



ФОНД
НАУЧНИ
ИЗСЛЕДВАНИЯ

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

25 години

ВИСШЕ УЧИЛИЩЕ ПО АГРОБИЗНЕС И РАЗВИТИЕ НА РЕГИОНИТЕ
Юбилейна международна научна конференция БЪЛГАРИЯ НА РЕГИОНИТЕ

Перспективи за устойчиво регионално развитие

27-28 октомври 2017 г., Пловдив, България



25 years

UNIVERSITY OF AGRIBUSINESS AND RURAL DEVELOPMENT
Jubilee International Scientific Conference BULGARIA OF REGIONS

Sustainable Regional Development Perspectives

27-28 October 2017, Plovdiv, Bulgaria

<http://regions.uard.bg>

Simulation modeling in international capital budgeting with Excel

Georgi Georgiev

University of agribusiness and rural development - Bulgaria

Abstract: The aim of the article is to present in detail the process of simulation modeling in international capital budgeting, using the embedded functions of Excel. Monte Carlo simulations are used to generate 10 000 probabilistic predictions for limited key economic variables with certain probability distribution parameters. As a final result, an estimation of the net present value for the investment project is made.

Keywords: simulation modeling, international capital budgeting, Monte Carlo simulation, Data table.

Симуляционно моделиране при международно капиталово бюджетирание с Excel

Георги Георгиев

Висше училище по агробизнес и развитие на регионите – Пловдив

Резюме: Целта на статията е да представи в детайли процеса на симуляционно моделиране при международно капиталово бюджетирание чрез използване на вградените функции на Excel. Чрез Монте Карло симулации са генерирани 10 000 вероятностни прогнози за ограничени ключови икономически променливи при определени параметри на вероятностни разпределения. Като краен резултат е направена интервална оценка на нетната настояща стойност на инвестиционния проект.

Ключови думи: симуляционно моделиране, международно капиталово бюджетирание, Монте Карло симулации, Data table.

В последните години симуляционните методи се наложиха като един от най-мощните инструменти в услуга на риск мениджмънта, когато трябва да се оценяват активи или вземат решения в условията на неопределеност. Заедно с Scenario Analysis и Decision Tree симуляционно моделиране спада към количествените методи за измерване на риска, като за разлика от първите два подхода осигурява най-висока точност при оценяване и анализиране на риска. Прилагането и използването на симуляционно моделиране в теорията и практиката стана възможно едва след появата на компютрите и мощни изчислителни софтуери. За целите на капиталовото бюджетирание и по специално приложението му при международни инвестиционни проекти най-често се използва Монте Карло подходът. Монте Карло симулациите са се превърнали в един от най-често използваните методи за анализ и моделиране на събития с висока степен на несигурност. Основните предимства на подхода се свързват с неговата гъвкавост, относителна простота на изчисление с помощта на стандартни компютърни програми и универсалността на приложението му в различни области на човешката активност. В областта на финансите понастоящем професионалистите от Wall Street използват Монте Карло технологията при оценяване на ипотечни облигации, екзотични опции и деривативни инструменти¹. През последните години тази технология намира все по-голямо приложение в практиката на водещите финансово-консултантски фирми в развитите държави при оценяване на дългосрочните инвестиции в реални активи. Монте Карло технологията се използва при прогнозиране на бъдещи продажби, пазарни дялове, построяване на нови производства и технологични съоръжения, разработване на нови находища на енергийни източници и др. За да бъде възможно приложението на Монте Карло, финансовият мениджър трябва да разполага или с минали исторически данни

¹ Holtan M., Using simulation to calculate the NPV of a project, Onward Inc. 2002.

за аналогична икономическата променлива, чийто стойности се опитва да прогнозира (например бъдещи продажби, търсене, валутни курсове и др.), или някои ключови стойности като очаквани минимална, максимална и средна стойност.

Чрез Монте Карло симулация е възможно генериране на произволен брой вероятности прогнози за дадена ключова икономическа променлива, ако са известни основните параметри на разпределението ѝ. Например на базата на минали исторически данни за валутния курс на дадена валутна двойка можем да определим формата на вероятностното разпределение и след това да изчислим неговите параметри (средната аритметична и стандартното отклонение при нормално разпределение). По този начин за финансовия мениджър е възможно да симулира очакваните бъдещи стойности на валутния курс, да определи каква ще е очакваната ефективност на инвестицията.

В тази статия читателят ще бъде запознат чрез реален казус подробно, стъпка по стъпка с процеса на използване на Монте Карло симулациите при дългосрочни международни инвестиции в реални активи. За целта като начални данни ще бъдат използвани тези от таблица 1.

Таблица 1. Данни от инвестицията преди конвертацията в BGN

| години | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---------|----------|-----------|-----------|----------|
| нетни парични потоци в CHF | -220000 | 110000 | 150000 | 150000 | 90000 |
| корп. данък в Швейцария 29,67% в CHF | | 32637 | 44505 | 44505 | 26703 |
| нетна печалба в CHF | | 77363 | 105495 | 105495 | 63297 |
| печалба, оставаща във филиала 2% в CHF | | 1547,26 | 2109,90 | 2109,90 | 1265,94 |
| печалба преди данък за репатриране в CHF | | 75815,74 | 103385,10 | 103385,10 | 62031,06 |
| данък върху износа на печалба 3% в CHF | | 2274,47 | 3101,55 | 3101,55 | 1860,93 |
| печалба за репатриране в България в CHF | | 73541,27 | 100283,55 | 100283,55 | 60170,13 |

В конкретния случай е необходимо прецизно да се изчисли рискът чрез симулиране на най-вероятните стойности на NPV и максимална загуба, която може да се очаква от международната инвестиция.

Основните стъпки при симулиране на курса CHF/BGN чрез Монте Карло симулация са:

1. Набавяне на исторически данни за изменението на валутния курс CHF/BGN;
2. Идентифициране функционалната форма на емпиричното разпределение;
3. Намиране параметрите на разпределението (средна аритметична и стандартно отклонение за нормално разпределение);
4. Изчисляване прогнозните стойности на бъдещите валутни курсове чрез използване на инверсната (обратната) кумулативна функция на разпределението.
5. Изчисляване на нетните парични потоци и намиране на NPV в BGN.

6. Програмиране симулираната средна на NPV в BGN и броя на симулациите.

7. Генериране на произволен брой вероятности прогнози (симулации) на NPV.

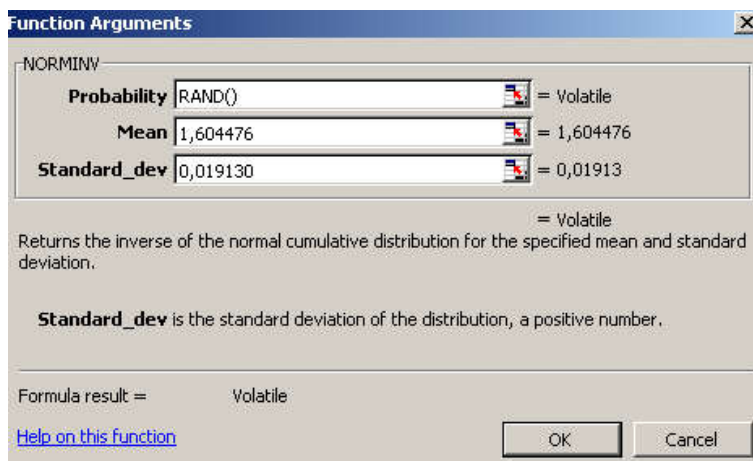
8. Изчисляване на доверителния интервал на отклонение за NPV и VaR при определена вероятност.

На базата на историческите данни за валутната двойка CHF/BGN се изчисляват средната аритметична и стандартното отклонение като се използват вградените функции на Excel съответно AVERAGE и STDEV. Средната аритметична на курса е изчислена на 1,60448, а стандартното отклонение – на 0,01913.

Изчисляването на прогнозните стойности на бъдещите валутни курсове става чрез вграждане на функцията за генериране на случайни числа RAND в съответната инверсната (обратната) кумулативна функция на разпределението. При валутната двойка CHF/BGN се наблюдава нормално разпределение и затова ще бъде вградена RAND в инверсната кумулативна функция на нормалното разпределение NORMINV.

Прогнозните курсове за втората, третата и четвъртата година са изчислени като са комбинирани двете функции по следния начин (Фигура 1).

Трябва да бъде подчертано, че програмирани по този начин валутните курсове всеки път при отварянето на Excel ще се преизчисляват и ще получават нова стойност, защото функцията RAND всеки път ще генерира нови случайни числа.



Фигура 1. Програмиране на прогнозните курсове

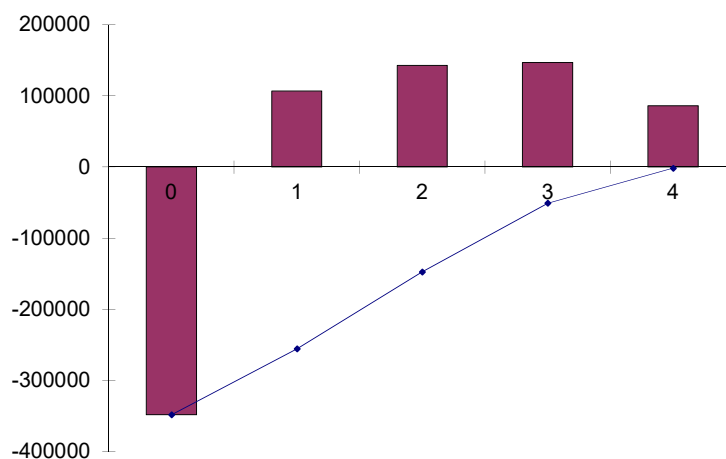
След като прогнозните курсове са програмирани се преизчислява печалбата за репатриране в България от CHF в BGN (Таблица 2). При следващите редици последователно са изчислени дължимият корпоративен данък у нас, нетните парични потоци, тяхната сегашна стойност и кумулираната сегашна стойност. По този начин е конструиран математическият модел за изчисляване на нетната настояща стойност. Следващата стъпка е да се идентифицират стохастичните ключови променливи в модела и да се програмират като симулационни средни. Това са променливи, които нямат твърда фиксирана стойност, и тя не е производна от някаква известна

математическа формула или математически алгоритъм, т.е. те не могат да се определят детерминистично, а единствено вероятно (стохастично). В конкретния случай такива стохастични променливи се явяват: валутният курс, нетният продажбен марж, размерът на продажбите и прогнозната инфлация.

Таблица 2. Изчисляване ефективността на проекта в BGN

| години | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|----------|------------|-----------|-----------|----------|
| начални инвестиционни разходи в CHF | -220 000 | | | | |
| печалба за репатриране в България в CHF | | 73541,27 | 100283,55 | 100283,55 | 60170,13 |
| прогнозен валутен курс | 1,58175 | 1,61601 | 1,55307 | 1,60794 | 1,59710 |
| печалба за репатр. в България (BGN) | | 118843,29 | 155746,87 | 161250,18 | 96097,85 |
| корпоративен данък в България 10% | | 11884,33 | 15574,69 | 16125,02 | 9609,79 |
| нетни парични потоци в BGN | -347985 | 106958,96 | 140172,19 | 145125,16 | 86488,07 |
| PV в BGN | -347985 | 93007,79 | 105990,31 | 95422,15 | 49449,83 |
| кумулятивна PV в BGN | -347985 | -254977,21 | -148986,9 | -53564,75 | -4114,91 |

Фигура 2 илюстрира времето разположение на нетните и кумулативните парични потоци в лева при един от генерираните варианти. Чрез правоъгълници е показано разположението във времето на нетните парични потоци. Кривата разкрива нарастването на дисконтираните кумулативни парични потоци за срока на инвестиционния проект.



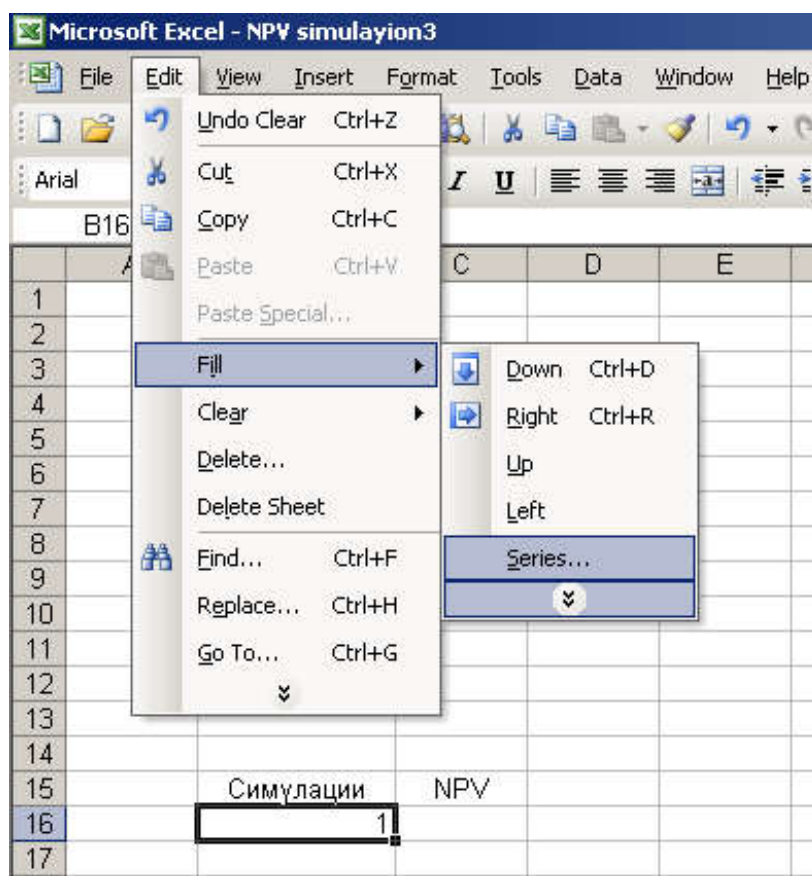
Фигура 2. Времева скала на нетните и дисконтираните кумулативни парични потоци в BGN

Както се вижда от графиката за периода на инвестицията тяхната стойност достига до 0 в края на четвъртата година, но не успява да пресече абсцисата и да стане положителна величина. Това означава, че проектът няма положителна NPV, следователно не е ефективен за фирмата и трябва да бъде отхвърлен като инвестиционна възможност.

За да може да вземе обосновано решение, за финансовия мениджър е важно да може да прогнозира с висока точност каква е най-вероятната очаквана нетна настояща стойност (NPV) на проекта, т.е. неговата очакваната ефективност и каква максимална загуба може да очаква фирмата. Един от начините да се изчислят тези ключови величини е генериране на значителен брой Монте Карло симулации на NPV чрез използване само на вградените функции и приложения на Excel. Процедурата включва следните етапи:

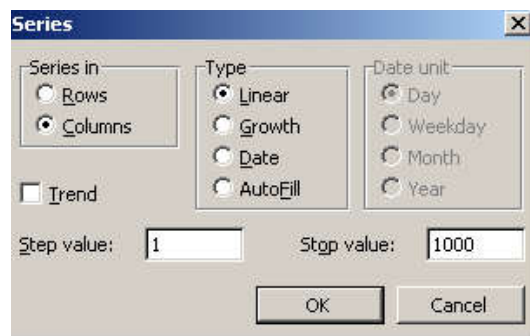
1. Програмиране на броя на симулациите чрез функцията series;
2. Програмиране на симулационната средна като NPV на инвестицията;
3. Маркиране на симулационната таблица;
4. Изчисляване на 10 000 симулации чрез функцията TABLE;
5. Изчисляване на дескриптивната статистика, доверителния интервал на отклонение за NPV при дадена вероятност и синтезиране на хистограма на разпределението на нетната настояща стойност.

Първи етап - Уточняване броя на симулациите чрез функцията series



Фигура 3. Програмиране броя на симулациите чрез функцията series

Както се вижда от фигура 3 от падащото меню на Edit, избира се Fill и след това Series.



Фигура 4. Програмиране броя на симулациите чрез функцията series

На фигура 4 е показано как се задават параметрите на Series. Първо, трябва да бъде избрана посоката на серията – за конкретните данни колона (Columns). След това се избира видът на серията – в случая линеен (Linear). Последно се фиксира стойността на една стъпка -1 и крайната стойност -1000, т.е. задаваме 1000 симулации. В практиката на финансовите мениджъри се използват обикновено 10 000 симулации.

Втори етап - Програмиране на симулационната средна

Като симулационната средна се използва клетката, където се изчислява NPV на проекта. Може да бъде използвана последната клетка най-вдясно или друга клетка, където е изчислена нетната настояща стойност.

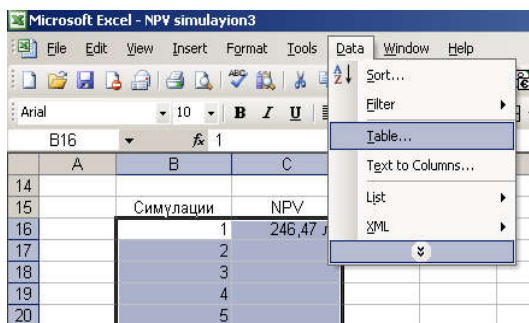
Трети етап - Маркиране на симулационната таблица

| | A | B | C |
|----|---|-----------|-----------|
| 13 | | | |
| 14 | | | |
| 15 | | Симулации | NPV |
| 16 | | 1 | 246,47 лв |
| 17 | | 2 | |
| 18 | | 3 | |
| 19 | | 4 | |
| 20 | | 5 | |
| 21 | | 6 | |
| 22 | | 7 | |

Фигура 5. Маркиране на симулационната таблица

Симулационната таблица се маркира най-лесно като горе вляво се зададат клетките, които очертават диагонала на таблицата (Фигура 5). Маркирането на таблицата може да се осъществи и като обикновено маркиране с мишката, но при голям брой симулации този подход не е особено удобен.

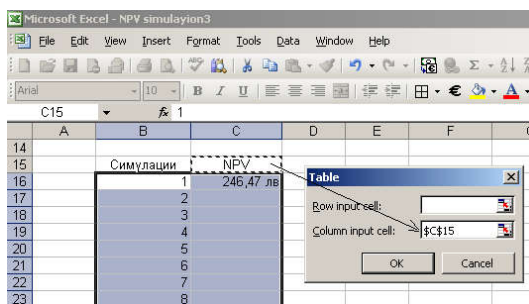
Четвърти етап – Изчисляване на симулациите чрез функцията Table



Фигура 6. Програмиране симулацията чрез функцията Table

За процеса на многопериодна симулация се използва функцията Table, която се намира в падащото меню на Data (Фигура 6)

След като бъде отворен диалоговият прозорец на функцията Table, се задава началната клетка на колоната за симулиране възможните стойности на NPV (Фигура 7).



Фигура 7. Програмиране симулацията чрез функцията Table

| | А | В | С |
|----|---|-----------|--------------|
| 14 | | | |
| 15 | | Симулации | NPV |
| 16 | | 1 | 1 849,65 лв |
| 17 | | 2 | -2237,938453 |
| 18 | | 3 | -1041,639884 |
| 19 | | 4 | -3174,824537 |
| 20 | | 5 | -3440,563583 |
| 21 | | 6 | -1984,650673 |
| 22 | | 7 | -4409,55477 |
| 23 | | 8 | -1977,431081 |
| 24 | | 9 | -827,2125128 |
| 25 | | 10 | -2369,55901 |

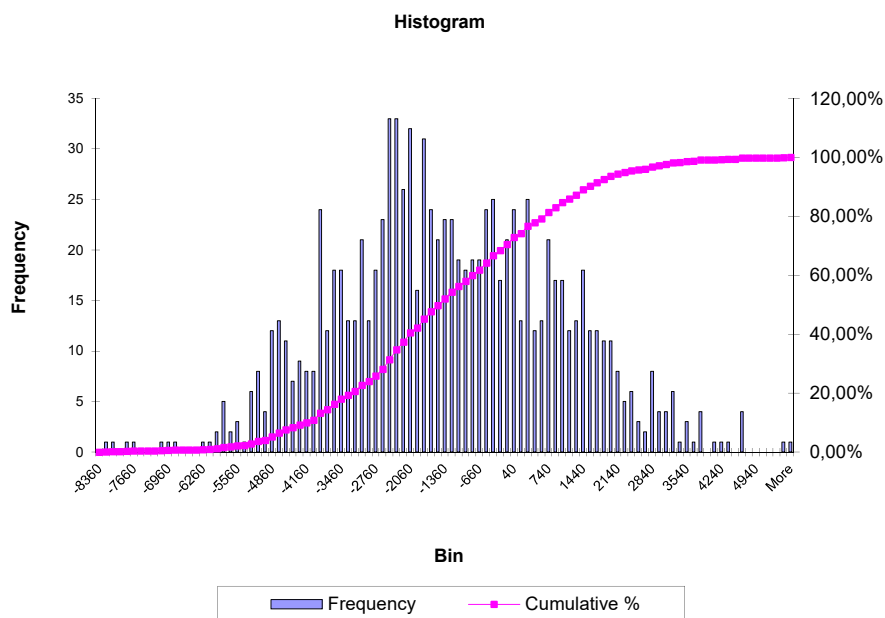
Фигура 8. Изчисляване на симулациите

След задаване на началната клетка и натискане на бутона ОК компютърът изчислява зададените симулации (в случая 1000) т.е. симулират се 1000 възможни стойности на NPV. Фигура 8 показва първите 10 от тях

Пети етап – Изчисляване на дескриптивна статистика, доверителния интервал и синтезиране на хистограма

На този етап се изчислява дескриптивната статистика на симулираните 10 000 възможни стойности на NPV. Тези стойности по-нататък се използват за изчисление на доверителния интервал и хистограмата на разпределение.

За да бъде визуализирана формата на емпиричното разпределение на нетната настояща стойност на инвестицията, е необходимо да бъде синтезирана хистограма. Тя дава представа на финансовия мениджър каква е функцията на вероятностната плътност на разпределението на NPV (фигура 9).



Фигура 9. Хистограма на разпределението на честотите на NPV на инвестицията

За да бъде построена хистограмата, първо е необходимо да бъдат дефинирани груповите интервали. За конкретния случай са избрани 100 интервала. Ширината на груповия интервал е изчислена по следната формула:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k},$$

където: h е ширината на интервала;

x_{\max} – максималното и мин. значение на признака;

x_{\min} – минималното значение на признака;

k – броят на групите.

Таблица 3 представя резултатите от изчислената дескриптивна статистика на симулираните 1000 възможни стойности на NPV на

инвестиционния проект. Във втората колона на таблицата са показани вградените функции на Excel, които са използвани за изчисляване на стойностите в колона трета.

Вижда се, че нетната настояща стойност по влияние на валутния курс варира в доста широки граници от -8 542,06 лв. до + 5 412,74 лв. Финансовият мениджър обаче се интересува коя е най-вероятната очаквана стойност на NPV. Първият показател – изчислената средната аритметична, се асоциира с очакваната нетна настояща стойност на проекта, но за да може да се твърди със сигурност, тя трябва да се гарантирана с дадена вероятност.

Таблица 3. Дескриптивна статистика на NPV

| показател | Excel формула | стойност |
|-----------------------|---------------|--------------|
| средна аритметична | AVERAGE | -1 324,04 лв |
| стандартно отклонение | STDEV | 2098,315388 |
| минимална стойност | MIN | -8 542,06 лв |
| максимална стойност | MAX | 5 412,74 лв |

Гарантирането на дадена стойност става чрез изчисляване на доверителния интервал, в чиито граници се намира очакваната величина при определена вероятност. Това става по следния начин:

Първо - изчисляване на стандартната грешка.

Стандартната грешка се изчислява по следната формула:

$$SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{2098,31}{\sqrt{1000}} = 66,354, \text{ където:}$$

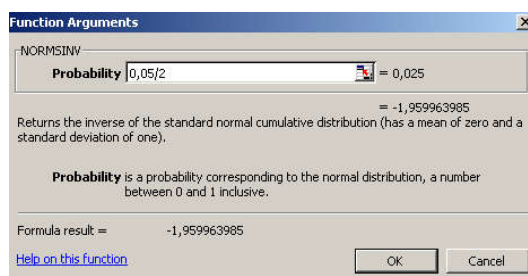
SE е стандартната грешка;

σ – стандартното отклонение;

n – броят на наблюденията.

Второ – намиране на стандартизираната променлива съответстваща на дадена вероятност.

Стандартизираната променлива, съответстваща на дадена вероятност, може да се изчисли лесно чрез функцията NORMSINV на Excel. Тя представлява инверсната кумулативна функция на стандартизираното нормалното разпределение. За конкретния казус приемаме, че финансовият мениджър иска да си гарантира изчисленията с вероятност от 95%. При вероятност 95% критичната област е оставащите 5%.



Фигура 10. Изчисляване на стандартизираната променлива

Когато задаваме вероятността в функцията NORMSINV, е необходимо да разделим на 2 вероятността за критичната област, защото при конкретната ситуация имаме двустранна критична област, т.е. трябва да изчислим горната и долната граница на очаквано максимално отклонение. Както се вижда от фигура 10, стандартизираната променлива, изчислена при 95% и двустранна критична област, е приблизително 1,96.

Трето – изчисляване границите на отклонение на NPV при 95% вероятност.

Таблица 4 показва изчислените максимална грешка и граници на отклонение в очакваната стойност на NPV при 95% вероятност.

Таблица 4. Максимална грешка и граници на отклонение в очакваната стойност на NPV при 95% вероятност

| | |
|-------------------|--------------|
| максимална грешка | 130,0549351 |
| 95% долна граница | -1 454,10 лв |
| 95% горна граница | -1 193,99 лв |

Максималната грешка е изчислена като:

$$\Delta_{\bar{x}} = Z \cdot SE_{\bar{x}} = 1,96 \cdot 66,354 = 130,055$$

Долната граница на доверителния интервал е определена по следния начин:

$$\bar{X} - \Delta_{\bar{x}} = -1\,324,04 \text{ лв.} - 130,05 \text{ лв.} = -1\,454,10 \text{ лв.},$$

а горната:

$$\bar{X} + \Delta_{\bar{x}} = -1\,324,04 \text{ лв.} + 130,05 \text{ лв.} = -1\,193,99 \text{ лв.}$$

Оттук вече финансовият мениджър със сигурност от 95% може да определи, че очакваната стойност на NPV за инвестицията ще бъде в границите между - 1 193,99 лв. и -1 454,10 лв. Нетната настояща стойност на инвестиционния проект със сигурност ще бъде отрицателна и българската фирма трябва да се откаже от откриване на магазин в Швейцария, ако иска да репатрира печалбата си в България.

В заключение може да бъде подчертано, че използването на Монте Карло симулации при определяне на очакваните парични потоци от дадена инвестиция е подход, който гарантира на инвеститора висока прогнозна точност при оценяване на различните инвестиционни възможности, ако бъде избрана функционална форма, която съответства на разпределението на реалните данни.

Литература

1. Holtan M., Using simulation to calculate the NPV of a project, Onward Inc. 2002
2. Dowd Kevin, "Introduction to market risk measurement", John Wiley & Sons Ltd, England 2002

3. Winston, Wayne L., Microsoft® Excel® 2010: Data Analysis and Business Modeling, Microsoft Press, 2011
4. Allman, Keith A., Modeling Structured Finance Cash Flows with Microsoft Excel, John Wiley & Sons, Inc., 2007
5. Ngai Hang Chan and Hoi Ying Wong, Simulation techniques in financial risk management, John Wiley & Sons, Inc., 2006