

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

И. В. Яцкив, Е. А. Юршевич (Рига)

### Введение

В экономической деятельности руководитель любого уровня постоянно сталкивается с необходимостью принимать решения в ситуациях, сопряженных с риском. Применяемые сегодня различные аналитические модели и методы для анализа риска содержат в себе наряду с достоинствами и ряд недостатков: они позволяют только обобщенно описать процесс, идеализируя и упрощая его элементы.

Другим методом оценки рисков в бизнес-процессах может быть имитационное моделирование, которое позволяет максимально приблизить модель к реальной ситуации. Сегодня этот подход становится одним из наиболее приоритетных при оценке рисков в бизнес-процессах. Но при использовании имитационной модели не исключается необходимость аналитических моделей. Они являются частью направленного эксперимента с моделью. В начале производится аналитическое моделирование, результаты которого служат ориентиром при построении в дальнейшем имитационной модели и могут использоваться при валидации модели.

### 1. Общие положения

При проведении имитационного эксперимента с моделью экономической системы можно выделить следующие шаги [1]:

1. выявление основных параметров, являющихся ключевыми в имитируемой экономической системе, установление взаимосвязи между входными и выходными показателями в виде математических выражений. Как правило, применяются экспертные методы выявления ключевых параметров;

2. оценка законов распределения вероятностей для ключевых параметров модели. Применяют аналитический аппарат анализа, статистические и вероятностные методы оценки;

3. проведение компьютерной имитации исследуемого бизнес-процесса;

4. оценка характеристик распределений выходных показателей;

5. проведение анализа полученных результатов и принятие решение. На этом этапе также применяется статистический анализ, позволяющий наиболее полно проанализировать полученные результаты. На основе проведенного анализа строится прогноз параметров и развития процесса в целом.

Реализация каждой стадии алгоритма зависит от того, модель какой системы необходимо построить. В докладе рассматривается задача построения имитационной модели инвестиционного проекта (ИП).

### 2. Задача оценки риска ИП и построение имитационной модели

Построение имитационной модели ИП заключается в моделировании денежных потоков, возникающих в ходе реализации ИП. При этом полученные значения чистой современной стоимости проекта ( $NPV$ ) и величины чистого потока платежей в период времени  $t$  ( $NCF_t$ ) будут использоваться для оценки риска инвестиционного проекта в целом. Оговоримся сразу, что риск будет рассматриваться обособленно, без учета воздействия на корпорацию в целом. Чем больше значение отклонения  $NCF_t$  от среднеожидаемого значения, тем больше риск проекта [2]. Чаще всего для оценки риска применяются такие статистические параметры, как математическое ожидание, дис-

персия, стандартное отклонение и вариация значения чистой современной стоимости проекта.

Первоначально, в ходе исследования предметной области, выделяются рискованные факторы, влияющие на изменения значений денежных потоков и чистой современной стоимости проекта в целом. К ним относятся:

- **детерминированные факторы: постоянные затраты ( $F$ ), ставка амортизационных отчислений по кварталам ( $A$ ), ставка налога на прибыль ( $T$ ), ставка дисконтирования ( $r$ ), срок реализации проекта ( $n$ ), размер начальных инвестиций ( $I$ );**
- **стохастические факторы: объем сбыта товара ( $Q$ ), цена за единицу продукции ( $P$ ), переменные затраты на производство ( $V$ ).**

Данный перечень не конечен и может быть значительно уточнен в ходе более детального исследования. Так, в случае применения воздействия финансового рычага в качестве стохастического фактора может также выступать процентная ставка банковской ссуды ( $kr$ ), которая имеет свойство варьироваться во времени, а в качестве постоянного фактора – доля инвестиций, взятых в виде банковской ссуды.

Воспользовавшись статистикой проекта, схожего с рассматриваемым или же путем экспертных методов определяется для стохастических параметров модели законы распределения их значений и параметры этих законов. В случае невозможности подбора вероятностных законов можно воспользоваться эмпирическими распределениями или бутстреп-технологиями.

В качестве показателя эффективности ИП в данной работе был использован показатель чистой современной стоимости проекта  $NPV$  [3]. Согласно критерию  $NPV$  проект следует принять в том случае, если все дисконтированные денежные притоки ( $CIF_j$ ), больше всех дисконтированных денежных оттоков ( $COF_j$ ) [3], где  $j = 1, 2, \dots, n$ . Формула расчета чистой дисконтированной стоимости следующая:

$$NPV = \sum_{j=1}^n \frac{CIF_j}{(1+R)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{COF_j}{(1+R)^j}, \quad (1)$$

где  $j$  – время (порядковый номер периода) денежных притоков и оттоков в будущем;  
 $R$  – требуемая доходность.

### 3. Программная реализация имитационной модели ИП

На стадии разработки компьютерной модели были созданы два алгоритма реализации имитационной модели инвестиционного проекта: с условием и без условия воздействия финансового рычага. В качестве демонстрации приводится алгоритм без воздействия финансового рычага. Последовательность его шагов следующая:

1. В качестве исходных данных указывается:
  - число экспериментов с моделью –  $N$ ,
  - значения детерминированных факторов модели ( $A, F, r, n, T, I$ ),
  - вероятностные законы и их параметры для построения эмпирического распределения значений стохастических параметров модели ( $P, Q, V$ ).
2. В цикле от 1 до  $N$ :
  - 2.1. В цикле по  $t$  от 1 до  $n$  ( $n$  – срок реализации проекта):
    - 2.1.1. Генерация потоков платежей в момент времени  $t$   $COF_t$ ;
    - 2.1.2. Генерация потоков поступлений в момент времени  $t$   $CIF_t$ ;
    - 2.1.3. Нахождение значения общего денежного потока в момент времени  $t$   $NCF_t$
  - 2.2. Расчет чистой дисконтированной стоимости проекта  $NPV$ ;
  - 2.3. Статистическая обработка  $NCF_t, NPV, P, Q, V$ .
  - 2.4. Оценка основных мер риска проекта.

## 2.5. Вывод результатов в табличном и графическом виде.

## 3. Конец алгоритма.

При применении финансового рычага данный алгоритм немного изменится за счет появления дополнительных денежных потоков. Для уточнения модели необходимо также учесть фактор риска инвестора, вкладывающего в него деньги. Здесь возникает необходимость включения в имитационную модель баланса предприятия (в рамках данной работы этот фактор не рассматривался).

В ходе программной реализации данного алгоритма был создан так называемый бизнес-калькулятор, позволяющий настраивать параметры модели под реальные данные, экспериментировать с моделью, а также проводить статистический анализ полученных результатов. При желании, можно провести исследование влияния на риск инвестиционного проекта воздействие финансового рычага. Можно отметить, что сам программный продукт написан в объектно-ориентированном стиле, что без труда позволит усовершенствовать его при необходимости большей детализации условий реализации проекта.

Были реализованы модули, позволяющие:

1. задавать ключевые параметры модели: как постоянные, так и случайные;
2. В результате серии экспериментов с имитационной моделью инвестиционно-го проекта построить эмпирического распределения величин  $NPV$  и  $NCF_t$ ;
3. провести статистический анализ результатов экспериментирования;
4. провести анализ риска инвестиционного проекта при воздействии на него финансового рычага. Были предусмотрены возможности анализа чувствительности проекта от размера банковской ссуды; от размера процента, который может изменяться во времени; от сроков его реализации.

## 4. Пример применения бизнес-калькулятора для оценки риска ИП

Указав значения ключевых параметров модели в специальной форме и проведя серию экспериментов с моделью, на выходе мы получим эмпирическое распределение значений денежных потоков  $NCF_t$ , а также распределение значений  $NPV$ , которые требуют дополнительного статистического анализа. Была разработана специальная методика проведения статистического анализа результатов с целью подготовки данных для принятия решения о риске ИП.

Для быстрого анализа в разработанном программном продукте была предусмотрена возможность провести статистический анализ и результаты вывести в специальном окне (рис. 1).

Анализ результатов имитационного моделирования методом Монте-Карло					
The Initial Investments	2000		Norm of Discount	0.1	
Constant Expenses	500		The Tax to Profit	0.6	
Amortization	100		Term of The Project	5	
	Price	Quantity	Variance exp.	NCFt	NPV
Mean	43.3259987200001	200.90774291	29.13210174	1000.97141718115	1799.73439443555
Std Error	0.106494086192897	1.07811067429662	0.0708276079956621	12.345695097978	47.7340267673862
Median	43.3568	200.512200000001	29.1681	985.948080875797	1720.34272560043
Mode	43.3937724550898	206.131561761229	30.2318751453488	993.243643982442	1526.84882117942
Std Dev.	5.32470430964484	53.9055337148312	3.54138039978311	276.058134685646	1067.3652869167
Variance	28.3524759851504	2905.8065650808	12.541375135968	76208.0937261185	1139268.65571477
Kurtosis	2.01195268803368	-0.755730250831195	-1.0796424454299	-0.0754021913264882	-0.12777426248125
Skewness	-0.0413526027854023	0.0103134362202157	-0.0626861937695423	0.130513896145125	0.1867365284665957
Minimum	25.1056	-16.2217749999997	16.04355	191.444844265799	-1213.96891588736
Maximum	59.9624	407.5742	40.7793000000001	1880.8375049321	5216.33904852607
Intervall	34.8568	423.795975	24.7357500000001	1689.3926606663	6430.30796441343
Sum	108314.9968	502269.357275	72830.25435	500485.708590575	899867.197217773
Count	2500	2500	2500	500	500
95% confid lim.	0.208728408938078	2.11309692162138	0.138822111671498	24.1975623920368	93.5586924640769
Number of NPV<0	0	0	0	0	16
Sum of losses	0	0	0	0	-7048.33021554342
Sum of Profits	0	0	0	0	906915.527433316

**Рис. 1. Результаты эксперимента с имитационной моделью и их статистические характеристики**

Если требуется провести более детальный анализ полученных результатов, то можно воспользоваться любым стандартным статистическим пакетом. Для этого предусмотрена возможность вывода полученных результатов в текстовые файлы.

Согласно методике, информацию для принятия решения на базе полученных в ходе имитационного эксперимента результатов могут дать оценки *финансовых показателей экономической деятельности*: ожидаемый выигрыш ИП ( $NPV_+$ ), ожидаемый проигрыш ИП ( $NPV_-$ ), нормированный коэффициент убытка ( $ENPV$ ), который показывает процент площади под профилем риска, лежащем в отрицательной области.

Далее, важно оценить *основные статистические показатели*, такие как математическое ожидание  $NPV$ , размах вариации значений  $NPV$ , дисперсия значений  $NPV$ , стандартное отклонение значений  $NPV$ , коэффициент вариации значений  $NPV$  (чем больше коэффициент вариации, тем выше риск проекта); *вероятностные характеристики проекта*, например, вероятность нерентабельности проекта; *интервальную оценку* для среднего значения  $NPV$  с заданной вероятностью.

Убедившись посредством стандартных статистических процедур в нормальности распределения значений параметра эффективности проекта, можно проанализировать такие статистические показатели, как коэффициент асимметрии и эксцесса. Данные показатели могут помочь проанализировать характер заостренности распределения значений  $NPV$ , а также смещение этой кривой.

Проанализировав полученные результаты можно дать заключение о риске проекта в целом. Но при этом, необходимо иметь в виду, что окончательное решение остается за инвестором, так как оно зависит от того, на какой риск он готов пойти.

## 5. Оценка ИП в течение времени его реализации

Ценной информацией для инвестора может являться оценка проекта в течение времени его реализации. В разработанном программном продукте предусмотрена возможность получения такой информации. Указав в специальной форме срок реализации проекта, как показано на рис. 2, можно получить информацию о том, как будет меняться характер развития проекта в течение времени его реализации. Таким образом, полагаясь на эти данные, можно спрогнозировать, денежные поступления и прибыль проекта.

Анализ результатов имитации при различных сроках реализации проекта		Статистический анализ результатов имитации								График зависимости NPV от срока реализации	
Срок реализации проекта: Укажите срок:		NCF Y=1	NPV Y=1	NCF Y=2	NPV Y=2	NCF Y=3	NPV Y=3	NCF Y=4	NPV Y=4		
<input type="radio"/> 1 год <input type="radio"/> 2 года <input type="radio"/> 3 года <input checked="" type="radio"/> 4 года <input type="radio"/> 5 лет <input type="radio"/> 6 лет <input type="radio"/> 7 лет <input type="radio"/> 8 лет <input type="radio"/> 9 лет <input type="radio"/> 10 лет <input type="radio"/> Другой срок ...		Mean	2467.7346	243.39520	2262.7294	2113.4194	2423.2756	3934.0625	2157.8674	5407.9150	
		StdErr	188.45591	171.32356	136.33026	201.18722	169.15682	221.91566	160.62065	238.65713	
		Variance	3551563.2	2935176.2	1858593.8	4047630.2	2861403.2	4924656.5	2579899.5	5695722.5	
		StdDev	1884.5592	1713.2355	1363.3026	2011.8723	1691.5682	2219.1567	1606.2065	2386.5712	
		Min	-1514.7044	-3377.0041	-3377.0041	-2865.7907	-2865.7907	-1496.4693	-1496.4693	-1026.3935	
		Max	8303.1894	5548.3540	6562.4794	8686.9013	8686.9013	10522.243	10522.243	12083.957	
		Sum	246773.46	24339.519	226272.93	211341.95	242327.57	393406.25	215786.75	540791.5	
		95% confid	369.37359	335.79418	267.20730	394.32696	331.54736	434.95471	314.81646	467.76797	
		NPV<0		49		14		4		1	
		SumOfLos		-57184.269		-16143.715		-3351.7258		-1026.3935	
		SumOfPro		81523.789		227485.67		396757.96		541817.87	
		P(NPV<0)									

**Рис. 2. Оценка основных показателей проекта во времени  
(Столбцы – моменты времени, строки – показатели)**

### **6. Заключение**

□ Построение имитационной модели бизнес-процесса требует больших временных затрат и усилий как со стороны работников данной сферы бизнеса, так и разработчиков программного обеспечения. Однако при создании адекватной имитационной модели она может служить мощным инструментом анализа соответствующего бизнес-процесса.

□ Важнейшее значение при применении имитационного моделирования играет предварительный статистический анализ факторов модели и статистический анализ результатов.

□ Для того, чтобы полноценно проводить анализ риска инвестиционного проекта, необходимо включать модель в реальную систему учета и анализа средств предприятия, а именно: использовать данные баланса предприятия в качестве исходных данных модели.

### **Литература**

1. **L. Oakshott.** Business Modelling and Simulation, Pearson Education, 1997. – 367 p.
2. **И.М. Волков, М.В. Грачева.** Проектный анализ: учебник для вузов. – М.:Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 423 с.
3. **В.И. Решецкий.** Экономический анализ и расчет инвестиционных проектов. – Калининград: ФГУИПП Янтарный сказ, 2001. – 477 с.