонт расчета, равный длительности процесса осуществления ИП.

Основой метода ЧДД является предположение о главной цели фирмы, которой является повышение ее рыночной стоимости. Показатель ЧДД характеризует общий абсолютный результат инвестиционной деятельности, денежное выражение ее настоящей стоимости, ее конечный эффект. Он представляет собой сумму дисконтированных к начальному моменту времени денежных потоков доходов и денежных потоков затрат в течение всего расчетного периода (горизонта расчета) инвестиционного проекта. Величина положительного значения показателя ЧДД характеризует эффективность ИП. Чем выше значение показателя, тем выше эффективность проекта.

Рассмотрим пример задачи выбора вариантов осуществления ИП. Для этого представим модель (1) в следующем виде:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \left(\frac{C_i \cdot X_i}{(1+\alpha)^i} - \frac{A_i + B \cdot X_i}{(1+\alpha)^i} \right) - \sum_{i=0}^n \frac{K_i}{(1+\alpha)^i} \quad (2)$$

где C_i - цена реализации единицы продукции на i -м шаге проекта;
 X_i - объем производства продукции на i -м шаге проекта (примем его равным
 объему продаж продукции на i -м шаге проекта);
 A_i - условно-постоянные затраты на i -м шаге проекта;
 B_i - норматив условно-переменных затрат на выпуск единицы продукции на i -
 м шаге проекта.

Предположим, что с целью увеличения объема продаж на i -м и последующих двух шагах осуществления, предлагается вариант ИП, в котором увеличены условно-постоянные затраты на i -м шаге проекта, включающие в себя затраты по продвижению товара на рынок, такие как затраты на рекламу, затраты на развитие собственной дилерской сети и т.п. Обладая информацией о величине сбытовых затрат A_i на i -м шаге проекта, прогнозируемой функциональной зависимостью объема продаж от сбытовых затрат и соответствующей величиной изменения объема продаж ΔX_i на i -м шаге проекта, необходимо найти результирующее изменение ЧДД и тем самым оценить целесообразность маркетинговых затрат на увеличение объема продаж, т.е. принять или отвергнуть предложенный вариант осуществления ИП. Так как модель ЧДД относительно входных факторов A_i и X_i линейна, то справедливо:

$$\Delta NPV = \frac{\partial NPV}{\partial A_i} \Delta A_i + \frac{\partial NPV}{\partial X_i} \Delta X_i + \frac{\partial NPV}{\partial X_{i+1}} \Delta X_{i+1} + \frac{\partial NPV}{\partial X_{i+2}} \Delta X_{i+2}, \quad (3)$$

где $\frac{\partial NPV}{\partial A_i}$ - модель чувствительности ЧДД к изменению условно-постоянных затрат на i -м шаге проекта;

$\frac{\partial NPV}{\partial X_i}$, $\frac{\partial NPV}{\partial X_{i+1}}$, $\frac{\partial NPV}{\partial X_{i+2}}$ - модель чувствительности ЧДД к изменению объема продаж на i -м и последующих двух шагах проекта соответственно.

В случае, если результирующее изменение ЧДД больше нуля, то этот вариант, в котором затраты на увеличение объема продаж компенсируются ростом выручки от реализации, можно принять. В противном случае необходимо увеличить эффективность затрат по сбыту продукции. Заметим, что полученная модель справедлива для пары входных факторов, не входящих в модель (2) как введение на одном и том же шаге расчета.

Обратим внимание, что выручка от реализации вычисляется как произведение цены реализации и объема продаж. Переменные затраты вычисляется как произведение норматива затрат на выпуск единицы продукции и объема производства. Поэтому, модель вычисления чистого дисконтированного дохода, относительно цены реализации и объема продаж (также как и для норматива затрат на выпуск единицы продукции и объема производства), при их одновременном изменении на одном и том же шаге расчета проекта, является нелинейной.

Рассмотрим задачу выбора варианта осуществления ИП, в котором планируется уменьшить цену реализации продукции на i -м шаге проекта с тем, чтобы увеличить объем продаж на i -м шаге проекта. В этом случае, модель реакции ЧДД на одновременное изменение двух входных факторов,

входящих в модель (2) как произведение на одном и том же шаге проекта, будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \Delta NPV &= \Delta NPV_{C_i} + \Delta NPV_{X_i} + \frac{\Delta C_i \Delta X_i}{(1 + \alpha)^i} = \\ &= \frac{\partial NPV}{\partial C_i} \Delta C_i + \frac{\partial NPV}{\partial X_i} \Delta X_i + \frac{\Delta C_i \Delta X_i}{(1 + \alpha)^i}, \end{aligned} \quad (4)$$

где ΔNPV_{C_i} - изменение ЧДД, как следствие изменения цены реализации на i -м шаге проекта;

ΔNPV_{X_i} - изменение ЧДД, как следствие изменения объема продаж i -м шаге проекта;

ΔC_i - изменение цены реализации продукции на i -м шаге проекта от C_{0i} до C_{1i} ;

ΔX_i - изменение объема продаж i -м шаге проекта от X_{0i} до X_{1i} .

С целью обоснования

(4) перенесем слагаемые ΔNPV_{C_i} и ΔNPV_{X_i} в левую часть равенства и покажем, что:

$$\Delta NPV - \Delta NPV_{C_i} - \Delta NPV_{X_i} = \frac{\Delta C_i \Delta X_i}{(1 + \alpha)^i}$$

Справедливо будет:

$$\begin{aligned} \Delta NPV - \Delta NPV_{C_i} - \Delta NPV_{X_i} &= \left(\frac{C_{1i} X_{1i}}{(1 + \alpha)^i} - \frac{C_{0i} X_{0i}}{(1 + \alpha)^i} \right) - \frac{\Delta C_i X_{0i}}{(1 + \alpha)^i} - \frac{C_{0i} \Delta X_i}{(1 + \alpha)^i} = \\ &= \frac{C_{1i} X_{1i} - C_{0i} X_{0i} - C_{1i} X_{0i} + C_{0i} X_{1i} - C_{0i} X_{1i} + C_{0i} X_{0i}}{(1 + \alpha)^i} = \\ &= \frac{(C_{1i} - C_{0i})(X_{1i} - X_{0i})}{(1 + \alpha)^i} = \frac{\Delta C_i \Delta X_i}{(1 + \alpha)^i} \end{aligned}$$

Разработанная модель

(4) позволяет проводить анализ чувствительности ЧДД для двух факторов, входящих в модель (2) как произведение и изменяющихся на одном и том же шаге расчета.

Учитывая вышесказанное, многофакторная модель изменения ЧДД при изменении факторов, входящих в модель (2) примет вид:

$$\begin{aligned} \Delta NPV &= \frac{\partial NPV}{\partial F_{1i}} \Delta F_{1i} + \frac{\partial NPV}{\partial F_{2i}} \Delta F_{2i} + \dots + \frac{\partial NPV}{\partial F_{5i}} \Delta F_{5i} + \\ &+ \frac{\partial NPV}{\partial F_{6i}} \Delta F_{6i} + \frac{\Delta F_{5i} \Delta F_{6i}}{(1 + \alpha)^i} + \dots \end{aligned} \quad (5)$$

где F_1 и F_2 - входные факторы, не входящие в модель (2) как произведение на i -м шаге проекта;

F_5 и F_6 - входные факторы, входящие в модель (2) как произведение на i -м шаге проекта.

Впервые полученная аналитическая модель

(5) на основе методологии теории чувствительности позволяет проводить анализ чувствительности ЧДД к изменению нескольких факторов, входящих в модель расчета ЧДД. Разработанная модель легла в основу методики оптимизации и синтеза значений входных факторов для достижения требуемого значения ЧДД проекта.

Разработанная модель функциональной связи между изменениями значений входных факторов и результирующим изменением ЧДД позволяет:

1. Решать задачи повышения эффективности предварительного обоснования ИП;

2. Оперативно находить реакцию ЧДД при изменении нескольких входных факторов;

3. Проводить анализ сценариев развития событий по принципу «что будет, если ИП осуществлять по первому варианту, а что будет если - по второму» и т.д., благодаря тому, что выходная характеристика разработанной модели представляет собой рассчитанную разность ЧДД вариантов осуществления ИП;

4. Находить критические значения входных факторов при сохранении условия целесообразности инвестирования в проект;

5. Решать задачи синтеза значений входных факторов для достижения заданных показателей эффективности ИП.

Также отметим, что разработанная модель может служить не только инструментом поддержки принятия решений на прединвестиционной стадии ИП, но и инструментом разработки маркетинговых стратегий действующих предприятий.

Основой методики анализа и оптимизации вариантов осуществления ИП является полученная выше аналитическая комплексная модель. Методика состоит из следующих этапов:

1. Разрабатывается модель осуществления ИП (модель расчета ЧДД), по которой производится предварительный расчет ЧДД;

2. Выбирают анализируемые факторы и вид функциональной связи между ними. Определяют функциональный вид моделей чувствительности ЧДД к выбранным факторам и на их основе вычисляют численное значение моделей чувствительности.

3. На основе моделей чувствительности ЧДД к выбранным факторам и информации о связи между анализируемыми факторами, разрабатывается модель реакции ЧДД на возмущения исходных факторов;

4. Выбирают один из критериев оптимизации целевой функции, например, достижение требуемого изменения ЧДД;

5. На основе модели реакции ЧДД на возмущение входных факторов вычисляют искомые значения входных факторов.

Рассмотрим практическое применение разработанной модели

(5) на примере ИП по созданию мощностей на освоение серийного выпуска датчиков детонации 2112-3855010 на ОАО «Завод им. А.М. Тарасова» (см. табл.1). Для простоты и наглядности рассуждений в данном примере не учитывается налоговое окружение и процессы инфляции. Чистый дисконтированный доход проекта составляет 2389 тыс. руб. (при норме дисконта 4% в квартал).

Таблица 1

Программа производства и реализации продукции инвестиционного проекта по созданию мощностей на освоение серийного выпуска датчиков детонации 2112-3855010 на ОАО «Завод им. А.М. Тарасова»

	1998	1998	1998	1998	1999	1999	1999	1999	2000	2000	2000	2000
	1кв.	2кв.	3кв.	4кв.	1кв.	2кв.	3кв.	4кв.	1кв.	2кв.	3кв.	4кв.
Шаг проекта (i)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Инвестиции, тыс. руб.	8000	8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Объем производства, тыс. шт.	0	10	70	70	75	75	75	75	150	150	150	150
Цена реализации, руб.	0	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2
Выручка от реализации, тыс. руб.	0	762	5334	5334	5715	5715	5715	5715	11430	11430	11430	11430
Общие затраты на производство и сбыт продукции, тыс. руб.	0	590	3999	4004	4203	4204	4205	4205	7579	7579	7579	7579
Переменные затраты, тыс. руб.	0	406	2843	2843	3046	3046	3046	3046	6092	6092	6092	6092
Постоянные затраты, тыс. руб.	0	98	569	571	537	538	539	539	788	788	788	788
Общехозяйственные затраты, тыс. руб.	0	76	533	534	572	572	572	572	613	613	613	613
Затраты на сбыт продукции, тыс. руб.	0	9,5	54	56,6	48	48	48	48	86,3	86,3	86,3	86,3

Предположим, что планируется увеличить сбытовые расходы на втором шаге проекта на 20 процентов, что должно привести к увеличению объема продаж на этом шаге. Также планируется на четвертом шаге проекта уменьшить стоимость реализации на 15 процентов, что должно привести к увеличению объема продаж на четвертом шаге проекта на 10 процентов. Необходимо найти минимальный объем продаж на втором шаге проекта, при котором сохраняется прежнее значение ЧДД.

Минимальное значение объема продаж на втором шаге проекта, при котором изменение ЧДД равно нулю, определим по модели (5):

$$X_{21} = X_{20} - \left(\frac{\partial NPV}{\partial X_2} \right)^{-1} \left(\frac{\partial NPV}{\partial A_2} \Delta A_2 + \frac{\partial NPV}{\partial C_4} \Delta C_4 + \frac{\partial NPV}{\partial X_4} \Delta X_4 + \frac{\Delta C_4 \Delta X_4}{(1+\alpha)^4} \right), \quad (6)$$

где X_{21} - минимальное значение объема продаж на втором шаге проекта, при котором изменение ЧДД равно нулю;

X_{20} - первоначальное значение объема продаж на втором шаге проекта;

$\frac{\partial NPV}{\partial C_4}$ - модель чувствительности ЧДД к изменению стоимости продукции на четвертом шагах проекта;

$\frac{\partial NPV}{\partial A_2}$ - модель чувствительности ЧДД к изменению условно-постоянных затрат на втором шаге проекта;

$\frac{\partial NPV}{\partial X_2} \cdot \frac{\partial NPV}{\partial X_4}$ - модели чувствительности ЧДД к изменению объема

продаж на втором и четвертом шаге проекта;

ΔC_4 - изменение цены реализации на четвертом шаге проекта;

ΔX_4 - изменение объема продаж на четвертом шаге проекта;

ΔA_2 - изменение условно-постоянных затрат на втором шаге проекта;

α - норма дисконта.

Для вычисления по модели

(6) определим функциональный вид соответствующих моделей чувствительности модели (2):

$$\frac{\partial NPV}{\partial C_4} = \frac{X_2}{(1 + \alpha)^4}$$

$$\frac{\partial NPV}{\partial X_2} = \frac{C_2 - B_2}{(1 + \alpha)^2}$$

$$\frac{\partial NPV}{\partial X_4} = \frac{C_4 - B_4}{(1 + \alpha)^4}$$

$$\frac{\partial NPV}{\partial A_2} = - \frac{1}{(1 + \alpha)^2}$$

где X_2, X_4 - объем продаж на втором и четвертом шаге проекта соответственно;

C_2, C_4 - цена реализации продукции на втором шаге и четвертом шаге проекта соответственно;

B_2 - норматив затрат на выпуск единицы продукции на втором и четвертом шаге соответственно.

Имеем следующие данные для расчета: $\Delta A_2=10,8$ тыс.руб.;

$\Delta C_4=-11,43$ руб.; $C_2=76,2$ руб.; $C_4=76,2$ руб.; $X_{20}=70$ тыс.шт.; $\Delta X_4=7,5$ тыс.шт.;

$B_2=40,61$ руб. за шт.; $B_4=40,61$ руб. за шт.; $\alpha=0,04$.

Подставляя приведенные выше значения в модель (6), получим:

$$X_{21} = 70 - \left(\frac{76,2 - 40,61}{(1 + 0,04)^2} \right)^{-1} \left(\begin{array}{l} -1 \frac{1}{(1 + 0,04)^2} * 10,8 - \frac{75}{(1 + 0,04)^4} * 11,43 + \\ + \frac{76,2 - 40,61}{(1 + 0,04)^4} * 7,5 - \frac{11,43 * 7,5}{(1 + 0,04)^4} \end{array} \right) = 87,87 \text{ (тыс. шт.)}$$

Таким образом, если уровень объема продаж на втором шаге проекта будет не ниже 87,87 тыс.шт., то планируемый вариант осуществления проекта равнозначен исходному по показателю ЧДД.

Минимальное значение объема продаж на втором шаге проекта, при котором изменение ЧДД равно нулю, было вычислено итерационным способом по модели (2) и составило 87,87 тыс.шт.

Приведенный расчет показал работоспособность разработанной модели в практических задачах выбора вариантов осуществления ИП.