РЕФЕРАТ

**Имитационное моделирование в анализе рисков инвестиционного проекта**

**Содержание**

Введение

1. Место метода Монте-Карло в количественном анализе рисков инвестиционного проекта

2. Схема реализации метода Монте-Карло в инвестиционных расчетах

2.1. Построение математической модели

2.2. Осуществление имитации

2.3. Анализ результатов

Заключение

Список использованной литературы

**Введение**

Одним из методов, позволяющих учитывать влияние неопределенности на эффективность инвестиционного проекта является имитационное моделирование по методу Монте-Карло, которое можно отнести к группе теоретико-вероятностных методов. Данные методы отличаются большой теоретической сложностью и малой возможностью их практического применения. Особое место в ряду этих методов занимает имитационное моделирование. Реализация этого способа анализа рисков сложна и требует разработки специального программного обеспечения, но результаты анализа играют важную роль как при оценке влияния неопределенности на показатели эффективности, так и при определении общего уровня риска инвестиционного проекта. Проведение имитационного моделирования по метопу Монте-Карло основано на том, что при известных законах распределения экзогенных переменных можно с помощью определенной методики получить не единственное значение, а распределение результирующего показателя (построить гистограмму в общем случае, либо подобрать теоретический закон распределения вероятностей). Подбор законов распределения экзогенных переменных осуществляется как на данных объективных наблюдений (статистики и т.д.), так и на экспертных оценках. В имитационном моделировании используется математический аппарат имитации по методу Монте-Карло, который применяется для описания процессов, имеющих вероятностную природу.

1. **Место метода Монте-Карло в количественном анализе рисков инвестиционного проекта**

При разработке и экспертизе инвестиционного проекта вопрос о его эффективности решается на основе анализа значений различных интегральных показателей — NPV, IRR, РВ, PI и т.д. Но все расчеты проводятся для базового варианта инвестиционного проекта, реализация которого, по мнению разработчиков, наиболее правдоподобна. В данной ситуации строится только одна модель прогнозных потоков денежных средств. И эта модель является моделью принятия решений в условиях определенности.

Предпосылка о полной определенности приводит к значительному упрощению действительности при моделировании. На практике нельзя быть полностью уверенным, что при реализации инвестиционного проекта все денежные потоки будут в точности соответствовать прогнозным. Наоборот, с момента реализации проекта на каждом этапе будет возникать все большее и большее расхождение между прогнозными и реальными денежными потоками. Может даже возникнуть ситуация, что задержки в оплате продукции, рост цен на импортные материалы в связи с изменением валютного курса, изменение налоговых ставок или другие негативные события приведут к полному краху проекта или, как минимум, к существенным дополнительным издержкам. Возникают вопросы: Как оценить устойчивость проекта к изменениям внешней среды? Как количественно измерить риск, связанный со всем проектом в целом? Применение имитационного моделирования по методу Монте-Карло в инвестиционных расчетах позволяет ответить на эти вопросы.

Следует отметить, что проведение риск-анализа по методу Монте-Карло не исключает осуществления на предыдущем этапе стандартных инвестиционных расчетов. Данный метод скорее является инструментом, который улучшает их результаты. Наличие хорошей исходной модели инвестиционного проекта - это необходимая база для проведения значимого, результативного имитационного моделирования. Результаты сравнительного анализа стандартных инвестиционных расчетов и риск-анализа по методу Монте-Карло приведены в табл. 1.

***Таблица 1.***

***Стандартные инвестиционные расчеты и риск-анализ по методу Монте-Карло***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Критерии сравнения | Стандартные инвестиционные расчеты | Риск-анализ по методу Монте-Карло |
| Переменные | Детерминированные (значения точно определены) | Являются случайными величинами с заданными законами распределения |
| Модель | Модель денежных потоков | Модель денежных потоков |
| Процесс | Расчет одного прогнозного варианта (сценария) реализации проекта | Расчет большого количества случайных вариантов (сценариев) реализации проекта |
| Результат | Единственное значение интегрального показателя эффективности проекта | Распределение вероятностей интегрального показателя эффективности проекта |

Уже указывалось, что метод Монте-Карло, являясь одним из наиболее сложных методов количественного анализа рисков, преодолевает недостатки анализа чувствительности и анализа сценариев. Оба этих метода показывают воздействие определенного изменения в величине одной или нескольких переменных на показатель эффективности проекта (например, NPV).

Основные недостатки этих методов и способы их устранения с помощью метода Монте-Карло указаны в табл. 2.

Таблица 2.

***Устранение недостатков анализа чувствительности и анализа сценариев при использовании для риск-анализа метода Монте-Карло***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Метод | Недостаток | Решение с помощью имитационного моделирования |
| Анализ чувствительности | Не учитывается наличие корреляции между различными составляющими проекта | Корреляция моделируется различными методами и учитывается в модели |
| Рассматривается влияние только одной варьируемой переменной при остальных неизменных составляющих проекта | Появляется возможность одновременно моделировать случайные изменения нескольких составляющих проекта с учетам условий коррелированности |
| Анализ сценариев | Требуется проведение серьезных подготовительных работ по отбору и аналитической переработке информации для создания нескольких сценариев | Сценарии являются случайными и формируются автоматически при реализации алгоритма метопа Монте-Карло |
| Границы сценариев размыты, а построенные оценки значений переменных для каждого сценария в некоторой степени произвольны | Сценарии формируются исходя из диапазонов возможных изменений случайных величин и подобранных законов распределения |
| Рассматривается эффект ограниченного числа возможных комбинаций переменных; рост числа сценариев и рост числа изменяемых переменных усложняет моделирование | Количество случайных сценариев может быть сколь угодно велико, так как процесс имитации реализован в виде компьютерной программы, существует метод выбора необходимого числа сценариев, гарантирующего с определенной вероятностью надежность результатов моделирования |

**2. Схема реализации метода Монте-Карло в инвестиционных расчетах**

В общем случае методом Монте-Карло называют численный метод решения математических задач при помощи моделирования случайных величин.

Теоретическое описание метода появилось в 1949 г. в статье «The Monte Carlo method». Создателями данного метода считают американских математиков Дж. Неймана и С. Улама. Название метопу дал известный своими казино город Монте-Карло в княжестве Монако, так как именно рулетка является простейшим механическим прибором по реализации процесса получения случайных чисел, используемого в данном математическом методе. Область применения метода Монте-Карло достаточно широка. В качестве примеров можно привести расчет систем массового обслуживания, расчет качества и надежности изделий, вычисление определенного интеграла и др.

Схема использования метода Монте-Карло в количественном анализе рисков такова: строится математическая модель результирующего показателя как функции от переменных и параметров. Переменными считаются случайные составляющие проекта, параметрами — те составляющие проекта, значения которых предполагаются детерминированными. Математическая модель пересчитывается при каждом новом имитационном эксперименте, в течение которого значения основных неопределенных переменных выбираются случайным образом на основе генерирования случайных чисел. Результаты всех имитационных экспериментов объединяются в выборку и анализируются с помощью статистических методов с целью получения распределения вероятностей результирующего показателя и расчета основных измерителей риска проекта.

Применение метода Монте-Карло в инвестиционных расчетах требует создания специального программного обеспечения.

Разработка компьютерного обеспечения необходима по следующим причинам:

1) осуществляется многократное повторение имитационных экспериментов (более 100 повторений);

2) используемые модели сложны (большое количество переменных, учет функций распределения, условий корреляции и т.д.);

3) обработка результатов имитации значительно упрощается;

4) облегчайся демонстрация метода в процессе обучения.

Процесс риск-анализа по методу Монте-Карло может быть разбит на три этапа: математическая модель, осуществление имитации, анализ результатов.

Прежде чем перейти к подробному рассмотрению данных этапов, хотелось бы отметить, что применение метода Монте-Карло возможно для расчета различных характеристик проекта: интегральных показателей эффективности проекта, показателей рентабельности осуществляемой в рамках проекта деятельности, исследования сетевого графика реализации проекта со случайными длительностями этапов, моделирования запасов продукции и материалов на складе и т.д. Но в данном случае речь идет о конкретном примере имитационного моделирования эффективности проекта.

Таким образом, под базовым вариантом инвестиционного проекта понимается таблица денежных потоков данного проекта (степень ее детализации зависит от желания исследователя), под результирующим показателем — какой-либо из интегральных показателей эффективности.

**2.1 Построение математической модели**

Первым этапом в процессе риск-анализа является создание математической модели. Так как для проведения собственно имитационного моделирования по методу Монте-Карло применяется компьютерная программа, самым главным процессом в имитационном моделировании является именно формулировка модели проекта. Каждый инвестиционный проект требует создания своей уникальной модели. Поэтому ее конкретный вид — полностью продукт творчества разработчика.

Основная логика процедуры построения модели состоит в следующем: определение переменных, которые включаются в модель; определение типа распределения, которому эти переменные подвержены; определение взаимозависимости (функциональной и вероятностной зависимости между переменными).

Соблюдение такой процедуры необходимо для создания модели, которая будет выглядеть следующим образом:

NPV =f(x1,..., хi,..., xn; a1,..., aj,..., am),

где хi — риск-переменные (составляющие денежного потока, являющиеся случайными величинами);

n — число риск-переменных;

aj — фиксированные параметры модели, т.е, те составляющие денежного потока, которые в результате предыдущего анализа были определены как независимые или малозависимые от внешней среды и поэтому рассматриваются как детерминированные величины;

m — количество параметров модели.

Определение переменных, которые включаются в модель, является самостоятельным этапом риск-анализа, отражающим прежде всего результаты исследования рисков на качественном уровне. Например, проведение опросов экспертов позволяет выделить наиболее «узкие» места проекта.

Кроме того, важную роль в отборе «ключевых» переменных играет анализ чувствительности, осуществляющийся путем расчета рейтинга эластичностей. На основании рейтинга эластичностей отбираются наиболее подверженные риску переменные, т.е. те, колебания которых вызывают наибольшие отклонения результатов проекта. Они и могут быть включены в модель.

Однако решение о включении переменной в модель должно приниматься на основании нескольких факторов, в частности:

1) чувствительности результата проекта к изменениям переменной;

2) степени неопределенности переменной (т.е. возможным диапазонам ее изменения).

При формировании модели необходимо стараться выделить в качестве риск-переменных только наиболее важные, значимые переменные. Причины ограничения количества риск-переменных в модели таковы:

1) увеличение количества зависимых переменных модели увеличивает возможность получения противоречивых сценариев из-за сложности в учете и контроле зависимости и коррелируемости;

2) с ростом числа переменных возрастают издержки (финансовые и временные), необходимые для корректного и аккуратного определения их распределения вероятностей и условий коррелируемости.

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

Закон распределения задает вероятность выбора значений в рамках определенного диапазона. Стандартные инвестиционные расчеты используют один вид распределения вероятностей для всех проектных переменных, включенных в расчетную модель — детерминированное распределение, когда конкретное единственное значение переменной выбирается с вероятностью, равной единице (р = 1). Следовательно, базовая модель инвестиционного проекта может рассматриваться как детерминированный анализ и частный случай имитационной модели для детерминированных риск-переменных.

Для каждой риск-переменной, являющейся случайной величиной, в процессе создания модели необходимо подобрать вид распределения.

Задача подбора закона распределения сложна прежде всего из-за ограниченности статистических данных. На практике чаще всего используют следующие законы распределения вероятностей: нормальный, треугольный, равномерный, дискретный.

Алгоритм решения задачи подбора закона распределения:

1) определить возможные границы изменения риск-переменной (границы диапазона);

2) выбрать общий вид закона распределения;

3) с учетом диапазона изменения переменной и общего вида оценить основные числовые характеристики закона распределения (непрерывный случай) или приписать возможным значениям риск-переменной вероятности их реализации (дискретный случай).

Как следует из вышеизложенного, процесс подбора законов распределения является в значительной степени творческим процессом, требует анализа различного вида информации и плохо поддается формализации.

Необходимо отметить, что проблема выбора типа распределения вероятностей очень важная, так как точность подбора закона распределения при заданных границах изменения риск-переменных непосредственно влияет на качество модели и точность оценки .распределения вероятностей NPV и другие результаты моделирования.

Отсутствие учета вероятностной зависимости переменных, в частности, коррелированное, может привести к заметным искажениям результатов статистического моделирования. Включение вероятностно зависимых риск-переменных в математическую модель инвестиционного проекта может привести к серьезным искажениям характеристик устойчивости проекта, если условие зависимости не будет учтено в математической модели. Степень смещения результатов зависит от важности вероятностно зависимых переменных по отношению к проекту. Поэтому проводится специальный этап установления наличия вероятностной зависимости, в частности, корреляции между переменными и поиска возможностей ее учета в модели. Это касается как парной, так и множественной корреляции.

**2.2 Осуществление имитации**

Основным этапом имитационного моделирования, в рамках которого с помощью компьютерной программы и реализован алгоритм метода Монте-Карло, является этап осуществления имитации. Он выполняется следующим образом:

1. Генерирование случайных чисел производится путем компьютерной операции получения псевдослучайных чисел, независимых и равномерно распределенных на отрезке [0; 1]. Каждое новое полученное случайное число рассматривается как значение функции распределения для соответствующей риск-переменной.

2. Значение каждой независимой риск-переменной восстанавливается как аргумент функции распределения вероятностей данной риск-переменной. При этом учитывается существование вероятностной зависимости.

3. Значения переменных величин подставляются в модель и рассчитывается интегральный показатель эффективности проекта (NPV или другой показатель, например, IRR, PI и т.д.)

4. Изложенный в пп. 1—3 алгоритм повторяется n раз. Результаты моделирования (т.е. NPV проекта или другой показатель), таким образом, рассчитываются и сохраняются для каждого имитационного эксперимента.

Каждый имитационный эксперимент — это случайный сценарий. Количество имитационных экспериментов или случайных сценариев должно быть достаточно велико, чтобы сделать выборку репрезентативной по отношению к бесконечному числу возможных комбинаций.

Размер случайной выборки n зависит от количества переменных в модели, от диапазона значений риск-переменных и от желаемой точности получения результатов.

На этом же этапе возникает проблема определения погрешности результатов моделирования в зависимости от количества выполненных имитационных экспериментов. Выбор (n) имеет огромное значение для оценки качества модели, т.е. точности подбираемого закона распределения NPV и его характеристик.

**2.3 Анализ результатов**

Финальным этапом процесса риск-анализа являются анализ и интерпретация результатов, полученных на этапе имитации.

Анализ результатов имитационного моделирования можно разделить на два типа: графический анализ и анализ количественных показателей.

Результатом проведения имитационных экспериментов является выборка из n значений NPV (или другого результирующего показателя). Вероятность каждого случайного сценария равна:

P(i) = 1/n,

где n - количество имитационных экспериментов.

Следовательно, вероятность того, что проектный результат будет ниже определенного значения равна количеству результатов, при которых значение показателя было ниже этого значения, умноженному на вероятность реализации одного наблюдения.

Построив график кумулятивного распределения частот появления результатов, можно рассчитать значение вероятности того, что результат проекта будет ниже или выше заданного значения.

Для проведения графического анализа необходимо построить функции распределения вероятностей и плотности распределения вероятностей результирующего показателя (NPV или другого). В проектном анализе они называются соответственно кумулятивным профилем риска и профилем риска.

Таким образом, необходимо построить гистограмму NPV. Построение гистограммы является важным моментом в анализе результатов имитационного моделирования, так как она позволяет подобрать закон распределения результирующего показателя. По полученному массиву NPV строится вариационный ряд, т.е. значения NPV ранжируются от минимального до максимального.

Гистограмма строится путем разбиения вариационного ряда на k интервалов группирования. Выбор k осуществляется в соответствии с рекомендациями математической статистики. Далее оценивается согласованность эмпирических данных с подбираемым законом распределения с помощью критерия согласия х2.

Стандартные дисконтированные критерии принятия инвестиционного решения, обычно применяемые в детерминированном анализе, сохраняют свое значение и для данного метода. Однако, поскольку риск-анализ предоставляет лицу, принимающему решение, дополнительную информацию о проекте, инвестиционное решение может быть соответствующим образом изменено. Финальное решение, поэтому, субъективно и принимается почти всегда в зависимости от отношения (склонности) инвестора к риску.

Общее правило состоит в том, что выбирается проект с таким распределением вероятностей дохода, которое больше соответствует предрасположенности к риску лица, принимающего решение (ЛПР). Если ЛПР является «склонным к риску», оно с большей степенью вероятности выберет для инвестирования проекты с относительно высоким значением NPV, обращая меньше внимания на связанный с этим риск (разброс относительно среднего значения, значительную вероятность реализации неэффективного проекта и т.д.). Если ЛПР очень «нерасположенное к риску», то скорее всего оно выберет для инвестирования проекты с небольшим, но достаточно безопасным значением (менее рисковым) NPV.

Предполагая, что ЛПР нейтрально по риску, рассмотрим ситуации, связанные с принятием решения в случае единственного и в случае альтернативных (взаимоисключающих) проектов. Решение принимается, исходя из графического отображения распределения вероятностей (частот) NPV. Функция распределения вероятностей NPV чаще применяется для принятия решений, касающихся взаимоисключающих проектов, в то время .как плотность распределения вероятностей лучше применять для выявления моды распределения и для анализа показателей, использующих ожидаемое значение.

Как было отмечено, анализ количественных измерителей риска проводится для такого показателя эффективности инвестиционного проекта, как NPV, но аналогичные расчеты могут быть проведены и для других показателей эффективности.

*Ожидаемое значение.* Показатель ожидаемого значения представляет собой агрегирование в виде единственного числа всей информации, имеющейся в распределении вероятностей NPV.

Этот показатель является одним из формальных измерителей риска и суммирует информацию, содержащуюся в распределении вероятностей. Это взвешенная средняя значений всех возможных результатов. Веса являются вероятностями, приписываемыми каждому результату:

***EV (expected value) = (NPVi, ⋅ рi).***



Ожидаемое значение может быть надежной оценкой риска (то есть использоваться как индикатор риска) только в ситуации, которая повторяется достаточно большое количество раз. Одним из примеров являются риски страховых компаний, которые обычно предлагают одинаковый контракт (страховой полис) большому числу клиентов. В расчетах имитационных проектов (являющихся уникальными по самой своей сути) показатель ожидаемого значения должен всегда использоваться в комбинации с показателем вариации, таким, например, как стандартное отклонение, или, для обеспечения сопоставимости при оценке альтернативных проектов, с коэффициентом вариации.

*Ожидаемые потери.* Показатель ожидаемых потерь определяется как сумма «взвешенных по вероятностям» отрицательных значений NPV:

EL (expected losses) = (, ***⋅*** р***i***).



где — отрицательные значения NPV;



m - число отрицательных значений NPV в полученной выборке.

*Ожидаемый выигрыш.* Показатель ожидаемых потерь определяется как сумма «взвешенных по вероятностям» положительных значений NPV:

***EG (expected gains) = (, ⋅ рi).***



где — положительные значения NPV;



k — число положительных значений NPV в полученной выборке.

Таким образом, ожидаемое значение, безусловно, является суммой ожидаемого выигрыша и ожидаемых потерь:

EV = EG + EL.

*Дисперсия и среднее квадратическое отклонение.* Дисперсия и среднее квадратическое отклонение показывают насколько велик разброс значений NPV относительно ожидаемого значения.

Дисперсия рассчитывается по формуле:



Среднее квадратическое отклонение определяется как корень из дисперсии:



Дисперсия и среднее квадратическое отклонение являются абсолютными измерителями риска.

*Коэффициент вариации*. Коэффициент вариации (Var) является широко применяемым показателем проектного риска. Коэффициент вариации определяется по формуле:



Коэффициент вариации является относительной мерой риска, так как абсолютное значение среднего квадратического отклонения нормируется на значение ожидаемого дохода. При положительном математическом ожидании, чем ниже коэффициент вариации, тем меньше разброс показателя эффективности имитационного проекта относительно его ожидаемого значения. К недостаткам этого показателя следует отнести то, что он учитывает и положительные и отрицательные отклонения от ожидаемого значения.

*Коэффициент ожидаемых потерь*. Показатель коэффициент ожидаемых потерь является показателем, измеряющим величину ожидаемых потерь по отношению к сумме ожидаемых выигрыша и взятых по модулю ожидаемых потерь.



Коэффициент ELR, определенный таким образом, может изменяться от 0 (отсутствие ожидаемых потерь) до 1 (отсутствие ожидаемого выигрыша).

Этот показатель можно считать хорошим измерителем риска, так как он является безразмерной величиной и измеряет риск как возможность потерь.

**Вероятность реализации неэффективного проекта*.***



где m — число отрицательных значений NPV в полученной выборке;

n —число проведенных имитационных экспериментов, (размер выборки).

Вероятность реализации неэффективного проекта вычисляется на основе результатов испытаний, полученных после проведения имитации. Этот показатель также является хорошим критерием оценки рискованности проекта, так как является безразмерным и определяет риск как возможность потерь. В то же время вероятность реализации неэффективного проекта может рассматриваться как измеритель устойчивости проекта. Чем меньше его значение, тем проект устойчивее, и в целом менее рискован.

Таким образом, на основе имеющейся характеристики измерителей риска инвестиционного проекта, можно сделать вывод, что наилучшими показателями являются вероятность неэффективного проекта и коэффициент ожидаемых потерь. Оба этих индикатора риска обладают свойством безразмерности, что позволяет с их помощью сравнивать рискованность альтернативных проектов, обеспечивает сопоставимость сравнения уровней риска для различных проектов. Кроме того, они измеряют риск как возможность получения негативных результатов, что соответствует задачам риск-анализа.

**Заключение**

Метод имитационного моделирования Монте-Карло является развитием сценарного подхода к анализу рисков и одновременно может быть отнесен к группе теоретико-вероятностных методов анализа риска. На основе статистических данных и экспертных оценок аналитиками подбираются законы распределения некоторых из составляющих проекта, а на основании повторяющихся имитационных экспериментов с заданным уровнем точности можно подобрать закон распределения результирующего параметра и вычислить его основные характеристики: математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение.

Имитационное моделирование состоит из трех этапов: построение математической модели, осуществление имитации, анализ результатов.

На этапе построения математической модели выбираются риск-переменные (случайные составляющие денежных потоков проекта) на основе рейтинга эластичностей и оценки прогнозируемости переменной, по имеющимся статистическим данным и экспертной информации для каждой риск-переменной подбирается закон распределения, учитываются условия вероятностной зависимости переменных.

Имитация осуществляется с использованием специально разработанных компьютерных программ, число проводимых имитационных экспериментов может быть выбрано с помощью методов математической статистики.

Комплексный подход к оценке риска, реализуемый при применении метода Монте-Карло, заключается в том, что аналитик получает различные показатели: распределение вероятностей результирующей проектной переменной; оценки среднего значения, среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации результирующего показателя; любые другие специальным образом сконструированные измерители риска (коэффициент ожидаемых потерь, вероятность реализации неэффективного проекта).

Принятие инвестиционных решений может основываться на результатах визуального анализа, т.е. изучения профиля риска и кумулятивного профиля риска, полученных в результате имитационного моделирования.

Важными измерителями интегральной рискованности проекта являются индекс ожидаемых потерь и вероятность реализации неэффективного проекта.

**Список использованной литературы**

1. Грачёва М.В. Риск-анализ инвестиционного проекта. – М.: ЮНИТИ, 2007.
2. Эддоус М., Стэнсфилд Р. Методы принятия решений. – М.: Высш. школа, 2003.
3. Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. – М.: Дело, 2007.
4. Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности. – М.: Наука, 2008.
5. Лукасевич И.Я. Анализ финансовых операций. – М.: ЮНИТИ, 2004.