

Георги Георгиев

**ПРОГНОЗИРАНЕ НА БИЗНЕС РИСКА
ЧРЕЗ ПАРИЧЕН ПОТОК ПОД РИСК
(CFaR) И ЛОКАЛЕН АНАЛИЗ НА
ЧУВСТВИТЕЛНОСТТА С EXCEL**



ГОДИШНИК НА ВУААРР

ТОМ VII



Доц. д-р Георги Петров Георгиев е научен работник с над 25 години опит в областта на банковия и финансов мениджмънт. Специализирал е финанси в най-големия университет „Universiteit van Amsterdam” на Кралство Холандия. Автор е над 50 научни труда, включително учебници и учебни помагала.

Владее отлично английски и руски език.

Завършва магистърска степен специалност „Социално-икономическо планиране” във Висшия финансов-стопански институт „Д. А. Ценов” през 1992 година. Неговата академична кариера започва през 1994 г. като редовен асистент в катедра „Финанси и кредит” на същата институция. През 2005 г. защитава докторантура на тема „Прогнозиране на риска при потребителските кредити чрез скоринг моделиране” и получава образователна и научна степен “доктор” по научна специалност „Финанси, парично обръщение, кредит и застраховка“.

През 2011 г. продължава своята научна кариера във Висшето училище по агробизнес и развитие на регионите в катедра „Финанси”. От 2015 година е декан на Факултета по икономика и управление при ВУАРР.

Научните му интереси са концентрирани в областта на риск мениджмънта, инвестициите, статистическите анализи и прогнози и симулационното моделиране.



UNIVERSITY OF AGRIBUSINESS AND RURAL DEVELOPMENT
YEARBOOK, VOLUME VII, 2019

**BUSINESS RISK FORECASTING BY CASH
FLOW AT RISK (CFaR) APPROACH AND
LOCAL SENSITIVITY ANALYSIS**

Georgi Georgiev

Abstract: The purpose of this publication is to provide academics and SME managers with the most commonly used modern approaches to measuring and managing business risk. The Local Sensitivity Analysis and Cash Flow Risk (CFaR) algorithms are presented in detail using practical examples. Cash flow at risk is calculated using the bottom-up approach using the Monte Carlo simulation. The risk factors of business risk model are simulated using triangular, normal and even distribution. The mathematical simulation algorithm is programmed in the Excel environment using built-in functions.

Keywords: business risk, local sensitivity analysis, cash flow at risk, CFaR, Monte Carlo simulation, triangular distribution, normal distribution, uniform distribution, data table.

ПРОГНОЗИРАНЕ НА БИЗНЕС РИСКА ЧРЕЗ ПАРИЧЕН ПОТОК ПОД РИСК (CFaR) И ЛОКАЛЕН АНАЛИЗ НА ЧУВСТВИТЕЛНОСТТА С EXCEL

Георги Георгиев

Резюме: Целта на настоящата публикация е да представи на академичната общественост и мениджърите на предприятия от малкия и средния бизнес най-често използваните съвременни подходи за измерване и управление на бизнес риска. Представени в детайли са алгоритмите за изчисление на Локален анализ на чувствителността (Local Sensitivity Analysis) и Паричен поток под риск (CFaR) чрез използване на практически примери. Паричният поток под риск е изчислен по методологията „отдолу-нагоре“ (bottom-up approach) като е използвана Монте Карло симулация. Рисковите бизнес фактори при моделната рамка на паричния поток под риск са симулирани чрез използване на триъгълно, нормално и равномерно разпределение. Математически симулационният алгоритъм е програмиран в Excel среда чрез използване на вградени функции.

Ключови думи: бизнес риск, локален анализ на чувствителността, паричен поток под риск, Монте Карло симулация, триъгълно разпределение, нормално разпределение, равномерно разпределение, data table.

ВЪВЕДЕНИЕ

Паричният поток под риск (Cash Flow at Risk - CFaR) представлява съвременен подход за измерване на пазарния и бизнес риск при фирмите. Счита се, че е създаден през 1999 г. от Riskmetrics Group в рамките на американската инвестиционната банка J. P. Morgan¹ като аналог на „Стойност по риск“ (VaR²) за измерване на риска в нефинансовия сектор. Докато подходът „Стойност по риск“ е приет като официален стандарт и се използва от финансовите институции, то „Паричен поток под риск“ е предназначен за спецификите и целите на

¹ RiskMetrics Group, CorporateMetrics™, The Benchmark for Corporate Risk Management, Technical Document, 1999.

² VaR представлява абrevиатура на показателя Value at Risk.

бизнес сектора, защото икономическите променливи, които интересуват корпоративните риск мениджъри, са: оперативните парични потоци (OCF), приходите преди данъци, лихви и амортизации (EBITDA), приходите преди данъци и лихви (ЕБИТ), нетната печалба и др. Методологията „паричен поток под риск“ (CFaR) се използва от фирмените мениджъри за измерване риска да не получат очакваните парични потоци или да получат по-малко от очакваното. Тя дава количествена оценка за намалението на оперативния паричен поток на фирмата при най-лошия сценарий за определен бъдещ период. CFaR, за разлика от VaR, се изчислява въз основа на разпределението на оперативните парични потоци за даден бъдещ времеви хоризонт вместо възвръщаемостта или пазарните цени на единичен актив или портфейл. Освен това времеви хоризонт е различен. Докато VaR се измерва в дни или седмици, то при подхода паричен поток под риск прогнозният период е от месец до година.

CFaR по аналогичен начин използва разпределението на оперативните парични потоци на фирмата за получаване количествена оценка за най-лошия сценарий по отношение на бъдещите парични потоци. По-конкретно паричният поток под риск дава отговор на бизнес мениджъра на въпроса:

„С каква стойност ще се понижат паричните ми потоци при определена вероятност (ниво на доверителност) за определен период от време?“ или в опростен вариант: „С колко могат да намалеят парите, които постъпват във фирмата при най-лошия сценарий през даден следващ период?“.

Например, ако се използват месечните оперативни парични потоци на дадена фирма и е изчислено с 95% вероятност, че CFaR е 15 000 лв., това означава, че съществува само 5% шанс намалението на паричния поток през следващия месец да надхвърли тази сума, или другата интерпретация би била, че намалението на паричните потоци в най-лошия случай през следващия месец ще е до 15 000 лв. изчислено с точност 95%.

Паричният поток под риск е релевантна количествена мярка за бизнес риск, която калкулира динамиката на пазарния, производствения, отрасловия и др. рискове, като показва как рисковият профил на фирмата може да се промени поради изменения в ключови променливи като³:

³ Bartlett Riaan, Cash Flow At Risk: Better Visibility, Better Planning, AFP, 2015.

- пазарни цени на продукти, суровини, материали, валутни курсове, лихвени проценти, услуги, енергия и др.;
- пускане на нови продуктови линии;
- експанзия на нови пазари;
- промени в производствени мощности;
- придобивания и сливания с други бизнес структури;
- нови бизнес проекти, стратегии и др.

Най-често мениджърите използват CFaR за оценяване въздействието на пазарния риск върху паричните потоци на фирмата и често пренебрегват елементите на политическия, екологичния и правния риск и др., тъй като за последните често липсват квантифицирани качествени исторически данни.

По подобие на VaR паричният поток под риск може да бъде изчислен с помощта на някои методи от групата „отдолу-нагоре“ (bottom-up approach) като: “Историческа симулация”, “Делта-нормален подход” или Монте Карло симулации. Но освен тези методи при изчисляването на CFaR съществува и допълнителен подход, добил известност като “отгоре-надолу” (top-down method). Особеностите при изчисляване на бизнес риска чрез подхода “отгоре-надолу” са разгледани в предишна публикация със заглавие „Прогнозиране на корпоративния риск чрез подхода паричен поток под риск (CFaR)“ с автори Георги Георгиев и Делян Плачков⁴.

В първата част на настоящата студия се разглеждат спецификите на класическия подход за измерване на бизнес риска - анализ на чувствителността (Sensitivity analysis), защото той се явява опростен вариант на методологията „Паричен поток под риск“. Основната разлика между двата подхода, е че анализът на чувствителността е методология, използвана от бизнес мениджърите от предкомпютърната „ера“, която се ограничава до изчисляване на ключови за бизнеса променливи при ограничен брой сценарии, докато „Паричен поток под риск“ изчислява същите параметри много по-прецизно обикновено на базата на 10 000 симулации.

Освен това изчисленият математически модел при „Анализ на чувствителността“ се използва като отправна точка за програмиране на симулациите при „Паричен поток под риск“.

⁴ Георгиев, Г., Плачков, Д. 2018. Прогнозиране на корпоративния риск чрез подхода „Паричен поток под риск“ (CFaR). Proceedings of the International scientific and practical conference “Bulgaria of regions’2018”, 387-392.

АНАЛИЗ НА ЧУВСТВИТЕЛНОСТТА (SENSITIVITY ANALYSIS)

Анализът на чувствителността е традиционен метод, използван от риск мениджърите в нефинансовия сектор, който предшества модерните симулационни подходи. Той представя техния първообраз и отразява основната идея на риск мениджмънта чрез използване на симулационни техники. Анализът на чувствителността представлява метод за измерване на риска чрез количествена оценка на влиянието на един или повече рискови фактори върху определени ключови финансови показатели като: оперативния паричен поток, нетната настояща стойност, оперативната печалба и др.

От математическа гледна точка методът изисква наличие на емпирични данни от фирмената дейност и построяване на реален модел за оценяване ефекта от изменението на определени независими променливи върху една зависима променлива. Той дава отговор на въпроса „Как се променя даден ключов финансов параметър при различни стойности на рисковите фактори на бизнеса като: пазарни цени, продажби, променливи разходи, нови продуктови линии, експанзии на нови пазари и др.“.

Предназначението и целите при използването на анализа на чувствителността в риск мениджмънта може да бъде обобщено до:

- идентифициране на рисковите променливи, които оказват влияние върху определени финансови показатели;
- проучване последствията от вероятни неблагоприятни промени в тези рискови променливи;
- количествена оценка на пазарния и/или бизнес риск;
- идентифициране на действия, които биха могли да смекчат възможните неблагоприятни ефекти върху бизнеса;
- оценяване и избор на алтернативни бизнес стратегии за развитие на фирмата.

В теорията и практиката се използват три изчислителни метода в рамките на подхода „Анализ на чувствителността“⁵:

- **Диференциален анализ на чувствителността.** Още известен като директен метод. Той включва решаване на прости частични производни, свързани с анализ на чувствителността на определени ключови променливи във времето. Въпреки че този метод е изчислително ефективен, решаването на уравненията е интензивна задача.

⁵ All you want to know about Sensitivity Analysis: www.edupristine.com/blog/all-about-sensitivity-analysis

- **Факторен анализ.** Той изисква избор на ограничен брой образци за конкретен параметър и след това изпълнение на математическия модел за възможните комбинации. Резултатите впоследствие се използват за определяне на степента на чувствителност на ключови параметри.

- **Локален анализ на чувствителността**⁶. Този метод оценява локалното (единичното) въздействие на изменението на входните фактори върху ключовите променливи на модела чрез концентриране върху набор от факторни стойности. Такава чувствителност често се оценява чрез градиенти или частични производни на изходните функции при тези стойности на факторите, т.е. стойностите на други входни фактори се поддържат постоянни, когато се изследва локалната чувствителност на входния фактор.

Рискът при анализа на чувствителността означава оценяване на вероятността реалният резултат от бизнес активността за даден период да бъде по-лош от очаквания. Причините за по-лош от очаквания финансов резултат биха могли да бъдат резултат от:

- по-ниски очаквани продажби от очакваното,
- по-високи текущи разходите от очакваното,
- проектът се оказва, че има по-високи от очакваните първоначални разходи;
- предполагаемите суровини са с по-лошо качество от очакваното и др.

По-долу в изложението ще бъдат използвани таблици с данни, за да се изследва чувствителността на оперативния финансов резултат на фирмата към промените във входните (независимите) променливи.

Практическата реализация на локалния метод за анализ на чувствителността изисква използване на систематичния подход. По-конкретно алгоритъмът му включва следните стъпки:

1. Съставяне на математическия модел за изчисляване на определени финансови показатели (оперативните парични потоци, EBITDA, EBIT или др.) на фирмата с реални актуални данни;
2. Идентифициране на основните рискови променливи, които оказват влияние върху тези финансовите показатели;
3. Изчисляване ефекта на отделните рисковите фактори при определени нива на отклонение върху финансовите показатели;

⁶ Zhou X., Lin H. Local Sensitivity Analysis. Encyclopedia of GIS. Springer, Cham (2017).

4. Идентифициране възможните комбинации от рискови променливи, които могат да действат едновременно в отрицателна посока по отношение на финансовите показатели;

5. Обобщение и оценяване мащаба на вероятните негативни промени във финансовите показатели и последващ анализ.

Методът за локален анализ на чувствителността ще бъде демонстриран чрез практически пример с хипотетични данни.

Практически казус 1

Оценяване на риска чрез анализа на чувствителността

Мениджър на българска фирма иска да идентифицира и оцени рисковите фактори, които влияят върху финансовия резултат от неговия бизнес през следващото тримесечие. Той се фокусира върху оперативните парични потоци като за тази цел изисква от счетоводния отдел на фирмата отчета за приходите и разходите за последното тримесечие. Таблица 1 представя отчета за приходите и разходите на фирмата, изчислението на основните елементи и оперативните парични потоци на фирмата. От таблицата се вижда, че оперативните парични потоци са изчислени за последното тримесечие и възлизат на 345 760,00 лв.

Таблица 1. Изчисляване на оперативните парични потоци (OCF) за последното тримесечие от отчета за приходите и разходите

N	елементи	последно тримесечие
1	брой продадени стоки	33 600,00 лв.
2	продажна цена	20,00 лв.
3	приходи от продажби (1*2)	672 000,00 лв.
4	променливи разходи за единица	8,50 лв.
5	общо променливи разходи (1*4)	285 600,00 лв.
6	фиксиран разход (без амортизация)	5 000,00 лв.
7	амортизационни отчисления	25 000,00 лв.
8	печалба преди данък ЕБИТ (3-5-6-7)	356 400,00 лв.
9	корпоративен данък 10% (0,1*8)	35 640,00 лв.
10	нетна оперативна печалба NOPAT (8-9)	320 760,00 лв.
11	оперативен паричен поток OCF (10+7)	345 760,00 лв.

Вторият етап от алгоритъма за анализ на чувствителността изисква идентифициране на основните рискови променливи, които оказват влияние върху оперативните парични потоци OCF. Мениджърът

определя като несигурни (рискови) следните три бизнес променливи: очаквани продажби, продажна цена и променливи разходи за единица продукт. Той приема, че тези три рискови фактора са независими, т.е. между тях не съществуват корелационни връзки и изменението на един от тях не оказва влияние върху останалите, и обратно.

Третият етап на алгоритъма изисква изчисляване ефекта на отделните рисковите фактори при определени нива на отклонение от актуалното положение върху ОСФ. Мениджърът решава да изчисли изменението на оперативните парични потоци при шест различни стойности (отклонения) от актуалния сценарий: -30%, -20%, -10%, 10%, 20%, 30%. Таблица 2 илюстрира изчислението на ефекта на рисковия фактор продажби върху оперативните парични потоци.

Таблица 2. Изчисляване ефекта на продажбите върху оперативните парични потоци (ОСФ) при различни отклонения от актуалния сценарий

изменение в %	брой продадени стоки	оперативни парични потоци
-30%	23 520	241 432 лв.
-20%	26 880	276 208 лв.
-10%	30 240	310 984 лв.
актуален сценарий 0%	33 600	345 760 лв.
10%	36 960	380 536 лв.
20%	40 320	415 312 лв.
30%	43 680	450 088 лв.

Втората колона се получава като съответните проценти (отклонения) от първа колона се приложат спрямо актуалното ниво на продажбите. Така например броят на продадените стоки при -30% отклонение е: $(1-30\%) * 33\ 600 = 23\ 520$ бр. Третата колона от таблица 2 показва изчислените стойностите на оперативните парични потоци при различни отклонения в продажбите. Тези стойности на продажбите при различни сценарии могат лесно да бъдат изчислени с познатата вградената функция Data table на Excel. За целта първо трябва да сме програмирали в Excel изчислението на оперативните парични потоци (таблица 1; клетка C12).

	A	B	C	D	E	F	G
1	N		последно тримесечие				
2	1	брой продадени стоки	33 600			брой продадени стоки	OCF
3	2	продажна цена	20 лв.				=C12
4	3	приходи от продажби (1*2)	672 000,00 лв.		-30%	23 520	
5	4	променливи разходи за единица	8,50 лв.		-20%	26 880	
6	5	общо променливи разходи (1*4)	285 600,00 лв.		-10%	30 240	
7	6	фиксирани разходи (без амортизация)	5 000,00 лв.		0%	33 600	
8	7	амортизационни отчисления	25 000,00 лв.		10%	36 960	
9	8	печалба преди данък ЕБИТ (3-5-6-7)	356 400,00 лв.		20%	40 320	
10	9	корпоративен данък 10% (0,1*8)	35 640,00 лв.		30%	43 680	
11	10	нетна оперативна печалба NOPAT (8-9)	320 760,00 лв.				
12	11	оперативен паричен поток OCF (10+7)	345 760,00 лв.				

Фиг. 1. Изчисление на оперативните парични потоци в Excel

Второ клетката над колоната, където ще се изчисляват оперативните парични потоци (в нашия случай G3) трябва да я програмираме, че е равна на клетката, където са изчислени оперативните парични потоци, т.е. G3=C12 (вж. фиг. 1).

Трето, преди да използване функцията Data table трябва да осветим участъка F3:G10 (фиг. 2).

Четвърто, избираме функция Data table, в появилия се диалогов прозорец кликваме върху Colum input cell, след това върху клетка C2 и натискаме ОК.

	A	B	C	D	E	F	G
1	N		последно тримесечие				
2	1	брой продадени стоки	33 600			брой продадени стоки	OCF
3	2	продажна цена	20 лв.				345 760,00 лв.
4	3	приходи от продажби (1*2)	672 000,00 лв.		-30%	23 520	
5	4	променливи разходи за единица	8,50 лв.		-20%	26 880	
6	5	общо променливи разходи (1*4)	285 600,00 лв.		-10%	30 240	
7	6	фиксирани разходи (без амортизация)	5 000,00 лв.		0%	33 600	
8	7	амортизационни отчисления	25 000,00 лв.		10%	36 960	
9	8	печалба преди данък ЕБИТ (3-5-6-7)	356 400,00 лв.		20%	40 320	
10	9	корпоративен данък 10% (0,1*8)	35 640,00 лв.		30%	43 680	
11	10	нетна оперативна печалба NOPAT (8-9)	320 760,00 лв.				
12	11	оперативен паричен поток OCF (10+7)	345 760,00 лв.				

Data Table ? X

Row input cell:

Column input cell:

OK Cancel

Фиг. 2. Изчисляване изменението на OCF при различни отклонения в продажбите

След натискането на бутона ОК на функция Data table се изчисляват стойностите (възможните изменения) на оперативните парични потоци (колона 3 на таблица 2).

По аналогичен начин се изчисляват стойностите на оперативните парични потоци под влияние и на останалите два рискови фактора: продажната цена и променливите разходи.

Таблицы 3 и таблица 4 представят изчислените стойности.

Таблица 3. Изчисляване отклоненията в оперативните парични потоци при различни стойности на продажната цена

изменение в %	продажна цена	оперативни парични потоци
-30%	14 лв.	164 320 лв.
-20%	16 лв.	224 800 лв.
-10%	18 лв.	285 280 лв.
актуален сценарий 0%	20 лв.	345 760 лв.
10%	22 лв.	406 240 лв.
20%	24 лв.	466 720 лв.
30%	26 лв.	527 200 лв.

Таблица 4. Изчисляване отклоненията в оперативните парични потоци при различни стойности на променливите разходи за единица

изменение в %	променливи разходи за единица	оперативни парични потоци
-30%	5,95 лв.	422 872 лв.
-20%	6,80 лв.	397 168 лв.
-10%	7,65 лв.	371 464 лв.
актуален сценарий 0%	8,50 лв.	345 760 лв.
10%	9,35 лв.	320 056 лв.
20%	10,20 лв.	294 352 лв.
30%	11,05 лв.	268 648 лв.

Последният пети етап от алгоритъма изисква обобщение и оценяване мащаба на вероятните негативни промени в оперативните парични потоци и последващ анализ.

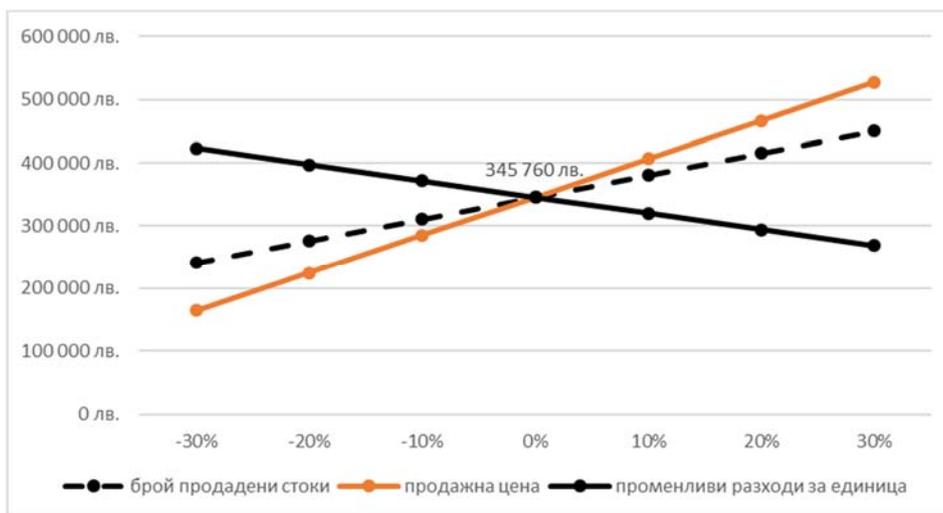
Таблица 5. Оценяване въздействието на рисковите фактори върху оперативните парични потоци (OCF)

	брой продадени стоки	продажна цена	променливи разходи за единица
-30%	241 432 лв.	164 320 лв.	422 872 лв.
-20%	276 208 лв.	224 800 лв.	397 168 лв.
-10%	310 984 лв.	285 280 лв.	371 464 лв.
актуален сценарий 0%	345 760 лв.	345 760 лв.	345 760 лв.
10%	380 536 лв.	406 240 лв.	320 056 лв.
20%	415 312 лв.	466 720 лв.	294 352 лв.
30%	450 088 лв.	527 200 лв.	268 648 лв.
негативно отклонение	-104 328 лв.	-181 440 лв.	-77 112 лв.
коэффициент на вариация	-30,17%	-52,48%	-22,30%

Таблица 5 обобщава изчислените стойности на оперативните парични потоци при трите рискови фактора при шестте различни сценария. За по-точни оценки на ефекта на рисковите фактори последните два реда от таблицата изчисляват негативното отклонение и коефициента на вариация по него. Негативното отклонение е изчислено като разлика между актуалната стойност на оперативните парични потоци и максималното отклонение при най-лошия сценарий. Например **негативното отклонение** за рисковия фактор брой продадени стоки е изчислен като: 241 432 лв. - 345 760 лв. = -104 328 лв., за фактор продажна цена: 164 320 лв. - 345 760 лв. = -181 440 лв., и за променливи разходи за единица: 268 648 лв - 345 760 лв. = -77 112 лв.

Коефициентът на вариация е изчислен като негативното отклонение на всеки фактор, разделено на актуалната стойност на оперативните парични потоци (345 760 лв) и умножено по 100. От изчислените коефициенти на вариация се вижда, че най-голямо отклонение на оперативните парични потоци при едно и също изменение се наблюдава при продажната цена (-52,48%) и съответно тя се явява най-рисков фактор, следвана от продажбите (-30,17%) и променливите разходи за единица (-22,30%).

Фиг. 3 визуализира изменението на оперативните парични потоци под влияние на трите рискови фактора при различните сценарии.



Фиг. 3. Изменение на оперативните парични потоци (OCF)

Колкото линията на даден фактор е по-стръмна (без значение от посоката), толкова факторът е по-рисков. От графиката се вижда, че най-стръмна е линията на продажната цена.

Недостатъците на анализа на чувствителността могат да бъдат обобщени в следното:

- не е достатъчно прецизен метод за измерване на риска, тъй разчита на ограничен брой (обикновено няколко десетки) сценарии;
- не позволява да се направят категорични и точни изводи;
- допуска, че рисковите фактори са независими, докато реалността показва, че понякога между тях съществува силна корелация.

ПАРИЧЕН ПОТОК ПОД РИСК (CFAR) ПОДХОД „ОТДОЛУ-ОТГОРЕ” (BOTTOM-UP APPROACH)

Подходът отдолу-нагоре включва всички познати методи за изчисляване на стойност под риск (VaR), т.е. Делта нормален метод, историческа и Монте Карло симулация. Трябва да бъде отбелязано, че историческите данните за оперативните парични потоци на фирмата са обикновено недостатъчни. Ако данните за оперативните парични потоци на фирмата са оскъдни, то съществуват достатъчно исторически данни за рискови бизнес фактори и съчетани с някои обосновани предположения паричните потоци на фирмата могат да бъдат симулирани.

Изчислението на CFaR чрез Монте Карло симулация преминава през следните етапи:

1. Съставяне на математическия модел за изчисляване на оперативния паричен поток на фирмата с реални актуални данни;
2. Идентифициране на основните рискови променливи, които оказват влияние върху оперативния паричен поток, и събиране на исторически данни;
3. Изследване формата на разпределение на всеки фактор и избор на подходящо обосновани допускания относно параметрите на рискови променливи при липса или оскъдни данни;
4. Изчисляване на ковариационната (корелационната) матрица на рисковите фактори;
5. Програмиране на инверсните кумулативни функции на разпределенията в рамките на математическия модел за изчисляването на паричния поток;
6. Симулиране на 10 000 различни стойности на очаквания паричния поток;
7. Намиране на 10 000 отклонения на очаквания паричен поток спрямо прогнозирания;
8. Изчисляване на CFaR като определен квантил от разпределението на отклоненията на очаквания паричен поток спрямо прогнозирания.

Таблица 6 представя някои често използвани в бизнес практиката инверсни кумулативни функции на разпределенията (CDF), за които в Excel съществуват вградени функции. В колона 3 на таблицата те са представени в готов вид за симулиране на случайни величини според избраното разпределение.

Таблица 6. Инверсни CDF функции, адаптирани за симулация на някои важни разпределения в Excel

N	разпределение	Инверсна CDF в Excel
1	Бета	=BETA.INV(RAND(); α ; β)
2	Биномно	=BINOM.INV(n; RAND(); α)
3	Гама	=GAMMA.INV(RAND(); α ; β)
4	Експоненциално	=GAMMA.INV(RAND() ; 1; $1/\mu$)
5	Логнормално	=LOGNORM.INV(RAND(); μ ; σ)
6	нормално	=NORM.INV(RAND() ; μ ; σ)
7	Поасоново	Data analysis/Random number generation/Poisson
8	Равномерно	= a + (b - a) * RAND()

N	разпределение	Инверсна CDF в Excel
9	Триъгълно	=ROUND(IF(RAND()<=(c-a)/(b-a);a+SQRT(RAND()*(b-a)*(c-a));b-SQRT((1-RAND()*(b-a)*(-c+b)));0)
10	CH ^2	=CHISQ.INV(RAND() ; v)
11	F	=F.INV(RAND() ; v1 ; v2)
12	Student t	=T.INV(RAND() ; v)

Значение на параметрите:

- a - минимална стойност (долна граница на интервала);
- b - максимална стойност (горна граница на интервала);
- c – мода;
- μ - средна аритметична;
- σ – стандартно отклонение;
- α – параметър, контролиращ формата на разпределението, приема само положителни стойности, $\alpha = \mu/\beta$;
- β – параметър, контролиращ формата на разпределението, приема само положителни стойности, $\beta = \sigma^2/\mu$;
- v – степен на свобода.

Практически пример 2

Изчисление на CFaR чрез Монте Карло симулация

Мениджър на българска фирма иска да изчисли каква максимална загуба може да очаква през следващото тримесечие. Той изисква от счетоводния отдел на фирмата отчета за приходите и разходите на фирмата и изчислява оперативните потоци на фирмата. Маркетинговите проучвания на пазара показват, че могат да бъдат направени следните допускания относно някои ключови пазарни фактори:

- очакваните продажбите (в брой продукти) следват триъгълно разпределение с параметри: минимална стойност 31 450 бр., най-вероятна стойност (мода) 35 200 бр. и максимална стойност 41 600 бр.
- продажната цена следва нормално разпределение със средна 19,85 лв. и стандартно отклонение 1,64 лв.;
- променливите разходи за единица следват равномерно разпределение с минимална стойност 7,52 лв. и максимална 9,75 лв.
- между рисковите фактори корелацията е 0.

Таблица 7 показва изчислените показатели на дескриптивната статистика на рисковите фактори в бизнес средата на фирмата.

Таблица 7. Дескриптивна статистика на рисковите фактори

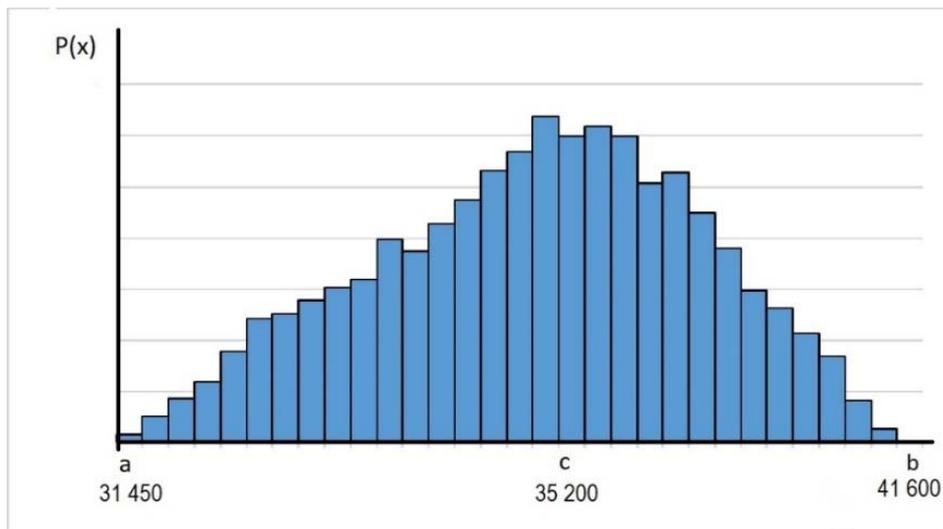
дескриптивна статистика	брой продадени стоки	продажна цена	променливи разходи за единица
средна стойност	37 150	19,85 лв.	8,33 лв.
стандартно отклонение	73,2	1,64 лв.	1,87 лв.
минимална стойност	31 450	16,20 лв.	7,52 лв.
максимална стойност	41 600	22,00 лв.	9,75 лв.
мода	35 200	18,02 лв.	
разпределение	триъгълно	нормално	равномерно

Първият рисков фактор в модела са очакваните продажби на фирмата. Риск мениджърът избира като най-подходящо триъгълно вероятностно разпределение, което се характеризира със следните особености:

- непрекъснато унимодално разпределение;
- има триъгълна форма;
- дефинира три параметъра – a , b и c .
- когато модата, медианата и средната съвпадат, се наблюдава симетрично триъгълно разпределение;
- X може да приема стойности от $-\infty$ до $+\infty$;
- площта под кривата на PDF, независимо от стойностите на параметрите, е винаги равна на 1.

Фиг. 4 илюстрира формата на триъгълното разпределение на продажбите с конкретните параметри.

Трите параметъра, необходими за изчисление на вероятности чрез триъгълно разпределение, са: минималната стойност (a), максималната стойност (b) и най-вероятната (c). Често пъти при липса или ограничени данни те се интерпретират като: на-лош сценарий (a), най-добър (b) и на-вероятен (c). При наличие на емпирични данни като най-вероятна стойност обикновено се използва модата. В конкретния случай минималната стойност на продажбите е $a=31\ 450$ бр., най-вероятната е $c=35\ 200$ бр., и максималната стойност се очаква да възлезе на $b=41\ 600$ бр.



Фиг. 4. Хистограма на триъгълното разпределение на продажбите

Функцията на вероятностната плътност (PDF) на триъгълното разпределение изглежда по следния начин:

$$PDF(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} \text{ ако } a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} \text{ ако } c < x \leq b \end{cases}$$

В конкретния случай симулацията чрез триъгълно разпределение в Excel среда е програмирана по следния начин:

**=ROUND(IF(RAND()<=(c-a)/(b-a);a+SQRT(RAND()*
(b-a)*(c-a));b-SQRT((1-RAND()*(b-a)*(-c+b))));0)**

или с конкретните стойности на параметрите:

**=ROUND(IF(RAND()<=(35200-31450)/(41600-
31450);31450+SQRT(RAND()*(41600-31450)* (35200-31450));41600-
SQRT((1-RAND()*(41600-31450)*(- 35200+41600))));0)**

Вторият рисков фактор в математическия модел за изчисляване на оперативните парични потоци на фирмата се явява продажната цена,

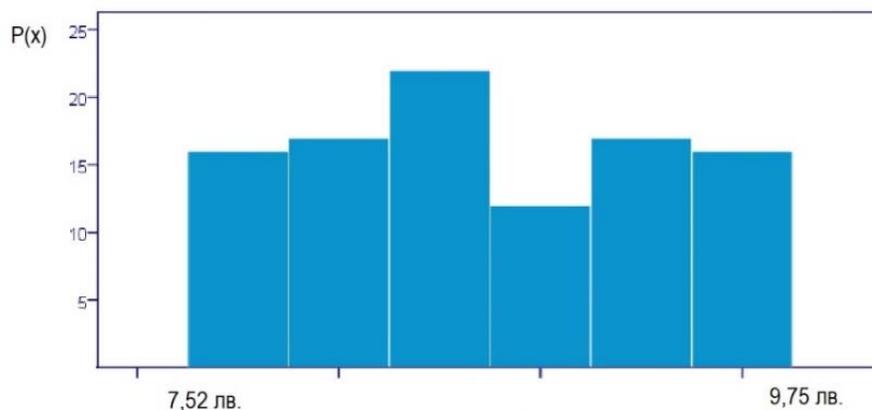
която ще се моделира чрез нормално разпределение. В конкретния случай при средна цена от 19,85 лв. и стандартно отклонение 1,64 лв. на езика на Excel ще се програмира по познатия ни начин:

$$= \text{NORM.INV}(\text{RAND}();19,85;1,64)$$

Третият рисков фактор в модела се явяват променливите разходи за единица. Те ще бъдат прогнозирани чрез равномерно разпределение. Равномерното разпределение е известно още като правоъгълно заради формата на неговата PDF функция. При равномерното разпределение всички стойности на случайната величина имат една и съща вероятност да се случат в даден интервал (a:b) и нулева вероятност извън него. Функцията на вероятностната плътност на равномерното разпределение изглежда по следния начин:

$$PDF(x) = \frac{1}{b-a}, \text{ при } a \leq x \leq b$$

Както се вижда от формулата, то се дефинира само от два параметъра а и b, съответно долна и горна граница на интервала или минимална и максимална стойност на случайната величина. Фиг. 5 показва формата и параметрите на равномерното разпределение на променливите разходи на фирмата.



Фиг. 5. Хистограма на променливите разходи на фирмата, вариращи в интервала от 7,52 лв. до 9,75 лв.

Вградената функцията rand() в Excel генерира случайни числа с равномерно разпределение в интервала (0,1). Ако очакваме променливите разходи на фирмата да варират в интервала от 7,52 лв. до 9,75 лв., то програмирането на симулации на случайни величини с равномерно разпределение ще изглежда по следния начин:

$$=7,52+(9,75-7,52)*RAND()$$

Симулацията на оперативните парични потоци на фирмата може да бъде направена чрез използване на add-ins приложението Simtools. Тук обаче ще бъде разгледан различен технически подход, при който не е задължително да се инсталира и използва Simtools, а вместо него се използва вградената функция Data table на Excel. Трябва предварително да бъде направено предупреждение, че този подход натоварва до краен предел изчислителните способности и оперативната памет на компютъра и при по-слаби технически параметри е възможно блокиране.

Технически чрез използването на Data table симулационната процедура Монте Карло включва следните етапи:

1. Програмиране симулационната средна на оперативните парични потоци на фирмата в Excel;
2. Програмиране на броя на симулациите чрез series;
3. Маркиране на симулационната таблица;
4. Изчисляване на 10 000 симулации на оперативните парични потоци чрез функцията Data table;
5. Изчисляване на CFaR при дадена вероятност чрез функцията PERCENTILE на Excel .

Таблица 8 представя **първия етап** от техническата процедура – програмирането на симулационната средна на оперативните парични потоци на фирмата. Както се вижда от таблицата, изчисляването на рисковите променливи е програмирано чрез кореспондиращите разпределения.

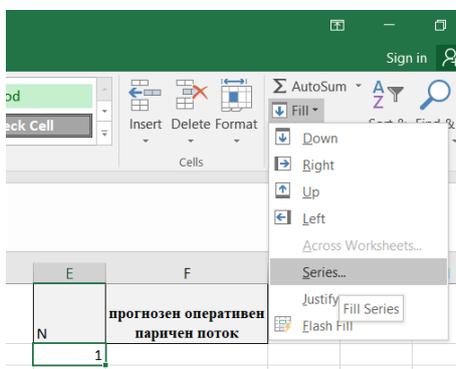
Целта на таблица 8 е да бъде изчислен (програмиран) стохастично очакваният оперативен паричен поток на фирмата за следващото тримесечие. Стохастично означава, че някои от елементите, необходими при изчисляването на OCF, не са известни, т.е. нямат конкретна фиксирана стойност, а разполагаме с параметрите на техните вероятностни разпределения.

Таблица 8. Програмиране симулациите на OCF на фирмата в Excel

N	елементи	симуляционно програмиране в Excel
1	брой продадени стоки	=ROUND(IF(RAND()<=(c-a)/(b-a); a+SQRT(RAND()*(b-a)*(c-a)); b-SQRT((1-RAND()*(b-a)*(-c+b)));0)
2	продажна цена	= NORM.INV(RAND();19,85;1,64)
3	приходи от продажби	= ред 1 * ред 2
4	променливи разходи за единица	=7,52+(9,75-7,52)*RAND()
5	общо променливи разходи	= ред 1 * ред 4
6	фиксиран разход (без амортизация)	5 000,00 лв.
7	амортизационни отчисления	25 000,00 лв.
8	печалба преди данък EBIT	= ред 3 – ред 5 – ред 6 – ред 7
9	корпоративен данък 10%	= ред 8 * 0,1
10	нетна оперативна печалба	= ред 8 – ред 9
11	оперативен паричен поток	= ред 7 + ред 10

Вторият етап е програмиране броя на симулациите чрез функцията *Series*.

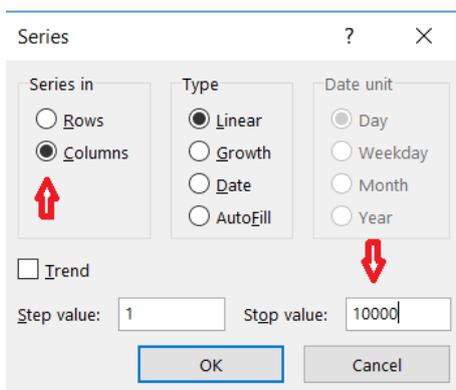
Възнамеряваме да разположим симулациите в колона и затова означаваме заглавните клетки с N, показваща поредния номер на симулацията, и „прогнозен оперативен паричен поток“ - самата конкретна симулация.



Фиг. 6. Задаване начална стойност на симулациите чрез функцията *Series*

За да програмираме броя на симулациите първо трябва да означим началния номер на симулациите (в конкретния случай е 1) и да натиснем клавиша Enter. След това, както се вижда от фиг. 6, от падащото меню на Edit се избира Fill и след това Series.

Фиг. 7 показва диалоговия прозорец на функцията Series, където се програмира броят на симулационните пътеки.



Фиг. 7. Програмиране броя на симулациите чрез функцията 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 - 10 000.

В практиката на финансовите мениджъри се използват обикновено 10 000 симулации. За постигане на приемлива точност Монте Карло методологията изисква минимум 10 000 симулации. Това означава, че ще бъде изчислени 10 000 различни очаквани стойности на оперативен паричен поток при 10 000 различни вероятности.

Третият етап е маркиране на симулационната таблица

Преди да маркираме симулационната таблица е необходимо да програмираме симулационната средна на оперативните парични потоци. Това става като програмираме клетка F2=C12 (фиг. 8).

Симулационната таблица се маркира най-лесно като горе вляво се зададат клетките E2:F10001, които са координатите на таблицата (фиг. 8). Маркирането на таблицата може да се осъществи и като обикновено маркиране с мишката, но при голям брой симулации този подход не е особено удобен.

	A	B	C	D	E	F
1		последно тримесечие	прогноза следващо тримесечие		N	прогнозен оперативен паричен поток
2	брой продадени стоки	33 600	36 193		1	334 912,27 лв.
3	продажна цена	20	18,31 лв.		2	
4	приходи от продажби	672 000,00 лв.	662 598,10 лв.		3	
5	променливи разходи за е	8,50 лв.	7,96 лв.		4	
6	общо променливи разход	285 600,00 лв.	288 251,14 лв.		5	
7	фиксиран разход (без а	5 000,00 лв.	5 000,00 лв.		6	
8	амортизационни отчисле	25 000,00 лв.	25 000,00 лв.		7	
9	печалба преди данък (ЕБ	356 400,00 лв.	344 346,96 лв.		8	
10	корпоративен данък (10%	35 640,00 лв.	34 434,70 лв.		9	
11	нетна оперативна печалб	320 760,00 лв.	309 912,27 лв.		10	
12	оперативен паричен пото	345 760,00 лв.	334 912,27 лв.		11	
13					12	

Фиг. 8. Маркиране на симулационната таблица

Четвъртият етап е изчисляване на 10 000 симулации чрез функцията *Data table*.

Първо, необходимо е от основното меню да изберете *Data (данни)*, след това *What if Analysis* и от там изберете *Data table*, т.е. пътят до функцията е:

Data → *What if Analysis* → *Data table*

След като се отвори диалоговият прозорец на функцията *Table* се задава началната клетка на колоната за симулиране възможните стойности на оперативните парични потоци (фиг. 9).

D	E	F	G	H	I	J
		прогнозен оперативен паричен поток				
	1	320 368,63 лв.				
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					

Фиг. 9. Програмиране симулацията чрез функцията *Table*

След задаване на началната клетка и натискане на бутона ОК компютърът изчислява зададените симулации (в случая 10 000), т.е. симулират се 10 000 възможни стойности на оперативните парични потоци. Таблица 9 показва първите 25 от тях.

Таблица 9. Монте Карло симулация на оперативния паричен поток

N	прогнозен оперативен паричен поток	изменение в оперативния паричен поток
1	430 442 лв.	84 682 лв.
2	483979,966	138 220 лв.
3	351713,995	5 954 лв.
4	337987,456	-7 773 лв.
5	314851,066	-30 909 лв.
6	341459,143	-4 301 лв.
7	343202,182	-2 558 лв.
8	403269,568	57 510 лв.
9	335594,716	-10 165 лв.
10	276200,944	-69 559 лв.
11	382169,536	36 410 лв.
12	356250,796	10 491 лв.
13	373321,456	27 561 лв.
14	398677,462	52 917 лв.
15	420960,04	75 200 лв.
16	232608,58	-113 151 лв.
17	364780,96	19 021 лв.
18	429547,714	83 788 лв.
19	283048,72	-62 711 лв.
20	372171,751	26 412 лв.
21	424101,472	78 341 лв.
22	389716,9	43 957 лв.
23	496804,696	151 045 лв.
24	372220,81	26 461 лв.
25	274371,784	-71 388 лв.

Петият етап е изчисляване на *CFaR* при дадена вероятност чрез функцията *PERCENTILE.INC* на *Excel*.

За да изчислим *CFaR* е необходимо да изчислим отклоненията на прогнозния (симулирания) оперативен паричен поток от актуалния за последното тримесечие. За тази цел от всеки един от прогнозния

оперативен паричен поток изваждаме актуалния. Така получаваме очакваното изменение в оперативния паричен поток.

Таблица 10. Дескриптивна статистика на CFAR

Дескриптивна статистика на CFAR	
минимална стойност	-194 187 лв.
максимална стойност	252 774 лв.
средна аритметична	15 372 лв.
стандартно отклонение	60 187 лв.
Мода	#N/A
Медиана	14 096 лв.
вероятност CFAR<0	40,64%
CFAR 95%	-81 261,06 лв.
% от OCF	23,50%

Таблица 10 показва изчислените показатели на дескриптивната статистика на измененията в оперативния паричен поток. Вероятността CFAR<0 е изчислена като всички негативни парични потоци, получени при симулацията, се разделят на 10 000 (броят на наблюденията в извадката). Изчислението вероятността CFAR<0, програмирано на Excel изглежда по следния начин:

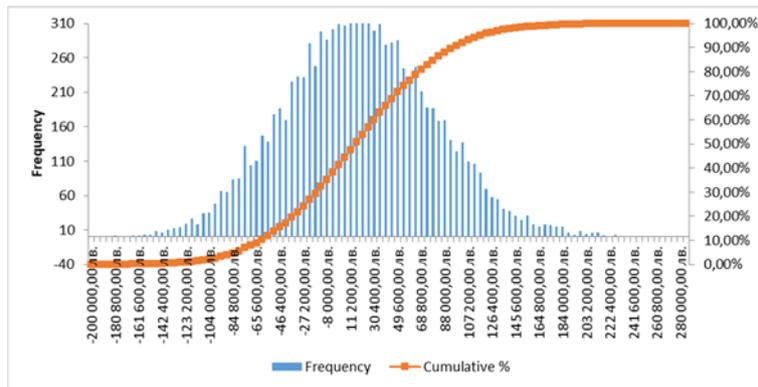
$$=COUNTIF(G2:G10001;"<0")/10000$$

Паричният поток под риск е изчислен при вероятност от 95% като използваме отново функция PERCENTILE.INC, програмирана по следния начин:

$$=PERCENTILE.INC(G2:G10001;5\%)$$

Така паричният поток под риск е определен на -81 261 лв. Тази стойност означава, че намалението на оперативния паричен поток на фирмата през следващото тримесечие няма да превишава тази сума с вероятност 95%.

Последният ред на таблица 10 показва, че 23,50% от оперативния паричен поток на фирмата се намира под риск за следващото тримесечие. Тази стойност е изчислена като CFAR се раздели на 345 760,00 лв. (актуалният оперативен паричен поток за последното тримесечие).



Фиг. 10. Хистограма на прогнозираните изменения в оперативния паричен поток на фирмата

От направената хистограма на фиг. 10 се вижда, че се наблюдава нормално разпределение на измененията в оперативния паричен поток (колона 3 на таблица 9), което потвърждава валидността на направените изчислителни процедури.

Като типичен представител на асиметричните измерители на риска показателят „Паричен поток под риск“ концентрира общия бизнес риск за фирмата в една конкретна стойност в парично изражение. Тя не бива да се интерпретира като прогноза относно „колко може да се влоши положението“, защото вероятността за най-лошия сценарий е много ниска, а по-скоро трябва да се разглежда като отправна точка на процеса по управление на риска на компанията, а не на крайната точка⁷. Трябва да се има предвид, че в първоначалния модел на подхода bottom-up е възможно да бъдат пропуснати важни рискови фактори или значими корелационни връзки между тях поради липса на данни, професионален опит, нова бизнес среда или др. Поради тези съображения е необходимо периодично първоначалният модел да бъде актуализиран и калибриран, т.е. риск мениджмънтът е постоянен процес, а не епизодично действие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделната рамка на подхода „Паричен поток под риск“ позволява създаване на уникални модели, отразяващи конкретни бизнес ситуации. Освен това подходът bottom-up позволява фини настройки и постоянно усъвършенстване. Могат да бъдат използвани цялата богата

⁷ Bartlett Riaan, Cash Flow At Risk: Better Visibility, Better Planning, AFP, 2015.

палитра от съвременни прогностични методи като: вероятностни разпределения, статистически методи при динамични редове, исторически трендове, форуърдни цени, геометрично брауново движение и др. стохастични процеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев, Г., Плачков, Д. 2018. Прогнозиране на корпоративния риск чрез подхода „Паричен поток под риск“ (CFaR). Proceedings of the International scientific and practical conference “Bulgaria of regions’2018”, 387-392.
2. Радуканов С., Оценяване на пазарния риск чрез методологията „стойност под риск“ (var) – особености и приложение, Социално-икономически анализи, книга 2/2017 (12).
3. Andrén Niclas, H. Jankensgård and L. Oxelheim, Exposure-Based Cash-Flow-at-Risk for Value-Creating Risk Management under Macroeconomic Uncertainty, IFN Working Paper No. 843, 2010.
4. Bartlett Riaan, Cash Flow At Risk: Better Visibility, Better Planning, AFP, 2015.
5. Dowd Kevin, “Introduction to market risk measurement”, John Wiley & Sons Ltd, England 2002.
6. Frey, H. Christopher & Sumeet R. Patil, Identification and Review of Sensitivity Analysis Methods, Risk Analysis, 2002.
7. Intuitive Analytics LLC, First Edition, September 2006.
8. Intuitive Analytics, „Cashflow at Risk (CFaR) for Tax-Exempt Liability Management“.
9. Maurer Frantz, „How Much Cash Is At Risk In U.S. Non-Financial Firms? A VaR-Type.
10. Measurement“, The Journal of Applied Business Research, Volume 31, Number 4, July/August 2015.
11. Kim, Nam H. Sensitivity Analysis, System Engineering, Optimization Techniques and Applications, 2010.
12. Pergler Martin&Anders Rasmussen, Strategic commodity and cash-flow-at-risk modeling for corporates McKinsey Working Papers on Risk, Number 51, 2013.
13. RiskMetrics Group, CorporateMetrics™, The Benchmark for Corporate Risk Management ,Technical Document, 1999.
14. Zhou X., Lin H. Local Sensitivity Analysis. Encyclopedia of GIS. Springer, Cham (2017).

Интернет източници

15. www.edupristine.com/blog/all-about-sensitivity-analysis
16. www.kantox.com/en/glossary/cash-flow-risk-cfar
17. www.youtube.com/watch?v=GhDNjM_WXQ0
18. www.kyos.com/risk-analytics/cfar
19. www.asz.hu/storage/files/files/public-finance-quarterly-articles/2011/a_505_517_kutim.pdf
20. <https://zanders.eu/en/client-cases/remodeling-risk-to-protect-cash-flows-from-business-decisions/>
21. https://scholar.harvard.edu/files/stein/files/jacf_c-far.pdf
22. www.semanticscholar.org/paper/Cash-Flow-at-Risk-and-Debt-Capacity-Jankensg%C3%A5rd/e3fdb1ce329420473398cb3d7a74e0a52bb986ca
23. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1475090214521178>
24. www.theglobaltreasurer.com/2010/07/20/fx-currency-hedging-applying-cash-flow-at-risk/