

TUE-PB-2-MKM-08

APPLICATION OF A SIMULATION METHOD FOR RISK EVALUATION OF TECHNOLOGICAL RENOVATION IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

ПРИЛОЖЕНИЕ НА СИМУЛАЦИОНЕН МЕТОД ЗА ОЦЕНКА НА РИСКА ПРИ ТЕХНОЛОГИЧНО ОБНОВЛЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕНО ПРЕДПРИЯТИЕ

Milena Kirova, Preslava Velikova

Abstract: *This material presents the process of risk management of a technological renovation in an industrial enterprise with the application of the Monte Carlo simulation method. With it, evaluation of the influence of risks when introducing new technology in a particular organization is prepared. The production of electronics for 1 year in a particular area of the enterprise is reviewed by comparing an old and a new machine. After preliminary risk analysis of the organization, only those factors that can have the strongest influence on the economic result are chosen for evaluation.*

Key words: *renovation, industrial enterprise, Monte Carlo method.*

JEL Codes: C22

Въведение

Симулационните модели дават възможност да се установят последствията при промяна в състоянието на системата без да е необходимо предварително да се инвестират средства, време и усилия в тази насока. Симулацията е изключително широко приложима техника. Тя се използва при две условия: (1) когато не е възможно да се експериментира и (2) когато аналитично решение липсва или носи несигурност. Предимствата на симулацията са:

- (1) Тя е сравнително директна;
- (2) Може да се използва за решаване на големи, сложни проблеми;
- (3) Позволява да се направи анализ от типа "Какво-ако" [Davis and Pecar, 2013].

Един от най-широко използваните методи е Монте Карло симулация. Той предоставя възможност за оценка на риска, която може да се направи за конкретна система, включително и преди да е изградена, за замяна или въвеждане на оборудване в предприятието и т.н. Изключителните му предимства обосновават използването му и за настоящата работа. Монте Карло притежава три предимства пред традиционните методи за симулация:

(1) При МК времето като фактор не е толкова значимо, както е по принцип при стохастичните симулации. Терминът "стохастичен" се използва по отношение на симулация, за да насочи вниманието към използването на числа от едно или повече вероятностни разпределения, избрани на случаен принцип за симулацията;

(2) Като правило наблюденията при този метод са независими. При симулации обаче експеримента с наблюденията се прави за период от време и те са силно свързани, което ги прави взаимозависими;

(3) При МК е възможно отговорите да бъдат представени директно чрез прости уравнения. В симулации отговорите са често сложни и могат да бъдат изразени само чрез компютърни програми.

Други предимства са изследвани и описани в [Kirova & Velikova 2014].

Ще се приложи методът Монте Карло симулация за оценка на риска при машина, функционираща в предприятието към момента на изследването, и нова машина, която ще се закупи, за да може да се сравнят разходите за управление на риска и по-точно при коя машина ще са по-ниски. Изходните данни за разработката са предоставени от самото предприятие.

1. Структура на работата

1.1. Избор на обект и предмет на изследване

Обект на изследване е ограничен участък от предприятие за производство на електронни части.

Предмет на изследване са рисковете, свързани с подновяване на технологичното оборудване в предприятието и по-конкретно подмяна на една от машините.

1.2. Избор на цел и задачи на изследването

Целта на разработката е да се приложи Монте Карло симулация за оценка на риска в предприятието и на тази основа да се предложат възможности за обновяване на използваната технология – подмяна на конкретна стара машина с нова, чрез които да се повиши тяхната конкурентоспособност и да се постигне устойчиво развитие на сектор „Производство на компютърна техника, електронни и оптични продукти (С26)“.

От поставена цел произтичат следните основни задачи:

- Да се приложи методът Монте Карло симулация за оценка на риска на стара и нова машина в предприятието;
- Да се установят разходите за управление на риска при старата и новата машина.
- Да се изведат препоръки относно рентабилността на инвестицията, която мениджърите в предприятието обмислят да направят.

1.3. Изследователска теза

Тезата, която се поддържа е, че използването на възможностите за внедряване на иновации в предприятието ще доведат до повишаване равнището на неговата конкурентоспособност до тази на сходни промишлени производства от България и развитите европейски държави. Управлението на риска в иновационния процес би спомогнало за вземане на решение при въвеждане на технологично обновление в предприятието [Velikova and Kirova, 2014; Velikova, Yanev and Kalchev, 2010; Antonova, 2008; Kunev and Antonova, 2014].

Иновациите са основно средство за повишаване конкурентоспособността на българските предприятия и постигане на устойчиво развитие на производствения сектор, поради което е необходимо тяхното внедряване с подходящи методи и модели [Kirova, 2010; Kirova and Ruskova, 2009]. На основата на факта, че малките и средни производствени предприятия в страната не разполагат с необходимия финансов, човешки и информационен ресурс за реализиране на ефективна иновационна дейност, се налага подкрепа от държавата и участие на образователните и научните институции [Kunev and Antonova, 2014; Papazov and Mihaylova, 2009; Йорданова, 2009]. Необходимостта от иновации се потвърждава и от доц. д-р Лилия Дамянова. Според нея, базиращата се на знания икономика (knowledge-based economy) се основава на иновации [Дамянова, 2009; Kirova, Sheludko and Velikova, 2012; Недялков, 2012].

2. Оценка и анализ на риска

Оценяването на рискове при работата на двете машини се извършва чрез прилагане на метода Монте Карло симулация [Кирова и Великова, 2013; Великова, 2012; Kirova, 2012; Kirova and Velikova, 2014].

2.1. Формулиране на проблема и анализ на риска

В съответствие с изискванията на пазара фирмата инвестира значителни суми в машини и оборудване, с които да гарантира високо качество на произвежданата продукция на клиентите си. Въпреки това, към настоящия момент част от машините и съоръженията не са подменени. Във фирмата постъпват сигнали от работниците, а по-късно и от клиенти във вид на рекламации към ръководството, че произведените елементи са с дефекти, което води до

увеличаване на брака. Машината, която дава увеличен брой дефектни изделия, много често е в ремонт, което допълнително увеличава разходите на фирмата.

Мениджърският екип решава, че тя е морално остаряла, операторите се натоварват повече от необходимото при постоянното ѝ ръчно настройване и губят много време. При счупване частите се намират трудно на пазара. Задължително е двама оператора да работят на машината, защото пускането (натоварването) и събирането (разтоварването) на произведените елементи е невъзможно само от един човек.

Една от главните цели на ръководството на предприятието е насочена към модернизиране на технологичното оборудване чрез закупуване на модерни машини и съоръжения (нова машина, която отговаря на всички настоящи и бъдещи изисквания на процеса), което ще доведе до напълно автоматично, ефикасно и икономично производство, без никакво действие от страна на оператора. Всички параметри от значение за производството са непрекъснато на разположение и могат да бъдат променяни и оптимизирани по всяко време и много бързо от оператора.

Ръководството смята, че новата машина ще намали разходите, които са правени до момента от старата машина, ще се намали технологичното време за производство на една партида и ще се улесни изцяло работата на операторите, като всичко това ще доведе до увеличаване на планираната печалба.

2.2. Проиграване на практически пример по метода Монте Карло симулация

Чрез настоящия пример могат да се демонстрират възможностите за оценка и анализ на риска на метода Монте Карло симулация при инвестицията за закупуването и внедряването на нова машина.

Методите Монте Карло са широко прилаган клас [Атмаджова и Ташева, 2012] от изчислителни алгоритми за симулиране на поведението на различни физични и математически системи, както и за решаване на някои общи изчислителни задачи. Основна отличителна характеристика на МК методите е тяхната стохастичност, изразяваща се в използването на случайни (или най-често псевдослучайни) числа [Kleijnen, 2008] за решаване на конкретна симулационна или изчислителна задача. Монте Карло симулация е общ термин с много значения. Думата "симулация" е насочваща към изграждането на изкуствен модел на реална система за изучаване и разбиране на тази система. Фразата "Монте Карло" насочва към случайността, присъща на анализа. Името Монте Карло е дадено, защото методът е подобен на игрите на късмета, столицата на Монако е била център на хазарта [Велинова, 2008] и генерирането на случайни числа, и то допринася изключително за популяризирането на процедурата. Монте Карло симулацията е метод за установяване и управление на рисковете. Разучаването му отнема време, но за сметка на това е лесноразбираем и приложим. Методът е един от най-мощните и често използвани при анализ на сложни проблеми.

Въпреки, че има някои недостатъци, този метод е подходящ за оценка на риска в много сфери. Използването на метода „Монте Карло” е подходящ за измерване на бизнес риска, тъй като при симулацията на разходи дава средно над половината по-малко грешки в сравнение с традиционните счетоводни изчисления. В ситуация на несигурност Монте Карло спомага за вземане на решение.

Негови отличителни характеристики са следните:

- Използва се, за да се установи общото изменение в една система, получено при изменението на редица входни за системата данни;
- Входящите данни трябва да се изменят в конкретен интервал по предварително определен закон на разпределение в съответствие с неопределеността, която представят;
- Най-често използвани разпределения – триъгълно, нормално, бета-разпределение;
- Изходящите данни са свързани с входящите посредством математичен модел.

Прилагането на Монте Карло симулация дава възможност за осигуряване на количествен резултат при оценка на риска. Резултатът се представя в таблична форма и

графично, което създава възможности за онагледяване резултатите от оценка и анализ на риска.

2.3. Предварителна информация

Разглежда се производството на електроника (Е) в участък от предприятието за 1 година чрез съпоставяне на стара и нова машина. За целта се анализира производството на една партида части, произвеждащи се за една година. Избират се за оценка тези фактори, които могат да имат най-силно влияние върху икономическия резултат. Те са:

- Производствени разходи;
- Годишно производство;
- Работа в принудителна поза;
- Възможни дефекти по произведените елементи;
- Повишено внимание;
- Пазарна ситуация.

На база на опита от минали периоди се определя влиянието на всеки от горните фактори в стойностно изражение, в случая за един квадратен метър (м²) произведена продукция. Това е необходимо за привеждането на всички влияния в едноразмерни величини – пари.

Таблица 1. Показатели на новата и старата машина

Показатели	Стара машина	Нова машина
Производствени разходи		
Работна заплата на специалисти, в това число и начисления върху заплатите	550лв. x 4ч.=2 200лв./мес. 2200 x 12=26 400лв./год.	700лв. x 3ч.=2 100лв./мес. 2100 x 12=25 200лв./год.
Материали – текстолит, маска, покрития, инвентар и др.	55 800лв.	56 000лв.
Отчисление за капиталовложения	5 000лв./год.	4 000лв./год.
Средства за провизии (за управление на риска)	26 000лв.	23 000лв.
Планирано производство на части според възможностите на машините като 1 партида е 22,8м ² .	271 партиди x 22,8м ² = 6178,8м ² ≈ 6200м ² /год.	350 партиди x 22,8м ² = 7980м ² ≈ 8000м ² /год.
Предвидена изкупна цена	20лв./м ²	18лв./м ²
Приход от изследвания вид Е	6 200 x 20 = 124 000лв./год.	8 000 x 18 = 144 000лв./год.

Планираната печалба - разликата между предвидения приход и сумата на производствените разходи и разходите за провизии.

Стара машина:

$$124\ 000 - (87\ 200 + 26\ 000) = 10\ 800\text{лв. печалба от изследвания вид Е/год.}$$

(2)

Нова машина:

$$144\ 000 - (85\ 200 + 23\ 000) = 35\ 800\text{лв. печалба от изследвания вид Е/год.}$$

(3)

2.4. Оценка на влиянието на рисковете на старата машина

Влиянието на факторите в натура, за които има опит и статистически данни, определят интервала на влияние в парично изражение с горна граница, долна граница и средна стойност. Изходните данни са представени в табл. 2, а хистограмата на разходите за управление на риска е видна на фиг. 1.

Таблица 2. Оценка на влиянието на рисковете на старата машина

Рискове	Долна граница	Средна граница	Горна граница
Работа в принудителна поза (РПП)	0,38 лв./м ²	0,60 лв./м ²	0,82 лв./м ²
Възможни дефекти по произведените части (ВД)	0,66 лв./м ²	0,83 лв./м ²	1 лв./м ²
Повишено внимание (ПВ)	0,68 лв./м ²	0,73 лв./м ²	0,78 лв./м ²
Пазарни условия (ПУ)	1,80 лв./м ²	1,90 лв./м ²	2 лв./м ²
Годишно производство (ГП)	5 800 м ²	6 200 м ²	6 600 м ²



Фигура 1. Хистограма на разходите за управление на риска при старата машина

2.5. Оценка на влиянието на рисковете на новата машина

Изходните данни са представени в табл. 3, а хистограмата на разходите за управление на риска е видна на фиг. 2.

Таблица 3. Оценка на влиянието на рисковете на новата машина

Рискове	Долна граница	Средна граница	Горна граница
Работа в принудителна поза (РПП)	0,60 лв./м ²	0,80 лв./м ²	1 лв./м ²
Възможни дефекти по произведените части (ВД)	0,20 лв./м ²	0,40 лв./м ²	0,60 лв./м ²
Повишено внимание (ПВ)	0,38 лв./м ²	0,48 лв./м ²	0,58 лв./м ²
Пазарни условия (ПУ)	0,80 лв./м ²	1 лв./м ²	1,2 лв./м ²
Годишно производство (ГП)	7 600 м ²	8 000 м ²	8 400 м ²



Фигура 2. Хистограма на разходите за управление на риска при новата машина

Горните данни се въвеждат като входни в електронна таблица на MS Excel. За всяко влияние от рисковете, определено със стойности в интервал, се генерират случайни числа, които са в същия интервал, използвайки закона за нормалното разпределение. Годишното производство в м², съответно за 6 200м² и за 8 000м² също има граници на изменение. За него също се прилага закона за нормалното разпределение при генерирането на случайни стойности.

За получаването на отделен сценарии се използва формулата:

$$(РПП + ВД + ПВ + ПУ) \times ГП = \text{Разходи за провизии}$$

(4)

Извършват се 10 000 симулации. Резултатът се илюстрира чрез таблиците и хистограмите.

От таблиците се вижда за всеки от зададените интервали на изменение сумата, заделена за провизии (за управление на риска), колко броя сценарии съответстват. В отделна колона е даден броят сценарии с натрупване. Тези данни, изразени в проценти от зададения общ брой сценарии (10 000) изразяват всеки интервал, процента сценарии и процента от тяхното

натрупване. Това дава възможност да се определи в какъв процент е вероятността да се изчерпят всички средства за провизии без други щети.

На абсцисата е нанесена скалата на разходите по предварително зададени интервали на нарастване на провизиите. По ординатата е нанесена скала на броя на сценариите, съответстващи на всеки интервал от абсцисата. Компютърната симулация по метода Монте Карло дава възможност да се детайлизират резултатите и да се разшири анализа на риска.

При старата машина изменение на разходите за провизии от 26 000лв. до 27 000лв. съответства 16,72% вероятност това да се случи и печалбата да се намали с до 1 000лв. В интервала от 25 000лв. до 26 000лв. се отчитат 2 560 бр. сценарии, които съответстват на 25,60% вероятност с 1 000лв. да се подобри резултатът.

Може да се отчете, че вероятността да се получат разходи за компенсирани на риска в интервала от 29 000лв. до 30 000лв. е 0,66%, при което разходите за провизии ще се преразходват в границите от 3 000лв. до 4 000лв. и с толкова ще се намали планираната печалба. Вероятността от намаляване на разходите в границите 23 000лв. до 24 000лв., при което ще се увеличи печалбата с 2 000 – 3 000 лв., е 15,25% (1 525 сценария от всичките 10 000).

0,21% е вероятността да се подобри печалбата с 5 000 – 6 000лв.

При новата машина изменение на разходите за провизии от 23 000лв. до 24 000лв. съответства 11,28% вероятност това да се случи и така печалбата да се намали с до 1 000лв.. При отчитане на процента в интервала от 22 000лв. до 23 000лв. се отчитат 1 702 бр. сценарии, които съответстват на 17,02% вероятност с 1 000лв. да се подобри резултатът.

Видно е, че вероятността да се получат разходи за компенсирани на риска в интервала 26 000лв. до 27 000лв. е 0,55%, при което разходите за провизии ще се преразходват в границите от 3 000лв. до 4 000лв. и с толкова ще се намали планираната печалба. Вероятността от намаляване на разходите в границите 19 000лв. до 20 000лв., при което ще се увеличи печалбата с 3 000 – 4 000 лв., е 12,76% (1 276 сценария от всичките 10 000).

0,67% е вероятността да се подобри печалбата с 6 000 – 7 000лв.

Заклучение

Резултатите от направените Монте Карло симулации дават основание да се представят следните обобщаващи изводи:

- В настоящата работа се демонстрират функционалните възможности на MS Excel за приложение на метода Монте Карло симулация за оценка на риска при производство на електронни части в ограничен участък на предприятието чрез съпоставяне на две машини – от старо и ново поколение.

- Монте Карло симулациите са подходящи за измерване на бизнес риска, тъй като дават точен резултат – показват не само вероятността за възникване на даден риск, но и числовата стойност на риска, измерена в парични средства. Така се достига до необходимата информация за вземане на решение, а именно, че новата машина има по-малко разходи за провизии (23 000лв.) и рискът при нея е много по-малък (19,66%).

- Предимство на метода е, че оценката в диапазона на влияние на рисковете се базира на реални стойности, получени от счетоводни и финансови разчети за себестойността, а екип от специалисти във фирмата оценява възможните отклонения от тези стойности.

- Методът Монте Карло притежава функционалности, които му позволяват да бъде практически полезен при оценката на риска и за установяване на конкретни парични загуби при старата машина.

С внедряването на новата машина за производство се очакват положителни изменения по отношение на:

- Обем и качество на произвежданата продукция;
- Диверсификация в асортимента;

- Модернизация на производствения цикъл;
- Увеличаване на експортния потенциал и пазарна експанзия;
- Повишаване на ресурсната ефективност и производителността на труда [ISO, 2009].

Получените резултати от направените изследвания дават основание да се счита, че поставената основна цел и свързаните с нея задачи са решени. Доказана е изложената теза, че чрез внедряване на иновации в предприятието равнището на конкурентоспособността ще се повиши и ще се доближи до тази на сходни предприятия от България и развитите европейски държави. Управлението на риска в иновационния процес би спомогнало за вземане на решение при въвеждане на технологично обновление в предприятието, което се потвърждава посредством практически пример, извеждащ ползата от прилагането на метода Монте Карло симулация.

Литература

Атмаджова, Д. и Ташева, Е. (2012). Изследване на уморната якост на заварени възли от железопътен вагон, Научно списание Механика. Транспорт. Комуникации, 1, стр. BG-2.11 – BG-2.21.

Великова, П. (2012). Тенденции в развитието на пазара на фотоволтаици в България, в Научни трудове на русенския университет, Русе, стр. 119 - 124.

Велинова, Н. (2008). Оценка на риска на портфейл от деривативи чрез използване на метода Монте Карло симулация. Бюлетин на Комисия за финансов надзор, 1, стр. 3 – 11.

Дамянова, Л. (2009). Управление на иновациите, изд. ИК "Проф. Петко Венедиков".

Йорданова, Д. (2009). Състояние на програмите и мерките по заетостта в България в контекста на глобална криза, в „Управление и устойчиво развитие”, брой 3-4.

Кирова, М., П. Великова. (2013). Преференциалната изкупна цена на електроенергия от фотоволтаици в България, в “Journal of Entrepreneurship & Innovation”, 2013, брой 5, стр. 110-127.

Недялков, А. (2012). Качеството - база за разработване на интегрирана стратегия в сектора на услугите, в "Изследване на иновационни алтернативи за бизнес оцеляване и развитие", Русе, Примакс, стр. 91-116.

Antonova, D. (2008). Development of Competitive Advantage by Formation of Regional Knowledge Clusters, in Anale Universitatii “E.Murgu”, Studii Economice, Fascicola II, No II, Anul X, pp. 97-111.

Davis, G., Pecar, B., (2013). Quantitative Methods for Decision Making using Excel. Oxford, UK: Oxford University Press.

ISO, 2009. Standards. ISO 31000 - Risk Management. <<http://www.iso.org/iso/home/standards/iso31000.htm>> [Достъпно към 16.4.2014 г].

Kirova, M. (2010). Effective Combination of the Performance Characteristics of the Innovations, in Business and Management 2010 - Selected Papers, No 1, pp. 399–406.

Kirova, M. (2012). Graphical Presentation of Risk Assessment in Management Decision Making Process, in The 7-th International Scientific Conference Business and Management 2012 – Selected Papers, 2012, No 1, pp. 386-391.

Kirova, M., S. Ruskova. (2009). Barriers to the Innovation Activities of the Companies, in Analele Universitatii “Eftimie Murgu” – Studii Economice, Anul XV, No 1, pp. 210-215.

Kirova M., I.Sheludko, P.Velikova. (2012). Ranking of risks in the operation of small energy plants, in Contemporary Issues in Business, Management and Education 2012, Vilnius, Lithuania, pp. 26 - 40.

Kirova, M., Velikova, P. (2014). Monte Carlo simulation for risk assessment of photovoltaic installations, ICTIC - Proceedings in Conference of Informatics and Management Sciences, Slovak Republic, EDIS - Publishing Institution of the University of Zilina, pp. 82-87.

Kleijnen, J. P. C. (2008). Design and Analysis of Simulation Experiments. Tolburg, The Netherlands: Springer Science & Business Media.

Kunev S., D. Antonova. (2014). Approbation of methodological approach for innovation activeness of small and medium-sized enterprises in a dynamic environment (following the example of machine-building sector in Ruse region, Bulgaria, in Annals of „Eftimie Murgu” University Reșița, Fascicle II. Economic Studies, No XXI, pp. 102-118.

Papazov, E., Mihaylova, L. (2009). Starting-up an own business.// Journal in Entrepreneurship and Innovation, No 1, pp. 50-56.

Velikova, P., M. Kirova. (2014). Expert evaluation for risk management of the exploitation of photovoltaic installations, in Annals of „Eftimie Murgu” University Reșița, Fascicle II. Economic Studies, No XXI, pp. 383-391.

Velikova, P., S. Yanev, V. Kalchev. (2010). Building a Network from Energy Agencies and Producers of Renewable Energy Technologies by the Danube River, in 27th DRC Annual Meeting and Conference, Ruse, Bulgaria, University of Ruse "Angel Kanchev", Publishing Center, pp. 234 – 239.

За контакти/ for contacts: ас. д-р Преслава Великова, РУ „Ангел Кънчев“, е-mail: pvelikova@uni-ruse.bg