

ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ПРЕВЫШЕНИЯ ПЛАНОВЫХ СРОКОВ ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

А. Ю. Горлач, В. М. Дуплякин

*Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева, Самара, Россия*

Плановый срок окупаемости, как одна из основных характеристик инвестиционного проекта, определяется по чистому недисконтированному денежному потоку: периодом окупаемости проекта считается тот период, в котором этот денежный поток, рассчитанный нарастающим итогом, становится положительным.

На практике финансовые потоки инвестиционного проекта по разным причинам могут отклоняться от своих плановых значений; эти отклонения способны повлиять на финансовые показатели проекта в целом, в том числе и увеличить срок его окупаемости. Чтобы оценить возможность превышения плановых сроков окупаемости проекта, следует осуществить математическое моделирование формирования реальных потоков в проекте, а затем с помощью статистического имитационного моделирования оценить вероятность реализации рассматриваемой негативной ситуации.

Формирование реальных финансовых потоков отражает, во-первых, влияние внешних случайных факторов, а во-вторых, применение тех или иных механизмов управления инвестициями, ограничения их максимальных значений, перераспределения инвестиций (в случае, если параллельно реализуются несколько проектов, и существует возможность передачи дополнительных инвестиций из одних проектов в другие), а также механизма коррекции плановых производственных результатов.

Влияние внешних случайных факторов моделируется с помощью случайных чисел, распределённых по нормальному закону:

$$z^* = z_0 \cdot [1 + \gamma \cdot kv], \quad (1)$$

где z_0 – плановое значение параметра,

γ – датчик случайных чисел, распределённых по нормальному закону,

kv – коэффициент вариации рассматриваемого параметра,

z^* - значение параметра с учётом влияния случайных факторов.

Следующий этап формирования реальных финансовых потоков –

применение различных механизмов управления, ограничения и коррекции. Механизмы управления могут иметь различный смысл, например, учитывать отклонение инфляции предшествующего периода от планируемого, уровень инвестирования предыдущего периода, накопленный объём инвестирования и др. Механизмы ограничения определяют максимально возможный уровень инвестирования, то есть устанавливают границы возможного перевыполнения планового задания по инвестированию в соответствии с различными математическими моделями. Механизмы коррекции производственных результатов позволяют учесть влияние состояния текущего производственного процесса на получаемый результат; эти механизмы также могут описываться различными математическими моделями.

Механизм перераспределения инвестиций может быть применён в портфеле проектов, когда под действием внешних случайных факторов и механизмов управления в одних проектах возникает дефицит денежных средств, а в других – превышение планового уровня инвестирования. В этом случае передача дополнительных инвестиций из проектов с «избытком» в проекты с дефицитом позволяет уравновесить общую ситуацию в портфеле проектов. На перераспределение инвестиций могут быть наложены определённые ограничения, то есть запрет передачи средств в определённых направлениях.

Следующим шагом в оценке вероятности превышения планового срока окупаемости является статистическое имитационное моделирование. Этот процесс заключается в накоплении статистических данных по рассматриваемому явлению с последующим построением функции распределения и определением вероятности реализации интересующего нас события по этой функции. Для автоматизированной оценки вероятности следует организовать вычислительный процесс таким образом, чтобы автоматически определялось значение периода окупаемости по окончательным результатам формирования финансовых потоков и для каждой новой реализации (для каждого срабатывания датчика случайных чисел) сохранялось полученное значение. Затем, накопив достаточное количество данных, следует определить параметры этой выборки – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение, и рассчитать искомую вероятность с помощью функции нормального закона распределения.

Практическая значимость оценки вероятности превышения плановых

сроков окупаемости заключается в следующем: во-первых, использование статистического имитационного моделирования позволяет численно оценить риски, связанные с реализацией инвестиционных проектов – эта информация важна, если существуют жёсткие требования к сроку окупаемости проекта (связанные, например, с выплатой кредита). Во-вторых, рассмотренная процедура может быть применена в управлении рисками проекта: имея ограниченный выбор механизмов управления, ограничения и коррекции, можно вычислить значения рассматриваемой вероятности при всех возможных сочетаниях этих механизмов, а затем выбрать то сочетание, которое будет минимизировать рассматриваемый риск.

Рассмотрим пример использования статистического имитационного моделирования при оценке вероятности превышения плановых сроков окупаемости трех инвестиционных проектов, входящих в портфель. Исходные данные – плановые значения инвестиций, производственных результатов и инфляции в каждом месяце – представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные

t	Инвестиции			Производственные результаты			Инфляция
	1	2	3	1	2	3	
0	74,27			66,54			0,120
1	74,30			73,93			0,130
2	74,34			83,17			0,140
3	74,37			115,33			0,150
4	74,41			138,47			0,160
5	74,44			173,21			0,170
6	74,48	25,58	72,80	173,21	9,86	24,50	0,180
7	74,51	25,73	70,42	173,21	25,28	37,75	0,190
8	74,55	25,89	68,04	173,21	36,08	57,92	0,200
9	74,58	26,04	65,66	173,18	46,14	68,01	0,210
10	74,62	26,20	63,29	173,18	46,22	67,12	0,220
11	74,65	26,35	60,91	173,18	46,30	66,22	0,230
12	74,68	26,51	58,53	173,18	46,38	65,31	0,217
13	74,72		56,15	173,18		64,42	0,204
14	74,75		53,78	173,16		63,53	0,191
15	74,79		51,40	173,16		62,64	0,178
16	74,82		49,02	173,16		61,73	0,165
17	74,86		46,64	173,16		60,83	0,152
18	74,89		44,27	173,16		59,94	0,138
19	74,93		41,89	173,16		59,03	0,125
20	74,96		39,51	173,13		58,14	0,112
21	75,00			173,13			0,099
22	75,03			173,13			0,086

Предварительно определены плановые значения периода окупаемости для рассматриваемых проектов: второй месяц для первого проекта, девятый – для второго проекта и 19–й для третьего проекта.

Для моделирования реальных финансовых потоков используются различные механизмы управления, ограничения и коррекции; кроме того, допускается перераспределение «излишков» инвестиций в любых направлениях.

В качестве механизмов управления используются следующие математические модели:

- 1) Инвестирование с учётом отклонения инфляции предыдущего периода от планового значения:

$$I(2, k, t, i) = I(1, k, t, i) \cdot \frac{r_{\text{inf}}(*, t-1)}{r_{\text{inf}}(0, t-1)} \quad (2)$$

- 2) Обратное взаимодействие с уровнем инвестирования предыдущего периода:

$$I(2, k, t, i) = I(1, k, t, i) \cdot \frac{I(0, k, t-1, i)}{I(*, k, t-1, i)} \quad (3)$$

- 3) Обратное динамическое взаимодействие с уровнем инвестирования, отражающим случайное внешнее воздействие:

$$I(2, k, t, i) = I(1, k, t, i) \cdot (1 + A),$$

$$A = \frac{I(0, k, t, i) - I(0, k, t-1, i)}{I(1, k, t, i) - I(1, k, t-1, i)}, \quad |A| \leq 0,25 \quad (4)$$

- 4) Обратное влияние накопленного объёма инвестирования:

$$I(2, k, t, i) = I(1, k, t, i) \cdot \frac{\sum_{j=0}^{t-1} I(0, k, j, i)}{\sum_{j=0}^{t-1} I(*, k, j, i)} \quad (5)$$

Кроме того, допускается вариант отсутствия управления.

В приведенных моделях 2 – 5 используются обозначения: * - окончательный результат формирования инвестиций в отмеченный момент времени, 0 – плановое задание по инвестированию, 1 – уровень инвестирования, отражающий случайное внешнее воздействие, 2 – инвестирование с учётом механизмов управления.

Для ограничения максимально допустимого уровня инвестирования используются следующие модели:

- 1) Жёсткое абсолютное ограничение непревышения плановых заданий по инвестированию:

$$I(4, k, t, i) \leq I(0, k, t, i) \quad (6)$$

- 2) Коррекция планового уровня с учётом отклонения фактического уровня инфляции в предыдущем периоде от планового значения:

$$I(4, k, t, i) \leq I(0, k, t, i) \cdot \frac{r_{\text{inf}}^{(*, t-1)}}{r_{\text{inf}}(0, t-1)} \quad (7)$$

- 3) Фиксированное максимальное относительное перевыполнение планового задания:

$$I(4, k, t, i) \leq I(0, k, t, i) \cdot (1 + \beta) \quad (8)$$

- 4) Обратное влияние текущей реализации инвестирования в предыдущий период:

$$I(4, k, t, i) \leq I(0, k, t, i) \cdot \frac{I(0, k, t, i)}{I(*, k, t, i)} \quad (9)$$

- 5) Обратное влияние накопленного инвестирования в предшествующий период:

$$I(4, k, t, i) \leq I(0, k, t, i) \cdot \frac{\sum_{j=0}^{t-1} I(0, k, j, i)}{\sum_{j=0}^{t-1} I(*, k, j, i)} \quad (10)$$

- 6) Обратное влияние динамики инвестирования в предыдущий период:

$$I(4, k, t, i) \leq I(0, k, t, i) \cdot (1 + A),$$

$$A = \frac{I(0, k, t, i) - I(0, k, t-1, i)}{I(*, k, t, i) - I(*, k, t-1, i)}, \quad |A| \leq 0,25 \quad (11)$$

Здесь использованы обозначения: 0 – плановое задание, 3- инвестирование с учётом внешних факторов, управления и перераспределения, 4 – окончательный вариант формирования инвестиций с учётом ограничения.

Коррекция реальных производственных результатов осуществляется в соответствии со следующими математическими моделями:

- 1) Непосредственное влияние текущего уровня инвестирования:

$$CF(2, k, t, i) = CF(1, k, t, i) \cdot \frac{I(*, k, t, i)}{I(0, k, t, i)} \quad (12)$$

- 2) Влияние накопленного объёма инвестирования:

$$CF(2,k,t,i) = CF(1,k,t,i) \cdot \frac{\sum_{j=0}^t I(*,k,j,i)}{\sum_{j=0}^t I(0,k,j,i)} \quad (13)$$

3) Динамическое взаимодействие с уровнем инвестирования:

$$CF(2,k,t,i) = CF(1,k,t,i) \cdot \left(1 + \frac{I(*,k,t,i) - I(*,k,t-1,i)}{I(0,k,t,i) - I(0,k,t-1,i)} \right), \quad (14)$$

$$\left| \frac{I(*,k,t,i) - I(*,k,t-1,i)}{I(0,k,t,i) - I(0,k,t-1,i)} \right| \leq 0,25$$

4) Последствие предшествующего результата:

$$CF(2,k,t,i) = CF(1,k,t,i) \cdot \left(1 + \frac{CF(*,k,t-1,i)}{CF(0,k,t-1,i)} \right), \quad (15)$$

$$\left| \frac{CF(*,k,t-1,i)}{CF(0,k,t-1,i)} \right| \leq 0,25$$

5) Последствие динамики предшествующего результата:

$$CF(2,k,t,i) = CF(1,k,t,i) \cdot \frac{CF(*,k,t,i) - CF(*,k,t-1,i)}{CF(0,k,t,i) - CF(0,k,t-1,i)} \quad (16)$$

Далее рассчитываются значения статистической вероятности наступления рассматриваемого события (превышения планового срока окупаемости проекта) для всех возможных сочетаний механизмов управления, ограничения и коррекции. Вычисления осуществляются с помощью макроса в Microsoft Excel; полученные данные анализируются с помощью функций Excel – из полученных значений вероятности превышения сроков окупаемости выбирается наименьшее, и определяется сочетание механизмов управления, соответствующее этому значению.

В результате численного эксперимента получены следующие результаты: оптимальным для первого проекта является сочетание механизмов (2), (7) и (16), а для второго и третьего проектов – (3), (6) и (16). Применение именно этих механизмов позволяет минимизировать риск превышения плановых сроков окупаемости проектов: для первого проекта риск составляет 0,28, а для второго и третьего проектов близок к нулю.

При самом неблагоприятном сочетании механизмов управления инвестициями в данных проектах вероятности превышения сроков окупаемости составят для первого проекта 0,65 (при сочетании механизмов (4), (8) и (13)), для второго проекта 0,55 (сочетание механизмов (4), (8) и (15)), и для третьего проекта 0,61 (механизмы (4) и (8) при отсутствии коррекции производственных

результатов).

Полученные результаты убедительно демонстрируют эффективность предлагаемых механизмов управления финансовыми потоками инвестиционных проектов.