

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**

**DIPARTIMENTO DI ECONOMIA E MANAGEMENT**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN FINANZA**

**ELABORATO DI GRUPPO PER ILCORSO DI:**

**LABORATORIO DI SIMULAZIONI FINANZIARIE**

**LOSS DISTRIBUTION APPROACH CON SIMULAZIONE MONTE CARLO APPLICATO AL RISCHIO OPERATIVO**

**RELATORE:**

**PROF. BEE MARCO**

**COMPONENTI DEL GRUPPO:**

**ERIK HOLLER matricola n.**

**ELIA SCARPARO matricola n. 190459**

**STEFANO ZAMPIERO matricola n.**

**ANNO ACCADEMICO: 2017 -2018**

SOMMARIO

[RISCHIO OPERATIVO: DEFINIZIONE 3](#_Toc512351882)

[LOSS DISTRIBUTION APPROACH 7](#_Toc512351883)

[MODELIZZAZIONE DELLA PERDITA E SIMULAZIONE MONTE CARLO 11](#_Toc512351884)

[AGGREGAZIONE DELLE CLASSI DI RISCHIO 15](#_Toc512351885)

[CAPITAL AT RISK E IL 2O PILASTRO DI BASILEA 16](#_Toc512351886)

[DEFINIZIONE DELLE DISTRIBUZIONI DI FREQUENCY E SEVERITY 17](#_Toc512351887)

[BIBLIOGRAFIA 19](#_Toc512351888)

# RISCHIO OPERATIVO: DEFINIZIONE

Il Comitato di Basilea definisce il rischio operativo come rischio di perdite dovute a inadeguati processi interni, errori umani, carenze nei sistemi operativi o a causa di eventi esterni. *Working paper settembre 2001 – Comitato di Basilea*. Lo stesso Comitato prevede anche che: ogni banca, nel quadro di una visione integrata e coordinata del risk management, debba maturare una definizione interna di rischi operativi, in funzione del proprio business e dei propri requisiti organizzativi.

Il concetto di rischio operativo è dunque intrinseco allo svolgimento di qualsiasi attività umana e per questo correlato ad ogni attività aziendale. Nell’ultimo decennio il sistema bancario e assicurativo è stato interessato da una consapevolezza crescente in merito alla portata strategica dell’attività di gestione e controllo dell’esposizione ai diversi tipi di rischio operativo. Tra i principali fattori che hanno portato a tale consapevolezza devono essere citati: crescita dimensionale delle banche, operazioni di fusione e acquisizione fra banche, massicci investimenti tecnologici attuati da banche, innovazione finanziaria che ha accresciuto la dipendenza da complesse procedure di calcolo e valutazione, sviluppo dei canali telematici, outsourcing.

È interessante osservare come sia diffusa l’idea che le perdite operative riguardino prevalentemente aree di business come l’investment banking o il trading su derivati, quando in realtà si riscontrano numerosi esempi di perdite che interessano anche le aree di business più tradizionali.

Comportamenti infedeli dei dipendenti, *business practice* improprie, disfunzioni nei sistemi di controllo interno, scarsa trasparenza nella prestazione dei servizi di investimento, sistemi premianti distorti e linee di *reporting* non chiare sono le evidenze emerse in dissesti finanziari clamorosi, da cui tutti hanno appreso quanto sia importante rafforzare i presidi sul rischio operativo specie in ambito finance e di seguire l’evoluzione di indicatori, anche non finanziari, sull’andamento dell’esposizione al rischio.

L’emanazione del “*Nuovo Accordo sulla Convergenza Internazionale della Misurazione del Capitale e dei coefficienti Patrimoniali*”, comunemente detto “Basilea II”, ha fatto in modo che il rischio operativo fosse opportunamente identificato, misurato e monitorato a presidio della solvibilità dell’azienda, con modelli di misurazione del rischio sempre più vicini alle specificità della stessa. È con Basilea 2 che viene esplicitata una definizione in positivo, la circolare n.263 della Banca d’Italia stabilisce che il rischio operativo è, art. 101 Direttiva 2009/139/CE:

*“Il rischio di subire perdite derivanti dall’inadeguatezza o dalla disfunzione di procedure, risorse umane e sistemi interni, oppure da eventi esogeni. Nel rischio operativo è compreso il rischio legale, mentre non sono inclusi quelli strategici e di reputazione”.*

Con riferimento alla classificazione del rischio operativo in categorie di fattori casuali, è possibile introdurre alcuni dettagli, nello specifico il rischio proviene da:

* **Processi interni:** e cioè rischi connessi a ragioni come una formalizzazione inadeguata delle procedure interne, carenze nel sistema di controlli interni ed errori nella definizione e attribuzione di ruoli e responsabilità (progettazione della microstruttura aziendale). In particolare, tale fattore di rischio include eventi relativi a:
  + Errori nei sistemi di misurazione dei rischi causati da vizi nei modelli o nella formulazione e applicazione delle metodologie (*Model Risk*);
  + Errori di contabilizzazione, registrazione e documentazione delle transazioni (*Transaction Risk*);
  + Violazioni della sicurezza informatica dovuti a carenze nel sistema dei controlli interni (S*ecurity Risk*);
  + Errori nel regolamento di operazioni in titoli e valute con controparti residenti e non; vi rientrano anche insufficienti formalizzazioni delle procedure interne ed errori nella definizione e allocazione di ruoli e responsabilità (*Settlement Error*).
* **Sistemi interni**, si fa riferimento sostanzialmente a problemi di natura tecnica connessi ai sistemi informativi e tecnologici e ai fornitori di *public utilities*, ovvero connessi alla mancata disponibilità, all’inefficienza, al malfunzionamento o al blocco di *hardware*, *software*, telecomunicazioni e *information providers.*
* **Fattori umani**, ad esempio esistenza di fenomeni di incompetenza, negligenza o mancanza di esperienza del personale addetto, frodi, collusioni e altre attività criminali, violazioni di leggi, normative internazionali, regolamenti interni e standard etici, nonché alla mancanza di una definizione rigorosa e precisa dei ruoli e delle responsabilità.
* **Eventi esogeni** si fa normalmente riferimento a situazioni quali gli eventi naturali (terremoti, incendi, inondazioni), politici e militari in grado di influire sul normale svolgimento della gestione aziendale, oltre alle attività criminali

Il Comitato di Basilea ha previsto poi che il rischio operativo debba essere misurato e gestito con segmentazione dell’attività aziendale, qui si farà riferimento a quella bancaria, sulle diverse linee di business, secondo la seguente classificazione:

* Corporate finance;
* Negoziazione e vendite;
* Retail banking;
* Commercial banking;
* Pagamenti e regolamenti;
* Gestioni fiduciarie;
* Asset management;
* Negoziazione al dettaglio.

La normativa di vigilanza Basilea 2 si occupa delle perdite estreme. Il requisito di capitale previsto dalla disciplina è la misura del rischio operativo che deve trovare copertura nel capitale di vigilanza dell’impresa. Non parliamo dunque di perdite attese, le quali trovano già copertura mediante le rettifiche sull’utile di esercizio, esempi: accantonamenti a fondo svalutazione crediti o al fondo rischi su crediti, ma di perdite inattese.

La gestione dei rischi operativi si basa sullo sviluppo di due approcci:

* **Qualitativo:** si riferisce a sistemi di controllo tesi a identificare i principali eventi di rischio operativo a cui è esposta l’attività creditizia nei diversi processi e sottoprocessi e a prevedere una serie di presidi logici, fisici o incorporati nelle procedure che minimizzino la portata di tali eventi in termini di frequenza e gravità del danno economico che potrebbero provocare in caso di concreta manifestazione;
* **Quantitativo:** si riferisce ad un’analisi per il controllo dei rischi operativi su basi statistico-oggettive.

Il Comitato di Basilea ha proposto diverse metodologie per il trattamento prudenziale del rischio operativo, che sono:

* **Metodo dell’indicatore semplice:** in questo metodo il capitale richiesto nel rispetto del Trattato di Basilea è determinato moltiplicando un indicatore finanziario, come l’utile lordo, per una determinata percentuale – indicatore alpha;
* **Metodo standard:** in questo approccio la banca divide la propria attività in più unità e linee di business standardizzate. All’interno di ciascina linea di business, la quantità di capitale da accantonare è determinata moltiplicando un indicatore finanziario, come l’utile lorso o la dimensione dell’attivo della data unità per una percentuale fissa (definita fattore beta). Il capitale totale da accantonare è dato dalla somma dei capitali definiti per ciascuna unità o linea di business;
* **Metodo di misurazione interno:** questo approccio fornisce alle banche di usare i propri dati storici di perdita come fattori di input per il calcolo del capitale regolamentare, con modalità definite dall’aitorità di vigilanza. Il rischio operativo viene computato come una matrice di rischi di diverso tipo e per diverse linee di business definite dall’autorità di vigilanza, come sopra definite. Il capitale regolamentare è definito all’interno di ciascuna linea di business e per ciascun tipo di perdita moltiplicando la perdita attesa per un determinato fattore gamma. La quantità di capitale regolamentare totale sarà data dalla semplice somma del capitale richiesto per ciascuna linea di business e tipologia di rischio. Il metodo più sofisticato tra quelli di misurazione interna è il Loss Distribution Approach (LDA). Attraverso questo approccio l’impresa stima per ciascuna linea di business / tipologia di rischio la distribuzione di probabilità della severity degli eventi di perdita e della frequency per un certo periodo di tempo. Con queste due distribuzioni, l’impresa computa la distribuzione di probabilità delle perdite operative aggregate. Con il metodo LDA è possibile definire il Capital at Risk, che è la misura di capitale necessaria a coprire le perdite inattese di una determinata business line e per un determinato fattore di rischio oppure per l’impresa nel suo complesso. Il Capital at Risk non è una misura del capitale regolamentare che una banca deve rispettare, ma è senza dubbio utile per l’allocazione di capitale alle diverse business line di cui la banca si compone per calcolarne la reddittività.

Il metodo da noi studiato per l’analisi del rischio operativi appartiene alla famiglia dei metodi avanzati di misurazione ed è definito: Loss distribution approach e per la sua rappresentazione useremo un orizzonte temporale giornaliero.

# LOSS DISTRIBUTION APPROACH

*Il Loss Distribution Approach –* LDA è il metodo statistico di calcolo considerato più avanzato tra quelli esemplificati come ammissibili dal Comitato di Basilea.Un vantaggio di questo approccio è che la stima delle perdite inattese avviene direttamente e non in modo mediato, ossia tramite l’assunzione di ipotesi circa la possibile relazione esistente tra perdite attese e perdite inattese (che si traduce un determinato fattore moltiplicativo). L’approccio LD è di tipo attuariale e due elementi fondamentali sono la frequency (probabilità dell’evento) e la severity (impatto economico dell’evento). Richiamando alla formula da noi usata per la simulazione abbiamo:





* Xi 🡪 SEVERITY, è l’impatto economico dell’evento i-esimo nella business line j-esima;
* K 🡪 FREQUENCY, è il numero di venti di perdita operativa in un orrizzonte temporale giornaliero;
* L 🡪 PERDITA per l’i-esimo event type all’interno del j-esimo dell’impresa.

Per effettuare il calcolo di indicatori di rischio è necessario determinare o approssimare la distribuzione della variabile casuale perdita (L). Questo richiede di specificare in modo adeguato la famiglia di variabili casuali per il verificarsi di eventi nel tempo (k) e la distribuzione della severity. Nell’approfondimento assegnatoci, abbiamo ricevuto le distribuzioni di tali variabili non definendole partendo dai dati. La distribuzione data della variabile casuale K è una Poissoniana di parametro λ =5. La distribuzione di severity è invece una Log-normale di parametri mu e sigma specificati per tre diversi casi.

L’impresa può ricavare empiricamente la forma della distribuzione di frequency degli eventi di perdita. Come sopra detto, la frequency degli eventi di perdita nel nostro lavoro è trattata come una variabile casuale di Poisson, che è una variabile casuale discreta che può assumere qualsiasi valore intero non negativo. È un modello probabilistico adoperato per rappresentare situazioni di conteggio del numero di occorrenze di certi eventi in una unità di tempo o più precisamente il numero di successi in un certo intervallo continuo di tempo nel nostro caso. Una distribuzione di Poisson può derivare, come nel nostro caso, da eventi temporali e cioè dalla ripetizione di un evento in un certo intervallo di tempo suddiviso in una serie di intervalli più piccoli. Si assuma che un intervallo sia diviso in un numero molto grande di sottointervalli e che la probabilità del verificarsi di un evento in ogni sottointervallo sia molto piccola. Le ipotesi di base della Poisson sono:

* la probabilità del verificarsi di un evento è costante per tutti i sottointervalli;
* l’evento non si può verificare più di una volta in ciascuno dei sottointervalli;
* eventi che si verificano in intervalli disgiunti sono indipendenti.

Distribuzione di Poisson:

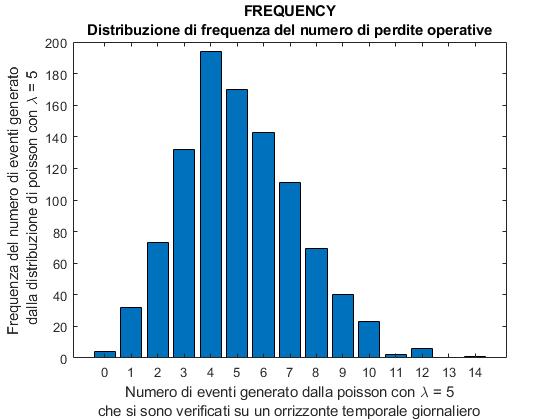
con dove

È possibile dimostrare che: E(X) = λ e VAR(X) = λ.

.

La funzione di ripartizione di una Poissoniana indica la probabilità di avere un numero di occorrenze (eventi nell’unità di tempo) inferiore ad una data soglia:

Diamo dunque uno sguardo alla distribuzione di frequency trovata tramite simulazione Monte Carlo:



La distribuzione rappresentata della variabile discreta K, presenta elevate frequenze per valori prossimi al valore medio definito nei dati come da consegna (λ=5), mentre si possono notare frequenze sempre minori per valori lontani da λ.

La severity – xi (e cioè l’intensità della perdita derivante da una certa tipologia di evento all’interno di una determinata business line) nel nostro modello è andata invece modellizzata con una distribuzione lognormale. Questa distribuzione ammette esclusivamente valori positivi e ha una forma coerente con il dato rappresentato e cioè l’intensità degli eventi di perdita (a severity più basse corrispondono probabilità più alte). La distribuzione lognormale è la distribuzione di probabilità di una variabile aleatoria X il cui logaritmo log(X) segue una distribuzione normale. La funzione di densità di probabilità della distribuzione log-normale è:

La distribuzione lognormale fornisce un'approssimazione per il prodotto di "molte" variabili aleatorie IID X1,...,Xn.



Un aspetto molto importante è la messa a punto di misure di rischio che sintetizzino il rischio di perdite operative e cioè l’incertezza della variabile casuale L. Tra le diverse misure di rischio ci è il VAR – Value at Risk. Il VAR si definisce come la massima perdita in un certo intervallo di tempo [t,T] con un dato livello di confidenza (1-α). In caso di variabile casuale continua è dato dal percentile (pari al livello di confidenza) della variabile casuale di perdita L:

VAR=F-1(1- α).

# MODELIZZAZIONE DELLA PERDITA E SIMULAZIONE MONTE CARLO

Una volta che si sono costruite le distribuzioni di severity e di frequency delle perdite operative, è necessario determinare la distribuzione aggregata delle perdite attraverso la convoluzione delle due distribuzioni. Generalmente la determinazione di tale distribuzione attraverso metodi analitici è estremamente complessa, la soluzione più semplice e più diffusa consiste nel ricorrere alla simulazione di Monte Carlo.

Si determinano un sufficiente numero di scenari di frequency e di severity e si costruisce la variabile di perdita operativa L procedendo in questo modo:

* Si genera k attraverso estrazioni casuali dalla distribuzione di frequency;
* si generano k variabili xi estratte dalla distribuzione di severity e se ne fa la somma per definire L;
* si ripete il processo per un numero sufficientemente grande di scenari e si studia la distribuzione empirica delle perdite operative così ottenuta;
* dalla distribuzione cumulativa empirica di L si determina il Value at Risk come percentile al livello desiderato.

Per costruire la distribuzione di perdita aggregata è necessario partire dall’assunzione che tutti gli eventi siano reciprocamente indipendenti, che il costo di ogni “incidente” sia identicamente distribuito e che la distribuzione di frequency e quella di severity siano indipendenti. Con queste assunzioni si può definire come impatto di perdita totale L nell’intervallo di tempo desiderato (ad esempio un giorno) la seguente variabile:



Diamo dunque uno sguardo alle distribuzioni di perdita trovate. Vi sono tre diverse distribuzioni, trovate dando valori specifici alle distribuzioni lognormali della severity delle perdite:







Ricapitolando, la simulazione Monte Carlo sceglie casualmente un numero giornaliero di eventi dalla distribuzione di frequency. La scelta più probabile sarà sempre uguale alla media, in questo caso pari a λ. Questo numero scelto casualmente è la frequenza per quell’iterazione. La frequenza viene quindi utilizzata come numero di estrazioni che la simulazione Monte Carlo selezionerà dalla distribuzione di severity. Ognuna di queste estrazioni dalla distribuzione di severity rappresenta un evento di perdita. Tutti gli importi di perdita ottenuti vengono sommati per creare la quantità giornaliera di perdita complessiva. Questo processo viene ripetuto fino a quando viene eseguito il numero desiderato di iterazioni. Gli importi delle perdite complessivi di ogni iterazione sono ordinati dal più piccolo al più grande, e la media di tutti i risultati è la perdita attesa della distribuzione di perdita aggregata. Individuare il 99.9° percentile significa prendere le 100 perdite più grandi di un campione di 100'000 perdite. Da notare che il periodo di tempo considerato può essere un giorno come un anno, dipende dall’interesse dell’analista.

L'importo del Value at Risk per la determinata tipologia di evento e all’interno della prespecificata linea di business è dato dal Xo (es. 99.99o, 99o, 95°) percentile della distribuzione di perdita aggregata. L’approccio del VaR (Value at Risk) rappresenta una metodologia di quantificazione dell’esposizione di un intermediario finanziario alle diverse tipologie di rischio e di determinazione dell’ammontare di capitale proprio necessario ad assorbire perdite potenziali conseguenti a tali rischi. Il VaR esprime la massima perdita che può essere conseguita in un determinato periodo di tempo nel (1 - α) % degli eventi, dove il coefficiente α rappresenta il livello di tolleranza.

# AGGREGAZIONE DELLE CLASSI DI RISCHIO

Ora disponiamo delle distribuzioni (empiriche) delle perdite aggregate giornaliere per ogni classe di rischio ed unità di business. Il calcolo del requisito patrimoniale complessivo a fronte del rischio operativo può essere effettuato semplicemente sommando i requisiti di capitale determinati per ciascuna Business Line e tipologia di evento. In questo modo si assume una correlazione lineare perfetta tra ogni coppia di Event Type, oppure si può tener conto delle dipendenze tra i vari rischi operativi.

L’alternativa, prevista anche dall’ Accordo di Basilea, acconsente l’utilizzo di altre tecniche di aggregazione, assumendo strutture di correlazione diverse. Viene riconosciuta la possibilità alle banche, di considerare eventuali correlazioni esistenti tra le perdite di natura operativa delle diverse Business Line e quelle derivanti dalle varie tipologie di evento, a condizione che possano dimostrare all’autorità di vigilanza, con un elevato grado di certezza, che le metodologie usate per stimare la correlazione siano robuste, integre e capaci di riflettere l’incertezza che tipicamente caratterizza tali stime nei periodi di stress.

# CAPITAL AT RISK E IL 2O PILASTRO DI BASILEA

Ora disponiamo delle distribuzioni (empiriche) delle perdite aggregate giornaliere per ogni classe di rischio ed unità di business. Il calcolo del requisito patrimoniale complessivo a fronte del rischio operativo può essere effettuato semplicemente sommando i requisiti di capitale determinati per ciascuna Business Line e tipologia di evento. In questo modo si assume una correlazione lineare perfetta tra ogni coppia di Event Type, oppure si può tener conto delle dipendenze tra i vari rischi operativi.

L’alternativa, prevista anche dall’ Accordo di Basilea, acconsente l’utilizzo di altre tecniche di aggregazione, assumendo strutture di correlazione diverse. Viene riconosciuta la possibilità alle banche, di considerare eventuali correlazioni esistenti tra le perdite di natura operativa delle diverse Business Line e quelle derivanti dalle varie tipologie di evento, a condizione che possano dimostrare all’autorità di vigilanza, con un elevato grado di certezza, che le metodologie usate per stimare la correlazione siano robuste, integre e capaci di riflettere l’incertezza che tipicamente caratterizza tali stime nei periodi di stress.

Vediamo dunque uno schema per il calcolo del Capital at Risk aggregato per un’impresa con una successiva allocazione del capitale medesimo a ciascuna business line:

1. Computazione del Capital at Risk per ciascuna Business Line e per ciacuna tipologia di rischio;
2. Computazione del Capital at Risk totale tenendo in considerazione di eventuali effetti mitigatori della diversificazione di capitale;
3. Allocazione di componenti di Capital at Risk aggregato a ciascun eventi type;
4. Allocazione di componenti di ciascuna quantità di capitale definita al punto 3, considerando eventuali effetti mitigatori, a ciascuna unità di business.

# DEFINIZIONE DELLE DISTRIBUZIONI DI FREQUENCY E SEVERITY

I dati sono una risorsa fondamentale per la gestione del rischio operativo. I dati necessari all’analisi del rischio potrebbero essere di difficile reperimento o di bassa qualità, in concreto possono risconstrarsi problemi di:

* Mancanza di dati per alcune business line e tipologie di evento;
* I dati interni possono essere distorti verso perdite di basso ammontare. Eventi estremi possono essere difficilmente presenti nei database interni;
* Potrebbero essere registrate perdite solo sopra una determinata soglia. Questo potrebbe dare origine a delle distribuzioni troncate e portare ad una sovrastima della severity;
* Dati eventualmente reperiti all’esterno dell’ente potrebbero essere distorti. Una giusta combinazione tra dati interni ed esterni è necessaria al fine di un buon lavoro di analisi.

Ci potremmo dunque chiedere quale potrebbe essere la migliore distribuzione per la severity of Loss partendo dai dati. Assumiamo di avere un insieme di probability density function. Qual è la migliore distribuzione di questo set per descrivere la distribuzione di severity delle perdite? Prima di tutto occorre definire l’insieme delle pdf, tra le quali individueremo la distribuzione migliore per approssimare i dati. Dopodiché, dobbiamo definire un criterio di scelta della distribuzione. A questo fine potremmo ricorrere ad un Q-Q plot. In questa via si prenderà quale distribuzione dei dati di severity quella i cui quantili vengono approssimano al meglio i quantili della distribuzione empirica. Il Q-Q plot è uno strumento grafico che confronta i quantili della distribuzione empirica con i quantili della distribuzione teorica di riferimento. Se la distribuzione empirica è ben approssimata da quella teorica, i quantili empirici dovrebbero essere simili ai quantili “teorici” dello stesso livello q. Dunque, in un grafico a dispersione che rappresenti sulle ascisse i quantili empirici e sulle ordinate i quantili teorici della distribuzione di riferimento, i punti dovrebbero disporsi lungo la bisettrice del secondo quadrante.

Per quanto riguarda la distribuzione di frequency delle perdite, generalmente si usa una variabile casuale con distribuzione di Poisson. Il grafico rappresentato in seguito riporta:

* i quantili della distribuzione empirica costruita a partire dalle osservazioni casuali tratte dalla distribuzione di Poisson con parametro λ=5;
* i quantili della distribuzione di Poisson teorica con parametro λ=5



Com’è possibile notare la distribuzione teorica approssima bene quella empirica, questo perché le osservazioni di frequency da noi usate non sono basate su dati reali ma sono valori casuali tratte dalla distribuzione teorica stessa.

Se i quantili della distribuzione empirica non posizionassero in prossimità della bisettrice del secondo quadrante allora la distribuzione teorica non rappresenterebbe bene quella empirica. Occorrerebbe quindi ripetere l’analisi con altre distribuzioni teoriche.

# BIBLIOGRAFIA

Loss Distribution Approach for operational risk, A. Frachot, P. Georges & T. Roncalliy, Groupe de Recherche Operationnelle, Credit Lyonnais, France

[Wiley Series in Probability and Statistics] Klugman, S.A. and Panjer, H.H. and Wilmt, G.E. – Loss Models\_From Data to Desicions, 2012

Presentazione PPT del Professor Michele Bonollo dell’Università degli Studi di Padova sul tema: Rischi Operativi e Basilea 2. Modelli, metodi e problematiche applicative. Link web: <http://slideplayer.it/slide/537049/> ;

Presentazione PPT della Professoressa Simona Cosma dell’Università del Salento sul tema: Il calcolo del VAR operativo mediante la metodologia stocastica parametrica. Link web: <http://docplayer.it/35191968-Il-calcolo-del-var-operativo-mediante-la-metodologia-stocastica-parametrica-simona-cosma.html>

Lezione n. 5. - 28/3/03. Università degli Studi di Roma Tre, sezione di Matematica. Dipartimento di Matematica e Fisica. Link web: <http://www.mat.uniroma3.it/didattica_interattiva/aa_-02_03/st1/lez5.pdf>