**Лабораторная работа №2  
по курсу «Имитационное моделирование экономических процессов»  
на тему:**

**Имитационное моделирование рисков инвестиционных проектов**

**Цель работы:**

Статистическое имитационное моделирование и последующая оценка риска инвестиционного проекта, основанные на использовании оценки прибыльности.

Моделирование выполняется средствами MS Excel 2007.

**Задание:**

Рассматривается инвестиционный проект, продолжительностью 5 лет. Плановые величины инвестиций в проект It и доходов Rt по годам:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **t** | **It** | **Rt** |
| **1** | 8000 | 6400 |
| **2** | 7000 | 9000 |
| **3** | 12000 | 17800 |
| **4** | 11000 | 15500 |
| **5** | 10000 | 25000 |

Величины заданы в условных денежных единицах.

Экспертом заданы следующие вероятностные характеристики проекта:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **t** | **kV(It)** | **kV(Rt)** |
| **1** | 5% | 12% |
| **2** | 5% | 15% | kV(*iмин.*) =5% |
| **3** | 10% | 17% | kV(*iинф.*) = 15% |
| **4** | 10% | 20% | kV(*iотр.*) = 10% |
| **5** | 15% | 25% |

1. Рассчитать характеристики проекта в детерминированной постановке.
2. Выполнить анализ чувствительности проекта к изменению процентных ставок.
3. Выполнить статистическую имитацию по методу Монте-Карло.
4. Оценить рисковые характеристики инвестиционного проекта.

**Варианты:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| *I*0 | 12000 | 11000 | 10000 | 9000 | 8000 | 8500 | 9500 | 10500 | 11500 | 12500 |
| *iмин.* | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5 | 4,5 | 4 | 3,5 | 3 |
| *iинф.* | 7 | 6 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 9 | 8 |
| *iотр.* | 70% | 90% | 110% | 120% | 130% | 115% | 105% | 95% | 75% | 65% |
| N | 150 | 140 | 160 | 190 | 130 | 170 | 140 | 180 | 160 | 150 |
| *r*(I; R) | 0,5 | 0,52 | 0,54 | 0,58 | 0,6 | 0,62 | 0,64 | 0,66 | 0,68 | 0,7 |

**Обозначения:**

t – время, лет с начала проекта.

It (investment) – инвестиции в проект в год t.

Rt (revenue) – доход в год t.

CFt (cash flow) – итоговый денежный поток в год t (прибыль или убыток).

Idt, Rdt, CFdt – дисконтированные величины It, Rt, CFt.

*i* – коэффициент дисконтирования, складывается из трех величин:

*iмин.* – доходность по безрисковым вложениям (например, ставка рефинансирования, или средняя доходность по гос. облигациям);

*iинф.* – инфляция;

*iотр.* – коэффициент отраслевого риска.

AP (accumulated profit) – накопленная прибыль (номинальная).

NPV(net present value)– чистая приведенная стоимость проекта (дисконтированная прибыль).

PI(profitability index) – индекс рентабельности проекта.

PP (pay-back period) – срок окупаемости проекта (для дисконтированных величин).

N – число реализаций статистического моделирования.

p(x<X\*) – вероятность того, что *x* составит менее какой-то запланированной величины.

F(X) – закон распределения величины X.

m(X) – среднее значение величины X.

S(X) – стандартное отклонение величины X.

kV(X) – коэффициент вариации X.

*r*(X; Y) – коэффициент корреляции между X и Y.

# Задание 1. Расчет детерминированных характеристик проекта

*Детерминированная* (неслучайная) постановка задачи подразумевает расчет характеристик прибыльности проекта по плановым показателям.

*Инвестиционным проектом* может считаться любая экономическая деятельность, в которой за счет вложений денежных средств (инвестиций) предполагается получение дохода.

Реальные инвестиционные проекты обычно занимают несколько месяцев или лет. Однако за это время изменяется стоимость денег – 1000 рублей сегодня и 1000 рублей через 10 лет – совершенно разные суммы.

Поэтому необходимо не только оценить запланированные инвестиции в проект и доходы по ним, но и выполнить их *дисконтирование*, т.е. приведение к текущей стоимости денег.

Исходные величины без дисконтирования называются *номинальными*.

*Инвестиции* в проект складываются из первоначальных инвестиций I0 в момент начала проекта и текущих инвестиций It в последующие годы.

*Доходы* от инвестирования Rt начинают поступать начиная с первого года.

Как правило, сначала инвестиции превышают затраты, но постепенно доходы увеличиваются и проект начинает приносить прибыль. Таким образом формируются потоки платежей (прибыль или убыток за отдельный период):

.

Однако то, что проект в какой-то год принес прибыль, еще не означает, что эта прибыль покрывает прежние затраты. Поэтому рассчитывается накопленная прибыль (или убыток) проекта:

.

Все это можно показать на графике:

На нем наглядно видно, в какие годы проект будет убыточным, в какие – прибыльным, и когда наступит *срок окупаемости проекта* (накопленная прибыль будет положительной).

В данном примере проект должен начать приносить прибыль на второй год реализации. Срок окупаемости – 4 года. Максимальная прибыль ожидается на пятый год.

Но, как уже было отмечено, более реалистичную картину дают дисконтированные показатели, т.е. приведенные к текущей стоимости денег:





.

Здесь *i* – *ставка дисконтирования*, которая показывает на сколько изменяется стоимость денег за один год. Упрощенно ставку дисконтирования можно рассчитать как комбинацию трех величин:



*iмин.* – безрисоквая доходность (например, ставка рефинансирования, или средняя доходность по гос. облигациям);

*iинф.* – инфляция;

*iотр.* – коэффициент отраслевого риска.

*Безрисковая доходность* характеризует прибыль, которую можно было бы получить, просто вложив деньги в надежные активы, а не в рискованный проект.

*Инфляция* показывает, как изменяется номинальная стоимость денег за год. В реальности инфляция постоянно меняется и ее необходимо спрогнозировать, но в данной работе мы будем упрощенно считать инфляцию постоянной.

Инфляция и безрисковая доходность характеризуют экономическую ситуацию в целом. Но в данной отрасли или регионе она может существенно отличаться. Поэтому вводят поправку – коэффициент отраслевого риска – который показывает, на сколько ситуация в отрасли отличается от общеэкономической. Например, *iотр.* = 50% показывает, что в данной отрасли доходность и инфляция вдвое ниже, чем в целом по стране.

Дисконтированные потоки  всегда меньше номинальных , но знак всегда сохраняется.

А вот суммарная прибыль по проекту может измениться полностью, вплоть до того, что номинально прибыльный проект окажется убыточным после дисконтирования.

*Чистая приведенная стоимость проекта* NPV – это дисконтированная прибыль по проекту. Она рассчитывается за каждый год реализации проекта, но наиболее интересна итоговая NPV за последний год:

.

NPV измеряется в тех же денежных единицах, что и исходные денежные потоки.

Относительной характеристикой прибыльности проекта является *индекс рентабельности* PI. При его расчете берется не разность между доходами и инвестициями, а их отношение:

.

 – суммарные дисконтированные доходы и инвестиции соответственно.

Проще говоря, PI показывает какой процент от инвестиций составляют доходы от проекта. Если PI > 100%, то проект приносит прибыль.

Для дисконтированных потоков также можно простроить график и определить *срок окупаемости* PP.

Из графика видно, что с учетом временно́й стоимости денег проект вообще не окупается за срок совей реализации. Значение PP не определено.

*Рассчитайте для своего варианта номинальные и дисконтированные потоки платежей, итоговые показатели проекта (AP, NPV, PI, PP). Постройте номинальный и дисконтированный графики проекта. Дайте его качественную характеристику.*

# Задание 2. Анализ чувствительности проекта

Анализ чувствительности – простейшая проверка из разряда «а что будет, если планы не сбудутся». Смысл анализа чувствительности – как изменятся итоговые показатели, если поменять одну из исходных величин.

Обычно для анализа чувствительности исходную величину увеличивают примерно на 10%.

В качестве характеристики чувствительности часто используют эластичность:

.

Эластичность показывает, на сколько процентов изменится y, если x увеличится на 1%.

Значения с индексом 0 – до изменения, значения с индексом 1 – после. Например, эластичность NPV по инфляции:

.

Чтобы получить  (и PI1) нужно полностью пересчитать проект по .

Сравнивая эластичности разных показателей, можно понять, какой из них сильнее влияет на результаты проекта.

*Проведите анализ чувствительности NPV и PI к ставкам iмин., iинф., iотр. Сделайте вывод.*

# Задание 3. Статистическая имитация инвестиционного проекта

Одним из наиболее распространенных методов имитационного моделирования является статистическое моделирование *по методу Монте-Карло.*

Его суть достаточно проста.

1. Сначала задаются вероятностные характеристики исходных данных. Обычно они назначаются специалистом в данной области.
2. Затем генерируется большое число (сотни, тысячи) реализаций этих случайных величин. Каждая реализация имитирует реальную возможную ситуацию. В нашем случае исходными будут величины It, Rt, *i*мин., *i*инф*.*, *i*отр. На этом этапе необходимо учесть, что некоторые величины могут быть взаимосвязаны (коррелированны).
3. Для каждой реализации рассчитываются конечные показатели (NPV, PI, PP).
4. Исследуются статистические характеристики итоговых показателей – средние величины, различные вероятности и т.д.

В этом задании мы выполним только первые два этапа.

Вероятностные характеристики заданы в исходных данных к вашему варианту. При генерации се величины будем считать нормально распределенными.

Нам нужно сгенерировать 13 случайных величин (СВ): инвестиции и доходы за 5 лет, и три процентные ставки *i*мин., *i*инф*.*, *i*отр. Начальные инвестиции I0 будем считать неслучайными.

Для генерации нормальной случайной величины необходимо задать *среднее значение* *m* и *стандартное отклонение* *S*. В качестве средних берутся плановые значения (хотя можно задать и другие).

Стандартное отклонение задавать не очень удобно, поскольку оно измеряется в денежных единицах, а они меняют свою стоимость. Гораздо удобнее задать *коэффициент вариации* в процентах:

.

Этих данных достаточно, чтобы сгенерировать независимые случайные величины. Но, достаточно очевидно, что между инвестициями и доходами от них есть зависимость: чем больше инвестиции, тем больше доход. Эта зависимость не строгая, а *корреляционная*. В нашем случае эксперт оценил силу зависимости в 0,6.

Существует формула, по которой сгенерированные независимые случайные величины можно пересчитать в коррелированные. Однако ее гораздо проще использовать, если исходные нормальные СВ сгенерированы с *m* =0 и *S* =1. Такое распределение называется стандартным нормальным и, на самом деле, его гораздо проще генерировать.

Поэтому мы будем генерировать все СВ как стандартные нормальные, затем наложим на них корреляцию, а затем пересчитаем их в нужные нам.

Чтобы получить коррелированные СВ, сначала генерируют две независимых СВ, в нашем случае I и R. I берется «как есть», а R пересчитывается по формуле:

.

Еще раз подчеркнем, эта формула справедлива только если *m* =0 и *S* =1 и для I, и для R.

После этого все сгенерированные стандартные величины пересчитаем к нужным нам m и S:

.

где  – нужные нам СВ (It, Rt, *i*мин., *i*инф*.*, *i*отр.), m, S – их числовые характеристики,  – стандартные нормальные величины с корреляцией.

*Запишите m, Kv и S для всех 13 СВ, которые нужно сгенерировать (It, Rt, iмин., iинф., iотр). Сгенерируйте N\*13 стандартно распределенных СВ. Сформируйте для трех из них СВ с корреляцией. Пересчитайте стандартные СВ с корреляцией в СВ для инвестиционного проекта – It, Rt, iмин., iинф., iотр. Проверьте характеристики полученных СВ – рассчитайте по ним среднее, стандартное отклонение, коэффициент вариации и корреляцию. Результаты должны быть близки к исходным данным.*

# Задание 4. Расчет вероятностных характеристик проекта

В результате прошлого задания мы получили N вариантов реализации нашего проекта. Теперь для каждой из них нужно рассчитать все промежуточные и итоговые показатели – i, Idt, Rdt, CFdt, NPVt, PI, PP. Номинальные показатели рассчитывать не нужно.

Затем рассчитываются числовые характеристики этих показателей – m, S, kV. Они позволяют судить о среднем ожидаемом значении NPV, PI и разбросе вокруг него. Для PP экономический смысл m и S более размытый.

Более наглядными будут вероятности определенных событий – убытков, занижения реальных результатов относительно плана и т.д.

Рассчитать их можно двумя способами – через частоты и теоретический закон распределения.

NPV и PI будем оценивать через нормальный закон распределения FG(x)(в идеале, нужно еще доказать, что он нормальный).

Обычно рассчитывают следующие вероятности:

* вероятность получения убытков:

p(NPV < 0) = FG(0)

p(PI < 100%) = FG(1)

* вероятность **не**получения плановой прибыли:

p(NPV < NPVплан.) = FG(NPVплан.)

p(PI < PIплан.) = FG(PIплан.)

* вероятность **не**получения даже 90% от плановой прибыли:

p(NPV < 0,9 NPVплан.) = FG(0,9NPVплан.)

p(NPV < 0,9 PIплан.) = FG(0,9PIплан.)

Плановые величины – это те, которые мы получили в 1 задании, т.е. детерминированные.

Дополнительно можно рассчитать и другие вероятности, которые позволят охарактеризовать конкретный проект, например вероятность получения прибыли более 5000д.е., или вероятность получения рентабельности менее 50%.

Для срока окупаемости PP удобнее оперировать частотами. В разных реализациях мы получим разный срок окупаемости. При этом мы можем видеть, что например, из 100 реализаций только в 2 случаях PP=4. Тогда вероятность того, что срок окупаемости составит 4 года равна 2%. Аналогично рассчитываются вероятности и для других сроков:

p(PP = k) = nk / N

Мы не будем выполнять строгое доказательство того, что NPV и PI имеют нормальный закон распределения. Но сделаем проверку «на глаз», построив гистограмму распределения NPV и сравнив ее с теоретической плотностью распределения.

*Выполните расчет итоговых показателей для всех реализаций. Рассчитайте числовые характеристики для i, Idt, Rdt, CFdt, NPVt, PI, PP. Проверьте вероятности для значений NPV, PI, PP. Постройте гистограмму распределения NPV и сравните ее с нормальным законом распределения. Сделайте вывод.*