

УДК 656.073.5: 65.011.3

В.М. Питерская

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ**

В статье описаны методы оценки величины риска, предложена научно обоснованная методика управления рисками в условиях имитационного моделирования процесса транспортировки грузов через границу с учетом размера поступлений в государственный бюджет.

Ключевые слова: *риск, имитационное моделирование Монте-Карло, транспортная система, расходы на доставку.*

У статті описані методи оцінки величини ризику, запропонована науково обґрунтована методика управління ризиками в умовах імітаційного моделювання процесу транспортування вантажів через кордон з урахуванням розміру надходжень до державного бюджету.

Ключові слова: *ризик, імітаційне моделювання Монте-Карло, транспортна система, витрати на доставку.*

The article describes methods for assessing the magnitude of risk, offered scientifically justified risk management techniques in a simulation of the transportation of goods across the border, taking into account the size of government revenue.

Keywords: *risk, Monte Carlo Simulation, the transport system, shipping costs.*

Введение. Увеличение динамики внешней среды, уменьшение времени, отпущенного на принятие и выполнение решений предъявляют повышенные требования к управлению транспортной системой.

В процессе осуществления внешнеторговой деятельности, а также выполнении контролирующих мероприятий при транспортировке грузов, возникают ситуации риска, которые оказывают как разрушительное (деструктивное), так и полезное (оправданное) воздействие на функционирование системы доставки грузов.

Неопределенность окружающей среды и принятие риска является дополнительным резервом развития транспортного предприятия и стимулирует к принятию решений, ориентированных на высокий, но оправданный риск.

Влияние рисков может вынудить субъект управления принять излишне осторожную стратегию уклонения от рисков, сдерживающую развитие объекта управления.

Для повышения эффективности и объективности процесс анализа риска должен осуществляться в соответствии со следующими этапами:

определение области применения; идентификация опасности и предварительная оценка последствий; оценка величины риска; проверка результатов анализа; документальное обоснование; корректировка результатов анализа с учетом последних данных.

В процессе оценки величины риска для выбора критического уровня анализируемых рисков должны исследоваться начальные события или обстоятельства, последовательность потенциально опасных событий, любые смягчающие факторы и характеристики, а также природа и частота возможных пагубных последствий идентифицированных опасностей.

Эти критерии и меры должны распространяться на риски для груза, перемещаемого через границу, а также на финансовые риски в случае невыполнения показателей пополнения государственного бюджета при взимании пошлин, сборов и других налогов.

Анализ основных достижений и литературы. Существующие методы, используемые для оценки величины риска, обычно являются количественными, несмотря на то, что степень детализации при подготовке исходной информации зависит от конкретного применения [1].

Однако полный количественный анализ не всегда возможен из-за отсутствия или недостатка данных об отказе, влияния человеческого фактора, а также недостатка информации о системе доставки или деятельности, подвергающейся анализу.

Элементы процесса оценки величины риска являются общими для всех видов опасности. При таких обстоятельствах может оказаться эффективным сравнительное количественное или качественное ранжирование риска специалистами, хорошо информированными в данной области.

Прежде всего, анализируются возможные причины опасности с целью определения частоты ее возникновения, продолжительности, а также характера (количественные, стоимостные, качественные характеристики) с помощью имитационного моделирования [2].

В том случае, если анализу подвергается процесс транспортировки груза, в первую очередь проводится анализ частот, во вторую очередь анализу подвергаются последствия реализации опасности [3].

В процессе анализа может возникнуть необходимость определения оценки вероятности опасности, вызывающей последствия, и проведения анализов последовательности обуславливающих событий.

Целью исследования является разработка научно обоснованной методики управления рисками в условиях имитационного моделирования процесса транспортировки грузов.

Задачей исследования является выработка методических основ принятия взвешенных и полномерных решений в процессе имитационного моделирования управления рисками в транспортной системе.

Имитационное моделирование Монте-Карло подразумевает выполнение процедуры, с помощью которой математическая модель определения какого-либо финансового показателя (например, стоимости транс-

портировки, таможенного тарифа) подвергается ряду имитационных прогонов.

В ходе процесса имитации строятся последовательные сценарии с использованием исходных данных, которые по смыслу являются неопределенными, и потому в процессе анализа полагаются случайными величинами.

Процесс имитации осуществляется таким образом, чтобы случайный выбор значений из определенных вероятностных распределений не нарушал существования известных или предполагаемых отношений корреляции среди переменных.

Результаты имитации собираются и анализируются статистически с целью оценки уровня риска.

Материалы исследования. Стратегическое планирование транспортных систем на длительные периоды их функционирования требует выполнения оценки рисков. Наиболее распространен подход к определению риска неблагоприятного события, учитывающий не только вероятность события, но и «вес» его негативных последствий. Поэтому риск может быть определен как произведение вероятности опасности рассматриваемого события или процесса на величину ожидаемого ущерба. Здесь понятие «риск» объединяет два понятия – «вероятность опасности» и «величина ущерба». Для измерения величины ущерба универсальным представляется использование стоимостного выражения последствий неблагоприятного события (финансовый риск), что позволяет объективно выбрать оптимальную стратегию.

Применение анализа риска использует информацию в форме объективных данных или оценок экспертов для количественного описания неопределенности, существующей в отношении основных переменных и для обоснованных расчетов возможного воздействия неопределенности на эффективность функционирования транспортной системы.

Метод имитационного моделирования Монте-Карло создает дополнительную возможность при оценке риска за счет того, что делает возможным создание случайных сценариев.

Процесс анализа риска может быть разбит на следующие стадии:

- построение прогнозной модели;
- подготовка модели, способной прогнозировать расчет эффективности процесса функционирования транспортной системы;
- определение вероятностного закона распределения случайных переменных; установление границ диапазона значений переменных;
- определение условий корреляции; установление отношений коррелированных переменных; проведение имитационных прогонов;
- генерирование случайных сценариев, основанных на наборе допущений; анализ результатов; статистический анализ результатов имитации.

Создание прогнозной модели предусматривает определение математических отношений между числовыми переменными, которые относятся к прогнозу выбранного финансового показателя.

Построение модели начинается с определения функциональных зависимостей в реальной транспортной системе, которые впоследствии позволяют получить количественное решение, используя теорию вероятности и таблицы случайных чисел.

Следует отметить, что модель Монте-Карло не столь формализована и является более гибкой, чем другие имитирующие модели, так как нет необходимости определять, что именно оптимизируется, упрощать реальность для облегчения решения, можно предусмотреть опережения во времени [4].

Типичным примером задачи, которая может быть решена на основе модели Монте-Карло, может быть задача на обслуживание транспортных потоков.

Например, при планировании стратегии развития транспортного комплекса необходимо знать, как долго в среднем приходится грузовладельцу ждать завершения контролирующих формальностей (среднее значение ожидания).

Если рассматривать пункт пропуска через таможенную границу, то потоки грузов обслуживаются последовательно.

Прибытие грузов носит случайный характер.

Поступление заказов на оформление характеризуется следующими данными: интервалы поступления требований до 30 минут составляют 40 % случаев, от 30 до 60 минут – 60 %.

Продолжительность контролирующих процедур в зависимости от характеристик груза, качества оформленных документов – также величина случайная.

В 80 % случаев на обслуживание требуется 3 часа, в остальных – 5 часов.

Для интервалов между прибытиями грузов выберем следующую случайную последовательность: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 или 9.

Если выбраны числа 0, 1, 2 или 3, то продолжительность интервала между поступлением двух требований на оформление грузопотока составляет 30 минут.

Если выбраны числа 4, 5, 6, 7, 8 или 9, продолжительность интервала равна 60 минутам.

Аналогичным образом определяется время контроля, которое наступает после истечения интервала прибытия.

Для этого выбирается второе случайное число.

Если выбраны числа 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 или 7, время выполнения таможенных процедур составит 3 часа, если числа 8 или 9, обслуживание элементов транспортной системы длится 5 часов.

Генерация случайных чисел в методе Монте-Карло состоит из двух шагов.

Вначале можно воспользоваться генератором случайных чисел, равномерно распределенных на интервале между 0 и 1.

Далее, используя, как аргументы, полученные случайные числа, вычисляют значения функций моделируемых распределений.

Генераторы случайных чисел работают на детерминированных алгоритмах и воспроизводят так называемые «псевдослучайные числа», поскольку с некоторого момента последовательности этих псевдослучайных чисел начинают повторяться, т. е. они не являются независимыми.

В простейших генераторах это происходит уже через несколько тысяч генераций, а в более сложных – через миллиарды генераций.

Если массив случайных чисел начинает повторяться слишком быстро, то метод Монте-Карло перестает моделировать случайные, независимые сценарии и оценка начинает отражать ограниченность генератора. Оптимальное количество шагов в процессе зависит от объема выборки, сложности составляющих инструментов.

Предположим, что мы произвели N независимых опытов, в результате которых получили n случайных цифр. Записав эти цифры в порядке их появления в таблицу, получим таблицу случайных цифр.

Случайным числом называется случайная величина

$$\delta = \gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_s, \quad (1)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_s$ – независимые случайные цифры. Иными словами, случайное число – это случайная величина, равномерно распределенная на промежутке $[0, 1)$.

В настоящее время существуют специальные компьютерные программы для построения случайных чисел в любом количестве. Такие программы называют генераторами случайных чисел.

Рассмотрим теперь дискретную случайную величину ξ , распределение которой имеет вид: $X_1, X_2, \dots, X_i; P_1, P_2, \dots, P_i$.

Для моделирования случайной величины ξ промежутки $[0, 1)$ разделим на участки Δ_i так, чтобы длина промежутка Δ_i равнялась P_i , ($i = 1, 2, \dots, n$). Новая случайная величина ξ' определяемая равенством

$$\begin{aligned} \xi' &= X_i, \text{ если} \\ \delta &\in \Delta_i, (i = 1, 2, \dots, n), \end{aligned} \quad (2)$$

где δ – случайное число, имеет такое же распределение, что и случайная величина ξ .

Предыдущее равенство позволяет каждому случайному числу дать определенное значение случайной величине ξ .

Такой процесс приписывания значений случайной величине ξ часто называют разыгрыванием этой случайной величины.

Предположим, что даны две случайные величины ξ и η , совместное распределение которых имеет вид согласно табл.

Таблица

Распределение случайных величин

ξ	η	Y_1	...	Y_j	...	Y_n
X_1		P_{11}	...	P_{1j}	...	P_{1n}
...	
X_i		P_{i1}	...	P_{ij}	...	P_{in}
...	
P_m		P_{m1}	...	P_{mj}	...	P_{mn}

Для моделирования пары случайных величин ξ и η промежутков $[0, 1)$ разделим на части Δ_{ij} так, чтобы длина полуинтервала Δ_{ij} равнялась P_{ij} , ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$).

В этом случае пара случайных величин ξ', η' , где $\xi' = X_i, \eta' = Y_j$, при $\delta \in \Delta_{ij}$ имеет такое же распределение, что и пара ξ и η .

Предыдущее равенство позволяет каждому случайному числу приписать определенную пару значений случайных величин ξ и η .

Если случайные величины ξ и η независимы, то для разыгрывания пары ξ и η достаточно разыграть каждую случайную величину в отдельности.

Для разыгрывания непрерывной случайной величины можно вначале найти дискретную случайную величину, близкую к данной случайной величине, а затем разыграть эту дискретную случайную величину.

Метод Монте-Карло позволяет численно находить различные вероятностные характеристики случайной величины η , зависящей от большого числа других случайных величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$.

Этот метод сводится к следующему: разыгрывается последовательность случайных величин $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$, для каждого розыгрыша определяется соответствующее значение случайной величины η , а по найденным значениям строится эмпирическое распределение вероятностей этой случайной величины.

Распределения вероятностей переменных модели диктуют возможность выбора величин из определенных диапазонов. Такие распределения представляют собой математические инструменты, с помощью которых придается вес всем возможным результатам.

Этим контролируется случайный выбор значений для каждой переменной в ходе моделирования.

Необходимость применения распределения вероятностей наступления ситуаций риска обусловлена попытками прогнозирования будущих событий.

При обычном анализе процесса функционирования транспортной системы используется один тип распределения вероятности для всех переменных, включенных в модель анализа. Такой тип называют детерминированным распределением вероятности, и он придает всю вероятность одному значению.

При оценке имеющихся данных существует ограничение выбора единственного из множества возможных результатов или расчета сводного показателя.

Затем следует принять, что выбранное значение обязательно реализуется, то есть выбранному наиболее обоснованному образом показателю с единственным значением придается вероятность, равная 1.

Поскольку такое распределение вероятности имеет единственный результат, итог аналитической модели можно определить на основании всего одного расчета (или одного прогона модели) [5].

В анализе внешнеторговых рисков используется информация, содержащаяся в распределении вероятности с множественными значениями [6]. Именно использование множественных значений вместо детерминированных распределений вероятности и отличает имитационное моделирование от традиционного подхода. Определение случайных переменных и придание им соответствующего распределения вероятности является необходимым условием проведения анализа рисков.

Успешно завершив эти этапы, можно перейти к стадии моделирования.

Однако непосредственный переход к моделированию будет возможен только в том случае, если будет установлена корреляция в системе случайных переменных, включенных в модель.

Наличие в модели анализа коррелированных переменных может привести к серьезным искажениям результатов анализа риска, если эта корреляция не учитывается. Фактически наличие корреляции ограничивает случайный выбор отдельных значений для коррелированных переменных. Две коррелированные переменные моделируются так, что при случайном выборе одной из них другая выбирается не свободно, а в диапазоне значений, который управляется смоделированным значением первой переменной.

Хотя очень редко можно объективно определить точные характеристики корреляции случайных переменных в модели анализа, на прак-

тике имеется возможность установить направление таких связей и предполагаемую силу корреляции.

Стадия «прогонов модели» является той частью процесса анализа риска в таможенной деятельности в условиях функционирования транспортной системы, на которой всю рутинную работу выполняет компьютер. После того, как все допущения тщательно обоснованы, остается только последовательно просчитывать модель (каждый пересчет является одним «прогоном») до тех пор, пока будет получено достаточно значений для принятия решения (например, более 1000).

В ходе моделирования значения переменных выбираются случайно в границах заданных диапазонов и в соответствии с распределениями вероятностей и условиями корреляций.

Для каждого набора таких переменных вычисляется значение показателя эффективности функционирования транспортной системы. Все полученные значения сохраняются для последующей статистической обработки [7].

Окончательной стадией анализа рисков в транспортной системе является обработка и интерпретация результатов, полученных на стадии прогонов модели. Каждый прогон представляет вероятность события с учетом размера выборки. Например, если количество случайных прогонов равно 5000, то вероятность одного прогона составляет 0,02 % [8].

В качестве меры предотвращения риска изменения времени доставки грузов целесообразно использовать расчет вероятности установления рациональной ставки пошлины и определение на этой основе объемов грузопотока. Эта вероятность оценивается на основе статистических результатов имитационного моделирования как произведение количества результатов с оптимальным значением и вероятности единичного прогона. Например, если из 5000 прогонов оптимальные значения тарифа окажутся в 3454 случаях, то мера риска составит 69,1 % [9].

Выводы. Использование метода имитационного моделирования Монте-Карло с учетом факторов функционирования транспортной системы предоставляет возможность расчета рисков для нелинейных инструментов, использования любых распределений, моделирования сложного поведения трендов, кластеров, меняющихся корреляций между факторами риска, сценариев, дальнейшего, практически ничем не ограниченного развития моделей.

Однако следует отметить, что метод Монте-Карло обладает высокой сложностью моделей и соответственно высоким риском неадекватности их построения, значительными затратами времени на проведение расчетов, требует мощных вычислительных ресурсов. При простейших реализациях в условиях имитационного моделирования могут возникнуть недостатки, связанные с параметрическим методом расчета Value-at-Risk, что приведет к невозможности использования других распределений, кроме нормального, а также к некорректному учету рисков нелинейных инструментов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захаров К.В. Логистика, эффективность и риски внешнеэкономических операций / К.В. Захаров, А.В. Цыганок, В.П. Бочарников. – К.: ИНЭКС, 2001. – 237 с.
2. Буянов В.П. Управление рисками (рискология) / В.П. Буянов, К.А. Кирсанов, Л.А. Михайлов. – М.: Экзамен, 2002. – 384 с.
3. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения: Учебн. пособие / В.М. Гранатуров. – М.: Дело и Сервис, 1999. – 112 с.
4. Грачева М.В. Анализ проектных рисков / М.В. Грачева. – М.: ЗАО «Финстатинформ», 1999. – 216 с.
5. Гамидуллаев С.Н. Управление риском в социально-экономических системах: таможенные аспекты / С.Н. Гамидуллаев. – СПб.: Изд-во ИСЭП РАН, 2006. – 129 с.
6. Ершов А.Д. Информационное обеспечение управления в таможенной системе: Монография / А.Д. Ершов, П.С. Копанева. – СПб.: Знание, 2002. – 232 с.
7. Питерская В.М. Управление рисками с учетом имитационного моделирования процесса транспортировки груза через границу / В.Д. Гогунский, В.М. Питерская // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 17. – Одеса: ОНМУ, 2011. – С. 52-64.
8. Питерская В.М. Методика управления рисками в таможенно-транспортной деятельности / В.М. Питерская // Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету: Зб. наук. праць. – Вип. 13. – Одеса: МГУ, 2008. – С.81-88.
9. Питерская В.М. Методика транспортно-таможенного обеспечения развития портов Украины / А.В. Шахов, В.М. Питерская // Вісник ОНМУ: Зб. наук. праць. – Вип. 26. – Одеса: ОНМУ, 2009. – С. 172-179.

Стаття надійшла до редакції 19.03.2015 р.

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Судноремонт»
Одеського національного морського університету **А.В. Шахов**

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Комерційне забезпечення транспортних процесів» Одеського національного морського університету **С.П. Онищенко**