

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ

Зеленина Т.А., Раменская А.В.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Для обоснования принятия решений в области экономики, инвестиций, финансов разработаны различные подходы, основанные на применении математического инструментария и информационных технологий. Однако, зачастую процесс выбора оптимального решения проходит в условиях неполной информации, многие ключевые параметры являются случайными и их значение может стать известным уже после принятия решения. Поэтому подготовка высококвалифицированных специалистов не возможна без знакомства с методами, позволяющими учитывать стохастический характер исходных данных. Одним из таких методов является имитационное моделирование.

Дадим определение: имитационное моделирование (от англ. simulation) – это разновидность аналогового моделирования, реализуемого с помощью набора математических и инструментальных средств, специальных имитирующих компьютерных программ и технологий программирования, позволяющих посредством процессов-аналогов провести исследование структуры и функций реального сложного процесса в памяти компьютера в режиме «имитации» и выполнить оптимизацию его параметров [5]. Имитационное моделирование заменяет громоздкие аналитические расчеты серий численных экспериментов (или возможных сценариев), в ходе которых собираются и анализируются данные для обоснования решения.

Таким образом, проведение имитационных расчетов требует с одной стороны разработки модели процесса, с другой использования специализированных программных средств. К наиболее известным системам можно отнести GPSS World, AnyLogic, Arena, Vensim, Stella, Actor Pilgrim. Некоторые из них требуют знания специального языка программирования, другие позволяют конструировать модели с помощью графического редактора и только указывать ключевые параметры моделей.

Типичным примером задачи со случайными параметрами является задача оценки рисков инвестиционного проекта. Инвестору для выбора проекта необходимо оценить поток платежей, поступающих в течение всего срока проекта, на величину которого могут оказывать влияние различные факторы. Наиболее целесообразным способом анализа привлекательности и рисков инвестиционного проекта является метод Монте-Карло (метод статистических испытаний), который является простейшей разновидностью имитационного моделирования [2, 3, 6] и может быть реализован с помощью средств MS Excel и ППП Mathcad.

Рассмотрим алгоритм метода Монте-Карло для анализа привлекательности инвестиционных проектов.

I этап – формулировка математической модели проекта.

Каждый инвестиционный проект требует создания своей уникальной модели, поэтому ее конкретный вид – полностью результат работы аналитика.

На этом этапе определяются переменные, которые включаются в модель, и задается тип распределения, при этом необходимо учитывать взаимозависимости между переменными (функциональные и корреляционные). Решение о включении переменной в модель в качестве рискованной необходимо принимать на основании нескольких факторов, в частности чувствительности результата проекта к изменениям переменной и степень вариации переменной.

При формировании модели необходимо выделить в качестве риск-переменных наиболее значимые. Ограничения количества риск-переменных связаны с одной стороны с тем, что их увеличение приводит к увеличению возможности получения противоречивых сценариев из-за сложности в учете и контроле зависимости и коррелируемости. С другой стороны, с ростом числа переменных возрастают издержки, необходимые для корректного определения законов распределения вероятностей и условий коррелируемости.

Если не оговорено условие корреляционной зависимости риск-переменных, то считается, что переменные являются независимыми и подчиняющимися некоторому закону распределения.

Знание закона распределения случайной величины дает возможность получения значений в рамках определенного диапазона. Так наиболее часто используемые виды законов распределения: нормальное используется в случае, если на величину риск-переменной оказывают влияние большое количество случайных факторов, которые не могут контролироваться аналитиком (например, объем продаж, уровень спроса, рыночная цена); треугольное распределение, используется для описания переменных, значения которых могут контролироваться менеджерами проекта (например, уровень издержек, торговая наценка); равномерный закон распределения применяется в тех случаях, когда отсутствуют какие-либо предположения о поведении риск-переменной. Также могут быть использованы и другие законы распределения: лог-нормальный, экспоненциальный, Пуассона и др. [1].

В качестве результирующих переменных при анализе эффективности инвестиционного проекта могут быть использованы стандартные показатели: NPV, PI, irr.

Чистая приведенная стоимость:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (1)$$

где I_0 – начальные инвестиции;

CF_t – потоки платежей в момент времени t ;

n – срок проекта;

i – процентная ставка.

Норма доходности:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}}{I_0}. \quad (2)$$

Данный показатель должен быть больше 1, тогда проект является рентабельным.

Внутренняя норма доходности, обобщенный показатель, характеризующей устойчивость проекта к изменению процентной ставки. Определяется из уравнения:

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = I_0. \quad (3)$$

II Этап – осуществление имитации.

Для всех риск-переменных согласно заданным законам распределения осуществляется их генерация, объем сгенерированной выборки задается аналитиком. Количество имитационных экспериментов или случайных сценариев должно быть достаточно велико, чтобы сделать выборку репрезентативной по отношению к бесконечному числу возможных комбинаций. Размер выборки зависит от следующих факторов: количества переменных в модели и диапазона их значений, а также от желаемой точности получения результатов. Способ генерации случайной величины во многом определяется видом закона распределения, на практике чаще всего встречается метод обратных функций и метод свертки. Так в MS Excel имеются встроенные датчики для законов распределения: нормального, равномерного, дискретного, Пуассона, Бернулли, Биномиального (другие законы распределения могут быть получены на основе равномерного распределения на отрезке [0;1] по методу обратных функций). В ППП Mathcad список встроенных датчиков шире: β -распределение, биномиальное, χ^2 распределение, экспоненциальное, гамма, логнормальное, отрицательное биномиальное, нормальное, Пуассона, Стьюдента, равномерное, Вейбулла.

Для всех полученных сценариев определяются значения результирующих переменных, таким образом, получается случайная выборка для значений зависимых переменных.

III этап – анализ результатов.

Заключительным этапом является анализ и интерпретация результатов, полученных на предыдущем этапе. Анализ результатов имитационного моделирования можно разделить на два типа: графический анализ и анализ количественных показателей. Первый включает в себя построение функции распределения вероятностей и плотности распределения вероятностей результирующего показателя (NPV или другого). В качестве количественных показателей используют математическое ожидание, дисперсию, коэффициент вариации, вероятность принятия неэффективного проекта, коэффициент ожидаемых потерь и др.

Рассмотрим реализацию данного метода на примере оценки

эффективности инвестирования в акции крупнейших компаний РФ:

- 1) авиакомпания «Аэрофлот»;
- 2) банк ВТБ;
- 3) ОАО «Газпром»;
- 4) ОАО «Газпром нефть»;
- 5) нефтяная компания «Лукойл»;
- 6) ОАО «Бурятзолото»;
- 7) ОАО «МегаФон»;
- 8) нефтяная компания «Роснефть»;
- 9) ОАО «Сбербанк России».

По каждой из вышеперечисленных компаний за период с января 2013 по декабрь 2014 года оценены недельные доходности купли-продажи акций [3]. Проведена проверка гипотезы H_0 : закон распределения доходностей акций не отличается от нормального закона распределения. Результаты проверки гипотез представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты проверки гипотез о законе распределения доходностей акций

Наименование акции	χ^2 тест	df (скорректированный)	p
Аэрофлот	1,3977	2	0,497
ВТБ ао	7,8534	4	0,097
ГАЗПРОМ ао	9,9957	5	0,075
Газпрнефт ь	5,54702	3	0,136
ЛУКОЙЛ	14,9885	7	0,036
БурЗолото	8,0797	2	0,018
МегаФон ао	0,3325	4	0,9876
Роснефть	7,6348	7	0,366
Сбербанк	5,882	5	0,318

Из представленных в таблице 1 результатов следует, что законы распределения доходностей всех рассматриваемых акций на уровне значимости 0,01 не отличаются от нормального закона распределения.

Определим оценки средних значений и дисперсий доходностей и проведем проверку гипотез о числовых значениях параметров.

Таблица 2 – Оценка среднего значения и дисперсии доходностей акций

Наименование акции	Оценка среднего значения	Оценка дисперсии
Аэрофлот	-0,00228	0,00308
ВТБ ао	0,000585	0,00198

ГАЗПРОМ ао	$3,07251 \cdot 10^{-5}$	0,00136
Газпрнефть	0,000467	0,00082
ЛУКОЙЛ	0,001734	0,00077
БурЗолото	-0,00186	0,00578
МегаФон ао	0,00237	0,0014
Роснефть	-0,00267	0,00085
Сбербанк	-0,003934	0,00167

Проверим гипотезы $H_0 : a = a_0$ и $H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2$ при альтернативных гипотезах: $H_1 : a = a_1 \neq a_0$ и $H_1 : \sigma^2 = \sigma_1^2 \neq \sigma_0^2$.

При проверке гипотез используются статистики:

$$t = \frac{\bar{x} - a_0}{s} \cdot \sqrt{n-1}; \quad (4)$$

$$\chi^2 = \frac{n \cdot s^2}{\sigma_0^2}. \quad (5)$$

Результаты проверки гипотез представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты проверки гипотез о числовых значениях параметров

Наименование акции	a_0	t	σ_0^2	χ^2
Аэрофлот	- 0,0016	- 0,1233	0,0026	119,68 7
ВТБ ао	0,0011 4	- 0,1247	0,0017	117,65 1
ГАЗПРОМ ао	0,0004 9	- 0,1247	0,0012	114,23
Газпрнефть	0,0008 2	-0,123	0,0007	118,55 7
ЛУКОЙЛ	0,002	- 0,0957	0,0006	116,61 7
БурЗолото	-0,001	- 0,1114	0,0049	115,66 6
МегаФон ао	0,0028	- 0,1149	0,0012	118,05 7
Роснефть	- 0,00235	- 0,1095	0,0007	117,10 6
Сбербанк	- 0,00345	- 0,1184	0,0014	120,73 2

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ критические значения равны: $t_{кр} = 0,126$, $\chi_1^2 = 77,929$, $\chi_2^2 = 124,342$, следовательно, гипотезы о числовых значениях параметров принимаются.

Перейдем к реализации метода Монте-Карло в ППП Mathcad. Осуществим генерацию случайных чисел, распределенных по нормальному закону распределения, с использованием встроенной функции $\text{rnorm}(N, m, s)$. Число испытаний (сценариев) примем равным $N=1000$.

В качестве критериев эффективности инвестиционных проектов, связанных с куплей-продажей ценных бумаг, выберем: NPV, irr, PI.

Анализ целесообразности инвестирования будем проводить на основе количественных показателей критериев эффективности: оценок математического ожидания (\bar{x}), среднеквадратического отклонения ($\bar{\sigma}$), коэффициентов вариации (\bar{V}), асимметрии (\bar{A}) и эксцесса (\bar{E}).

На рисунке 1 приведен пример ввода исходной информации для генерирования случайных чисел. На рисунке 2 приведен пример расчета оценок количественных показателей для критериев эффективности NPV, irr и PI по акции компании ОАО «МегаФон».

```

ORIGIN := 1

Объем инвестиций, руб.      K := 100000
Ставка дисконтирования, %  q := 0.045
Число сценариев            z := 1000

Значения числовых параметров доходностей акций

m := (-0.0016 0.00114 0.00049 0.00082 0.002 -0.001 0.0028 -0.00235 -0.00345)^T
s := (0.05099 0.04123 0.034641 0.026458 0.025884 0.07 0.034641 0.027019 0.037417)^T

Генерация случайных чисел
i := 1..9
R := morm(z, m_i, s_i)
    
```

Рисунок 1 – Ввод исходной информации

<p>Расчет критерия эффективности NPV для акции компании ОАО "МегаФон"</p> <p>$j := 1..z$</p> <p>$CF := R_j$</p> $NPV_j := -K + \frac{K \cdot (1 + CF_j)}{(1 + q)^2}$ $NPV_s := \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z NPV_j = 280.164$ $NPV_{sko} := \sqrt{NPV_d} = 3.506 \times 10^3$ $mu3 := \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z (NPV_j - NPV_s)^3$ $KA := \frac{mu3}{NPV_{sko}^3} = 0.088$	<p>Расчет критерия эффективности irr для акции компании ОАО "МегаФон"</p> <p>$w := 0$</p> $NPV_s(w) := \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z \left[-K + \frac{K \cdot (1 + CF_j)}{(1 + w)^2} \right]$ <p>$\text{root}(NPV_s(w), w) = 0.209$</p> <p>Расчет критерия эффективности PI для акции компании ОАО "МегаФон"</p> $PI_j := \frac{1}{K} \cdot \frac{K \cdot (1 + CF_j)}{(1 + q)^2}$ $PI_s := \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z PI_j = 1.003$ $PI_d := \frac{1}{z-1} \sum_{j=1}^z (PI_j - PI_s)^2 = 1.229 \times 10^{-3}$ $PI_{sko} := \sqrt{PI_d} = 0.035$ $mu13 := \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z (PI_j - PI_s)^3$ $KA1 := \frac{mu13}{PI_{sko}^3} = 0.088$
$NPV_d := \frac{1}{z-1} \sum_{j=1}^z (NPV_j - NPV_s)^2 = 1.229 \times 10^7$ $NPV_v := \frac{NPV_{sko}}{NPV_s} = 12.513$ $mu4 := \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z (NPV_j - NPV_s)^4$ $KE := \frac{mu4}{NPV_{sko}^4} - 3 = 0.179$	$mu14 := \frac{1}{z} \sum_{j=1}^z (PI_j - PI_s)^4$ $KE1 := \frac{mu14}{PI_{sko}^4} - 3 = 0.179$

Рисунок 2 – Оценки количественных показателей для критериев эффективности NPV, irr и PI по акции компании ОАО «МегаФон»

Таким образом, инвестирование в акции компании «МегаФон»

целесообразно по всем рассмотренным критериям, однако коэффициент вариации чистого приведенного дохода показывает высокую рискованность акций.

В таблице 4 представим результаты оценки количественных показателей для критериев эффективности NPV, irr и PI по акциям всех рассматриваемых компаний.

Таблица 4 – Результаты оценки количественных показателей для критериев эффективности

Наименование акции	Критерий	\bar{x}	σ	\hat{V}	\hat{A}	\hat{E}
Аэрофлот	NPV	-223,777	5300	–	-0,036	-0,011
	IRR	–				
	PI	0,998	0,053	0,053	-0,036	-0,011
ВТБ ао	NPV	76,941	4230	54,973	-0,042	0,101
	IRR	0,088				
	PI	1,001	0,042	0,042	-0,042	0,01
ГАЗПРОМ ао	NPV	-1,559	3327	–	0,081	0,238
	IRR	0,044				
	PI	1	0,033	0,033	-0,042	0,01
Газпромнефть	NPV	116,581	2599	22,295	-0,093	-0,02
	IRR	0,11				
	PI	1,001	0,026	0,026	-0,093	-0,02
ЛУКОЙЛ	NPV	111,324	2597	23,328	0,023	0,031
	IRR	0,107				
	PI	1,001	0,026	0,026	0,023	0,031
БурЗолото	NPV	-280,657	7280	–	0,104	0,091
	IRR	–				
	PI	0,997	0,073	0,073	0,104	0,091
МегаФон ао	NPV	280,164	3506	12,513	0,088	0,179
	IRR	0,209				
	PI	1,003	0,035	0,035	0,088	0,179
Роснефть	NPV	-280,712	2776	–	-0,013	-0,126
	IRR	–				
	PI	0,997	0,028	0,028	-0,013	-0,126
Сбербанк	NPV	-383,399	3799	–	0,059	0,252
	IRR	–				
	PI	0,996	0,038	0,038	0,059	0,252

В результате оценки эффективности инвестиционных проектов купли-продажи акций российских компаний получено: инвестирование в акции компаний «Аэрофлот», ОАО «Газпром», ОАО «Бурятзолото», «Роснефть» и ОАО «Сбербанк России» не целесообразно по всем рассмотренным критериям. По показателю «коэффициент вариации» наиболее рискованными оказались акции банка ВТБ, наименее рискованными – акции компании ОАО

«МегаФон».

Таким образом, рассмотрен алгоритм метода Монте-Карло для анализа эффективности инвестиционного проекта. Реализация подхода имитационного моделирования позволяет оценивать эффективность и риски инвестирования денежных средств в акции российских компаний.

Список литературы

1. Вадзинский, Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям. – СПб.: Наука, 2001. – 295 с.
2. Зеленина, Т.А. Прогнозирование кредитного риска коммерческого банка / Т.А.Зеленина // Вестник Тюменского государственного университета. - 2012. - № 11. - С. 124-129.
3. Ковалевский, В.П. Формирование оптимальной стратегии методами стохастического программирования / В.П. Ковалевский, А.Г. Реннер, А.В. Раменская // Прикладная информатика. - 2012. - N 6(42). - С. 67-71.
4. Ковалевский, В.П. Моделирование оптимальной стратегии перевода автотранспортного предприятия на альтернативный вид топлива / В.П.Ковалевский, А.В. Раменская // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2011. - № 10, октябрь. - С. 255-258.
5. Котировки акций Российский компаний [Электронный ресурс]: Режим доступа www.finam.ru <http://vk.com/away.php?to=http%3A%2F%2Ffinam.ru>
6. Компьютерная имитация экономических процессов : учебник / под ред. А.А. Емельянова. - М. : Маркет ДС, 2010. - 464 с.
7. Реннер, А.Г. Оптимизация стратегии инвестирования страховой компании в случае нескольких рискованных активов / А.Г. Реннер, А.И. Буреш, О.Н. Яркова // Вестник ОГУ. - 2012. - № 1.- С. 84-89.
8. Шаяхметова, Р.М. Выбор потенциальных объектов для инвестирования в условиях неопределенности // Вестник ОГУ. - 2013. - № 8. - С. 73-75.