

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ

*Елена Юршевич*

*Институт транспорта и связи  
Ломоносова 1, Рига, LV-1019, Латвия  
Тел.7100651. E-mail:elenyur@tsi.lv*

### **Введение**

В экономической деятельности руководитель любого уровня постоянно сталкивается с необходимостью принимать решения в ситуациях, сопряженных с риском. Например, в таких задачах, как принятие решений при инвестировании в проекты или при определении состава портфеля ценных бумаг оценка риска является обязательной, поскольку принятие решения связано с крупными капиталовложениями. Для этого, необходимо выявить, количественно измерить, оценить и сопоставить элементы рассматриваемых экономических процессов, определить взаимосвязи, тенденции, закономерности с описанием их в системе экономических показателей.

Существуют множество различных аналитических моделей и методов анализа риска. Одним из их недостатков является то, что они содержат в себе много предположений и ограничений для простоты описания процесса и возможного решения. Эти методы позволяют 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.

### **Задача оценки риска инвестиционного проекта**

В качестве примера применения имитационного моделирования как инструмента оценки риска в работе рассматривается задача оценки риска инвестиционного проекта. Перед организацией стоит проблема принятия решения об инвестировании проекта запуска в производство нового товара.

При рассмотрении рисков в инвестиционных проектах следует отметить, что понятие риска в них связано со значением чистой современной стоимости проекта (NPV) и величиной чистого потока платежей в период времени  $t$  (NCF $t$ ). Так, чем больше значение отклонения NCF $t$ , тем больше риск проекта. Чаще всего для оценки риска используется математическое ожидание, дисперсия, стандартное отклонение и вариация значения чистой современной стоимости проекта.

При оценке риска инвестиционного проекта большое значение имеет фактор времени. Чем больше временной отрезок реализации проекта, тем больше неопределенности в оценке ожидаемых доходов. Единицей измерения времени при оценке риска инвестиционного проекта будем считать один год. Для того, что бы оценить риск проекта в целом, оценка риска для одного года не несет в себе ценной информации, так как стоимость денежного потока меняется во времени. Поэтому, рассматривается реализация проекта в некотором временном интервале.

Риск инвестиционного проекта можно рассматривать с трех позиций:

1. Обособленно, без учета риска корпорации, которая его осуществляет.
2. В контексте влияния на корпорацию.
3. В контексте влияния на риск инвестиционного портфеля владельцев собственного капитала корпорации (может рассматриваться как подраздел предыдущего пункта).

В ходе данной работы рассмотрим риск и его оценку обособленно.

## Описание имитационной модели инвестиционного проекта

Основываясь на стандартной схеме имитационного моделирования [1], в результате реализации стадий анализа процесса (объекта) моделирования и сбора данных были выявлены следующие ключевые факторы модели инвестиционного проекта:

- **детерминированные переменные:** постоянные затраты –  $F$ , амортизация –  $A$ , налог на прибыль –  $T$ , норма дисконта –  $r$ , срок проекта –  $n$ , начальные инвестиции –  $I$ ;

- **стохастические переменные:** объем продаж –  $Q$ , цена за единицу продукции –  $P$ , переменные затраты –  $V$ .

В качестве концептуальной модели была взята модель оценки чистой современной стоимости проекта. Для ее оценки нам необходимо оценить чистый поток платежей, который поступает на предприятие в результате реализации продукции с учетом затрат, амортизации и налога на прибыль. Для расчета используется следующая формула:

$$NCF_t = [Q(P - V) - F - A](1 - T) + A.$$

Произведя дисконтирование потока платежей, и отняв значение начальных инвестиций получаем чистую современную стоимость проекта:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I.$$

В качестве меры оценки риска рассмотрим:

1. Ожидаемый дисконтированный доход  $NPV$ .
2. Издержки неопределенности (ожидаемый чистый дисконтированный доход возможного выигрыша при решении отклонить проект или ожидаемый чистый дисконтированный возможный убыток при решении принять проект).
3. Нормированный ожидаемый убыток  $NEL$ :

$$NEL = \frac{EL}{EI + EL},$$

где  $EI$  – ожидаемый дисконтированный доход,

$EL$  – ожидаемые дисконтированные потери.

4. Коэффициент вариации  $Var$ :

$$Var = \frac{\sigma}{E},$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение значения чистой современной стоимости проекта  $NPV$ ,

$E$  – математическое ожидание значения чистой современной стоимости проекта  $NPV$ .

На этапе создания компьютерной модели было разработано программное обеспечение (ПО), позволяющее:

1. Задавать ключевые параметры модели: как постоянные, так и случайные.

2. Проводить серию экспериментов с имитационной моделью инвестиционного проекта с целью построения эмпирического распределения величин чистого потока платежей и чистой современной стоимости проекта.

3. Проводить статистический анализ результатов экспериментирования с имитационной моделью (построение графиков распределений, доверительных интервалов и т.д.).

4. Проводить анализ риска инвестиционного проекта при воздействии на него финансового рычага. Были предусмотрены следующие возможности:

- проведения серии экспериментов с целью оценки изменения риска проекта в зависимости от размера ссуды, берущейся корпорацией в банке;
- проведения серии экспериментов с целью оценки изменения риска проекта при условии, что корпорация взяла ссуду в банке под процент, который может изменяться во времени;
- анализа изменения риска проекта в зависимости от сроков его реализации;
- оценки степени изменения риска инвестиционного проекта в течении времени его реализации.

## Контрольный пример и анализ результатов

В качестве примера продемонстрируем результаты проведения серии экспериментов с имитационной моделью инвестиционного проекта и результаты статистического анализа риска проекта.

На первом этапе задаются значения ключевых параметров модели. Интерфейс ввода данных представлен на рис. 1.

Рис. 1. Интерфейс ввода значений ключевых параметров модели

Были заданы следующие значения детерминированных переменных модели:

- постоянные затраты  $F=500$
- амортизация  $A=100$
- налог на прибыль  $T=60\%$
- норма дисконта  $r=10\%$
- срок реализации  $n=5$  лет
- начальные инвестиции  $I=2000$

- число экспериментов 1000.

Распределения значений стохастических переменных модели имеют вид нормального вероятностного распределения со следующими параметрами:

- цена единицы продукции  $P - N(48.75, 5.45)$
- объем продаж  $Q - N(212.5, 54.49)$
- переменные затраты  $V - N(30, 3.54)$

Проведя серию экспериментов с моделью, мы получаем эмпирическое распределение следующих случайных величин: значений чистого потока платежей  $NCF_t$  и приведенной стоимости самого проекта  $NPV$ .

Результаты и их анализ для одного из имитационных экспериментов представлен на рис. 2.

Анализ результатов имитационного моделирования методом Монте-Карло					
<b>The Initial Investments</b>	2000		<b>Norm of Discount</b>	0.1	
<b>Constant Expenses</b>	500		<b>The Tax to Profit</b>	0.6	
<b>Amortization</b>	100		<b>Term of The Project</b>	5	
	Price	Quantity	Variance exp.	NCFt	NPV
Mean	47.43080025	200.0136165	29.25308655	1316.94431732207	2992.25509415213
Std.Error	0.176437409955804	1.77476658243307	0.111325054200174	21.8726779381311	82.9146581393993
Median	47.8439375	201.1252125	29.1990750000001	1263.96201445026	2791.41048141288
Moda	48.6722281021898	203.646414885496	29.6006932835821	1249.59176802247	2736.93594138129
Std.Dev.	5.57944079921209	56.1230471564147	3.52040731914243	691.674808118096	2621.99171134721
Variance	31.1301596319124	3149.79642212115	12.3932676926716	478414.040185205	6874840.53437345
Kurtosis	-0.115051743159158	-0.0611835281652552	-0.028945980647377	0.45228181079301	0.452281810793024
Skewness	-0.113865476464294	-0.0290448507856909	0.125063615957604	0.555759023209309	0.555759023209308
Minimum	29.1981249999999	22.6023499999996	17.964	-476.927230010009	-3807.92943349256
Maximum	63.0971250000001	404.03235	40.08015	4108.48096672002	13574.3752910087
Intervall	33.8990000000002	381.43	22.11615	4585.40819673003	17382.3047245013
Sum	47430.80025	200013.6165	29253.08655	1316944.31732207	2992255.09415214
Count	1000	1000	1000	1000	1000
95% confid.lim.	0.345817323513376	3.47854250156881	0.21819710623234	42.8704487587369	162.512729953223
Number of NPV<0	0	0	0	0	118
Sum of losses	0	0	0	0	-105839.3295797
Sum of Profits	0	0	0	0	3098094.42373184

Рис. 2. Анализ результатов эксперимента с имитационной моделью

По значению величины математического ожидания можно оценить наиболее вероятное значение чистого потока платежей и чистой современной стоимости проекта в заданной модели. Определив стандартную ошибку, можно оценить погрешность оценки ожидаемых величин параметров. Величина стандартного отклонения может позволить определить, в каких интервалах могут варьироваться значения  $NPV$  и  $NCF_t$ . В данном примере математическое ожидание современной стоимости проекта равно 2992,255, а стандартное отклонение – 2621,992. Можно сказать, что стандартное отклонение не превышает ожидаемого значений, но достаточно велико, что бы заставить задуматься о рискованности данного проекта. Оценив число отрицательных значений  $NPV$  можно сказать, какова вероятность того, что наш проект будет убыточным. В данном случае вероятность убыточности проекта составляет 0,118. Полагая, что проект будет считаться рискованным, если вероятность убыточного проекта больше 0,05, можно сказать что, данный проект рискован. Однако, проанализировав суммы убытков и прибыли, можно заметить, что ожидаемый чистый дисконтированный убыток ( $EL=105839,3296$ ) при принятии проекта намного меньше, чем ожидаемый дисконтированный доход ( $EI=3098094,4237$ ) при отклонении проекта. В целом, отношение двух величин говорит о рентабельности проекта,

но при этом следует учесть, что конкретное значение является частным случаем и для достоверности необходимо провести серию экспериментов с моделью. Коэффициент вариации в данном примере равен 0,88. Полагается, что чем меньше коэффициент вариации, тем лучше [2]. В нашем случае, значение коэффициента говорит о достаточно высоком уровне риска проекта. С другой стороны, проанализировав значение нормированного ожидаемого убытка  $NEL(0,033)$ , можно сказать, что в целом проект удачен (полагается, что проект достаточно рискован при  $NEL > 0,4$  [2]). Однако, поскольку этот показатель зависит от ожидаемого чистого дисконтированного убытка и ожидаемого чистого дисконтированного дохода, то к этому показателю нужно относиться критично, так как эти значения могут являться частным случаем, и необходима их оценка по серии экспериментов.

Важным элементом анализа является исследование зависимостей между случайными величинами параметров модели. Исследование можно провести визуально, проанализировав графики временных рядов параметров (см. рис. 3).

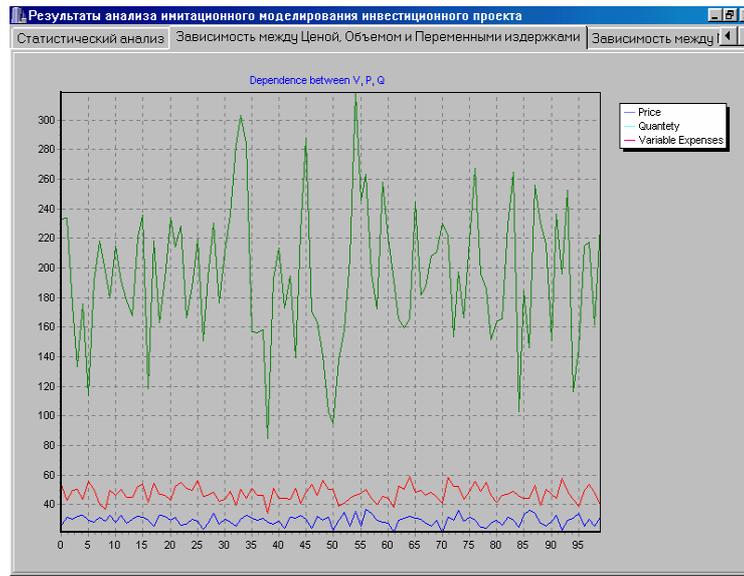


Рис. 3. Графики временных рядов параметров модели

Также можно прибегнуть к помощи процедур пакета Statistica. Результаты построения матрицы парных корреляций представлены на рис. 4.

Correlations (new.sta.) Marked correlations are significant at p <0.0500 N=1000					
	Price	Quantity	Varexpen	NPV	NCF
Price	1	0.089	-0.02	<b>0.722</b>	<b>0.72</b>
Quantity	0.089	1	0.122	<b>0.56</b>	<b>0.56</b>
Varexpen	-0.02	0.122	1	<b>-0.387</b>	<b>-0.39</b>
NPV	<b>0.72</b>	<b>0.56</b>	<b>-0.387</b>	1	<b>1</b>
NCF	<b>0.72</b>	<b>0.56</b>	<b>-0.387</b>	1	1

Рис. 4. Результаты построения матрицы парных корреляций основных параметров модели

Можно увидеть, что переменные факторы модели линейно не коррелируют между собой, однако значимо коррелируют с NPV и NCfT, что и следовало ожидать.

Основываясь на центральной предельной теореме, можно утверждать, что вероятностное распределение чистой дисконтированной стоимости проекта имеет нормальное распределение. В этом можно убедиться, построив гистограмму полученных значений при помощи пакета Statistica (см. рис. 5).

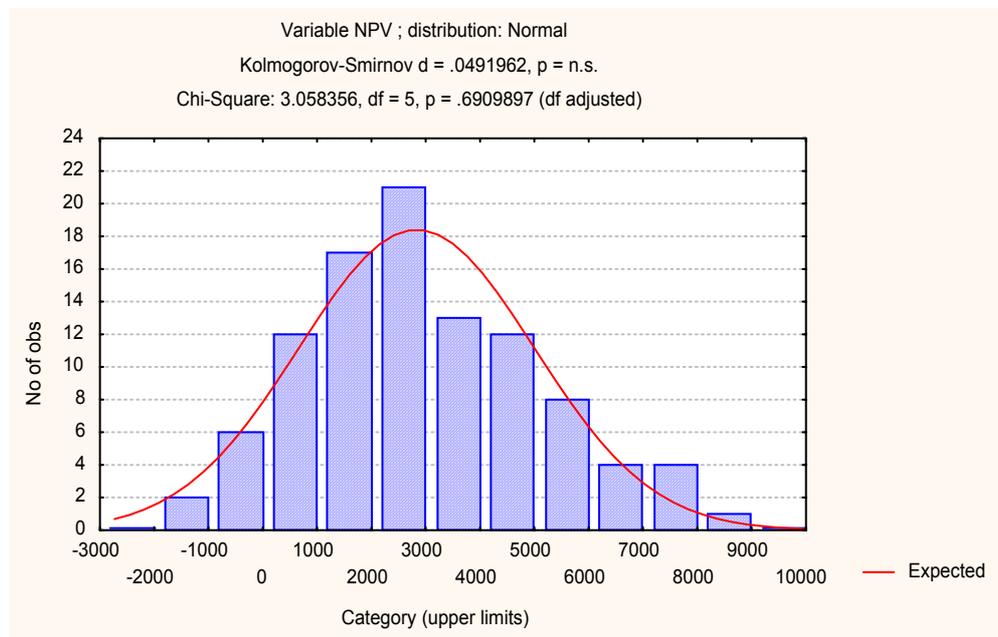


Рис. 5. Гистограмма значений чистой современной стоимости проекта

Графический анализ, а также значения критериев  $\chi^2$  и Колмогорова-Смирнова не отвергают гипотезу о нормальности распределения (см. рис.6). Как видно, критерий не значим, поэтому можно утверждать, что данное распределение имеет нормальный закон. Теперь, можно проанализировать такие статистические показатели, как коэффициент асимметрии и эксцесса, которые были подсчитаны в программе. Можно увидеть, что распределение NPV имеет более заостренный характер (коэффициент эксцесса равен  $s_{ex}=0,45$ ) по сравнению с нормальной кривой, а само оно смещено вправо (коэффициент асимметрии  $s_{as}=0,56$ ). Осуществим оценку значимости коэффициента асимметрии для распределения NPV. Для получения области возможных изменений выборочного коэффициента асимметрии определим стандартную (среднюю квадратическую) ошибку по формуле:

$$\sigma_{as} = \sqrt{\frac{6 * (n - 1)}{(n + 1) * (n + 3)}}$$

где  $n$  – число значений случайной величины (в данном случае – 1000).

В данном примере  $\sigma_{as}=0,077$ . Построим интервал принятия гипотезы о незначимости коэффициента асимметрии. При заданном уровне значимости  $\alpha=0.01$  имеем интервал принятия гипотезы  $[-0.19835;+0.19835]$ . Как видно, наш коэффициент асимметрии  $s_{as}(0,56)$  не попадает в область его возможных изменений, поэтому мы отвергаем гипотезу о незначимости коэффициента асимметрии, и с вероятностью ошибки 0,01 принимаем гипотезу о его значимости. Следовательно, можно сказать что, большая часть значений NPV принимает значения, большие среднеождаемого. Это является положительным фактором при оценке риска проекта.

На основании результатов приведенного анализа, лицо принимающее решения, должно оценить риск проекта и целесообразность его принятия. В данном случае, такие показатели, как нормированный ожидаемый убыток, коэффициент асимметрии распределения значений современной стоимости проекта говорят о рентабельности проекта. С другой стороны, такие показатели как коэффициент вариации, стандартного отклонения, вероятности отрицательного значения чисто современной стоимости проекта говорят о нестабильности проекта, о высокой доле вариации и непредсказуемости результатов, а это влечет за собой высокий риск самого проекта. Для определенных исходных данных трудно принять однозначное решение. Большое значение при принятии решения имеет фактор готовности инвестора идти на риск, и в какой мере. Если инвестора не смущает такое большое значение коэффициента вариации, то он может принять этот проект. В любом случае, решение о принятии проекта всегда остается за инвестором.

При проведении серии экспериментов можно построить так называемую область нерентабельности проекта, то есть область таких значений переменных факторов, при которых проект будет являться нерентабельным. Построение этой области позволит дать оценку рентабельности проекта при заданных значениях параметров модели с определенным уровнем доверия.

Ценной информацией для инвестора является оценка проекта в течении времени. Данная имитационная модель позволяет провести эксперимент, результатом которого является оценка основных показателей проекта во времени (рис. 6)

	NCFY=1	NPVY=1	NCFY=2	NPVY=2	NCFY=3	NPVY=3	NCFY=4	NPVY=4
Mean	3249.8874	954.44305	3162.8110	3568.3364	3283.6037	6035.3564	3102.1430	8154.1621
StdErr	182.94036	166.30943	183.41294	242.00804	166.08827	268.65869	171.42042	304.57977
Variance	3346717.7	2765882.5	3364031	5856789	2758531.2	7217748.5	2938496.2	9276884
StdDev	1829.4036	1663.0942	1834.1295	2420.0803	1660.8826	2686.5866	1714.2042	3045.7978
Min	-137.12028	-2124.6547	-2124.6547	-2031.8190	-2031.8190	-146.96562	-146.96562	2189.25830
Max	8954.6015	6140.5468	10850.574	9838.8027	9838.8027	11878.099	11878.099	15072.869
Sum	324988.75	95444.304	316281.09	356833.65	328360.37	603535.62	310214.28	815416.18
95% confid	358.56311	325.96646	359.48937	474.33575	325.53302	526.57098	335.98403	596.97637
NPV<0		27		6		1		0
SumOfLos		-24680.291		-4316.2734		-146.96562		0
SumOfPro		120124.59		361149.90		603682.62		815416.18
P(NPV<0)								

Рис. 6. Оценка основных показателей проекта во времени

Как видно из таблицы, представленной на рис.6, на первых годах функционирования проекта риск его достаточно высок, и вероятность отрицательной прибыли существенна. Но со временем, риск проекта падает, вероятность того, что прибыль будет отрицательной становится незначительной. Таким образом, полагаясь на эти данные, можно спрогнозировать, денежные поступления и прибыль проекта.

## Анализ риска при воздействии финансового рычага

При проведении всестороннего анализа проекта необходимо исследовать влияние на риск объема заемного капитала, который организация может взять в банке и размера процента. Для этого необходимо немного модифицировать формулу расчета чистого потока

платежей, поскольку ссуда в банке обязывает выплачивать проценты. Формула  $NCF_t$  будет иметь следующий вид:

$$NCF_t = [Q(P - V) - F - A - k * I * K](1 - T) + A,$$

где

$k$  – процент, под который ссуда берется в банке,

$I$  – объем инвестиций в проект,

$K$  – доля инвестиций, которые были взяты в кредит.

Дальнейший анализ риска проекта аналогичен анализу в предыдущем примере за исключением одного момента: поскольку корпорация берет ссуду, то тем самым она берет на себя дополнительные финансовые обязательства. Поэтому, требуется анализ риска не только самого проекта, но и анализ риска в контексте влияния на риск корпорации. Здесь возникает необходимость включения в имитационную модель баланс предприятия и анализ его финансовых показателей.

## Выводы

В заключении, можно отметить следующее:

1. Имитационное моделирование является достаточно сложным инструментом, для анализа экономической деятельности и оценки рисков. Оно требует привлечения высококвалифицированных специалистов как со стороны экономистов, так и со стороны разработчиков ПО, реализующих имитационную модель. Именно это является одним из самых существенных ограничений в распространении этого инструмента оценки рисков. Но именно этот инструмент является одним из самых точных и достоверных при анализе бизнес-процесса (при условии адекватности имитируемой модели), поскольку позволяет максимально приблизиться к реальным условиям функционирования экономической системы.

2. Как и обычно, при имитационном моделировании, большое внимание должно быть уделено процессу валидации модели. В нашем примере для проверки корректности модели необходима консультация специалистов в области финансового менеджмента.

3. Большую роль при применении имитационного моделирования играет предварительный статистический анализ факторов модели и статистический анализ результатов. Статистический анализ может быть реализован в самой программной версии модели, избавляя пользователя от дополнительных исследований, так и отдельно, оставляя решение этой задачи пользователю самостоятельно при помощи статистических пакетов.

4. Для того, что бы полноценно проводить анализ риска проекта, необходимо включать модель в реальную систему учета и анализа средств предприятия, а именно: использовать данные баланса предприятия в качестве исходных данных модели. Это даст возможность использовать реальные и постоянно меняющиеся показатели финансовой деятельности фирмы (коэффициенты ликвидности, коэффициенты рентабельности, показатели платежеспособности и т. д.).

## Литература

1. Les Oakshott “Business Modelling and Simulation”, Pearson Education, 1997. – 367 p.
2. Волков И. М., Грачева М. В. Проектный анализ: Учебник для вузов. – Москва: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 423 с.